

## PELIGROS NATURALES EN LOS ABANICOS ALUVIALES: EL DESASTRE OCASIONADO POR FLUJOS DETRÍTICOS E INUNDACIONES REPENTINAS EN VENEZUELA

**En diciembre de 1999, lluvias torrenciales generaron miles de deslizamientos de tierra a lo largo de la Cordillera de la Costa, en el estado de Vargas, en el norte de Venezuela. Entre el 2 y el 3 de diciembre, se registraron 200 milímetros (8 pulgadas) de lluvia, y a los pocos días, del 14 al 16 de diciembre, se registró un evento de lluvia de gran magnitud (911 milímetros ó 36 pulgadas). Los flujos detríticos y las inundaciones repentinas en los abanicos aluviales inundaron comunidades costeras, ocasionaron una severa destrucción de propiedad y dejaron un saldo estimado de 19,000 muertes. Debido a que la mayor parte de la zona costera de Vargas consiste en frentes de montañas empinadas que se elevan abruptamente desde el Mar Caribe, los abanicos aluviales son las únicas áreas donde las laderas no son tan empinadas para la construcción. Para reconstruir y reocupar estas áreas se requiere identificar cuidadosamente las zonas de peligro potencial para evitar futuras pérdidas de vidas y propiedades.**

### PELIGROS NATURALES EN LOS ABANICOS ALUVIALES

Grandes poblaciones viven en o cerca de abanicos aluviales en lugares como Los Angeles, California; Salt Lake City, Utah; Denver, Colorado; Nápoles, Italia y Vargas, Venezuela. En escalas de tiempo que abarcan miles de años, los abanicos aluviales son zonas dinámicas de mucha actividad geomórfica. Los flujos detríticos y las inundaciones repentinas ocurren episódicamente en ambientes como éstos, y ponen en gran riesgo a muchas comunidades durante eventos de lluvia intensa y prolongada. Aunque los científicos están mejorando constantemente su capacidad de entender y delinear áreas de alto peligro natural, la expansión de la población y el aumento en construcción han aumentado más que nunca el número de personas en riesgo. Por lo tanto, analizar el peligro que representan los flujos detríticos y las inundaciones repentinas es un aspecto de



*Abanico aluvial altamente urbanizado, Caraballeda, Venezuela, vista aérea hacia el norte.*

detrítico. pisos del edificio. estudios de investigación sobre los peligros naturales. Esta hoja informativa describe el ambiente en que ocurre un abanico aluvial y los peligros asociados a éste utilizando ejemplos de Venezuela.

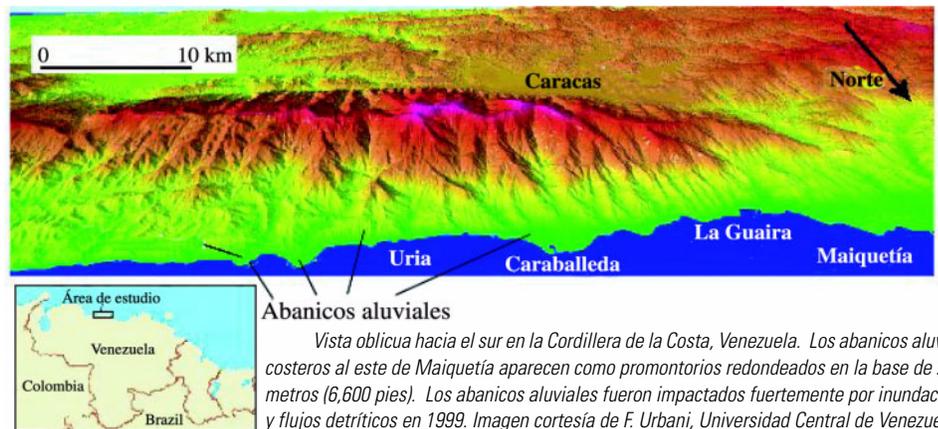
### ¿QUÉ SON LOS FLUJOS DETRÍTICOS?

Los flujos detríticos son deslizamientos de tierra de movimiento rápido que ocurren en una gran variedad de ambientes. Por lo general, se componen de agua y material, principalmente arena, grava y piedras, pero, también pueden incluir árboles, automóviles, edificios pequeños y otros materiales fabricados por el ser humano.

Usualmente, los flujos detríticos tienen la consistencia del concreto húmedo y se mueven a velocidades superiores a 16 metros por segundo (35 millas por hora).

### ¿QUÉ SON LOS ABANICOS ALUVIALES?

Los abanicos aluviales son formaciones terrestres de inclinación leve en forma de cono o abanico creadas en el transcurso de miles a millones de años por la deposición de sedimento erosionado en la base de las cordilleras de montañas. Los abanicos aluviales se pueden reconocer fácilmente en ambientes áridos a semiáridos como en los Estados Unidos occidentales; no obstante, los abanicos aluviales pueden darse en ambientes más



**Abanicos aluviales**

*Vista oblicua hacia el sur en la Cordillera de la Costa, Venezuela. Los abanicos aluviales costeros al este de Maiquetía aparecen como promontorios redondeados en la base de 2,0 metros (6,600 pies). Los abanicos aluviales fueron impactados fuertemente por inundación y flujos detríticos en 1999. Imagen cortesía de F. Urbani, Universidad Central de Venezuela.*

húmedos, incluso, en la costa norte de Venezuela. Los abanicos aluviales pueden ser altamente activos, donde las inundaciones y los flujos detríticos pueden ocurrir por episodios en cualquier punto de la superficie del abanico. Otros abanicos aluviales son menos activos, donde el levantamiento y el asentamiento tectónicos han canalizado los flujos de manera tal que gran parte del abanico no se afecta durante las inundaciones. Los peligros naturales principales en los abanicos aluviales son las inundaciones y los flujos detríticos generados mayormente por eventos de lluvia intensa y prolongada. Las inundaciones en los abanicos aluviales, por lo general, ocurren con poco o ningún aviso; se mueven a gran velocidad y tienen una gran capacidad de transportar sedimento.

Las inundaciones repentinas y los flujos detríticos en los abanicos aluviales, por lo general, son llanos, pero pueden ocurrir súbitamente (sin tiempo para emitir avisos), moverse a gran velocidad, y transportar enormes cantidades de sedimento y detritos. Las inundaciones en abanicos aluviales comienzan

normalmente en el ápice hidrográfico, que es el punto más alto donde el flujo puede confinarse por los valles de montañas, y luego se extiende como inundación de gran amplitud (aunque no necesariamente profunda), flujos detríticos o múltiples canales. Estas inundaciones se caracterizan por la energía que poseen, suficiente para transportar sedimento grueso incluso en áreas llanas. El depósito abrupto de sedimento o detritos durante una inundación puede alterar sustancialmente las condiciones hidráulicas y crear nuevos canales de flujo con direcciones inciertas. La incertidumbre ante el riesgo de deslizamientos puede ser mayor por la deposición de sedimentos en un canal de



Vista aérea del abanico aluvial de Caraballeda hacia el sur, mostrando millones de toneladas de sedimento recién depositado, que fueron esparcidas por toda la comunidad altamente urbanizada por inundaciones y flujos detríticos en

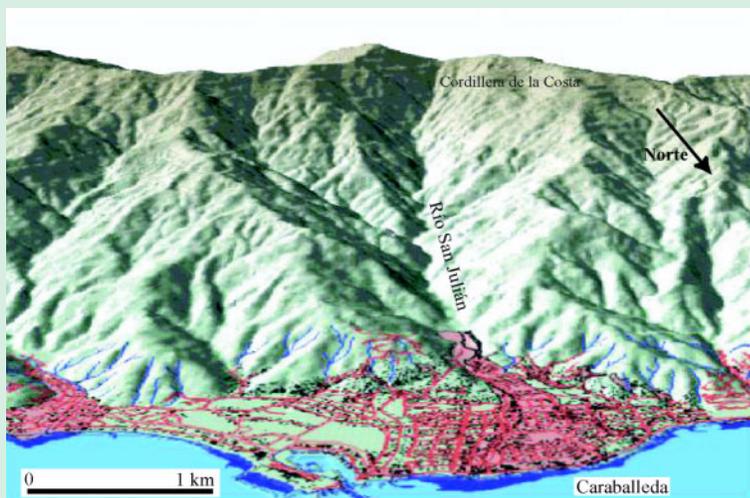
un abanico aluvial, lo cual conduciría a la rápida inundación de un canal que se considere muy grande como para inundarse. Esta incertidumbre es lo que hace que los eventos de flujos detríticos e inundaciones en abanicos aluviales sean extremadamente peligrosos.

## ESTRATEGIAS PARA MITIGAR DAÑOS EN ABANICOS ALUVIALES

Para proteger la propiedad, se pueden utilizar dos estrategias: (1) medidas estructurales a gran escala para el control de inundaciones, como represas y (2) eludir el área afectada. Como indica el amplio desarrollo del abanico aluvial en Caraballeda, Venezuela, donde no existen

represas, ninguna de las dos estrategias se ha utilizado a cabalidad, lo cual contribuyó a la tragedia de diciembre de 1999. La reglamentación en el uso de tierras puede utilizarse para reducir los riesgos, al limitar el tipo o la cantidad de desarrollo en áreas de alto riesgo. Las áreas susceptibles a eventos peligrosos pueden ser utilizadas como parques y

áreas para pastoreo de ganado. En las áreas de alto riesgo donde sea inevitable el desarrollo y la reconstrucción, construir un edificio de manera que el largo de éste quede orientado de forma paralela a la dirección del flujo, minimizará el ancho del edificio expuesto al flujo detrítico. Además, orientar las calles paralelas a la dirección descendente del abanico permite que las calles sirvan de canales secundarios en caso de inundación, lo cual limitaría los posibles daños a las estructuras. El estudio continuo, los avisos de peligro y el desalojo del área son estrategias no estructurales para mitigar los daños y así reducir la pérdida potencial de vidas. Los sistemas de avisos tempranos basados en los pronósticos del tiempo e información sobre la precipitación de lluvia, pueden mejorar significativamente las respuestas de los manejadores de emergencias para alertar y desalojar comunidades amenazadas. Las áreas como Hong Kong, San Francisco y Denver utilizan sistemas de alerta como sirenas y boletines informativos por radio para avisar a los residentes sobre posibles condiciones de peligro.



Vista oblicua hacia el sur en la cuenca del Río San Julián y el abanico aluvial de Caraballeda, Vargas, Venezuela. Imagen cortesía de P. Delfín, Ministerio de Recursos Ambientales y Naturales de Venezuela. diciembre

## UN EJEMPLO DE PELIGROS PRESENTADOS POR ABANICOS ALUVIALES:

### EL DESASTRE DE VENEZUELA OCASIONADO POR FLUJOS DETRÍTICOS E INUNDACIONES REPENTINAS

Cientos de miles de personas viven en una estrecha área costera al norte de Caracas, Venezuela, en el estado de Vargas. La población, localizada en la base de una serie de montañas empinadas de elevaciones mayores de 2,000 metros (6,600 pies), es altamente vulnerable a deslizamientos generados por episodios de lluvia. Un período húmedo inusual en diciembre de 1999 incluyó una acumulación de 200 milímetros (8 pulgadas) de lluvia a lo largo de la costa del Caribe del 2 al 3 de diciembre, seguida por 911 milímetros (36 pulgadas) de lluvia del 14 al 16 de diciembre.

Las lluvias generaron miles de flujos detríticos y otros tipos de deslizamientos en las montañas costeras y laderas abajo. Estos deslizamientos se fusionaron y se transformaron en flujos detríticos de gran magnitud que se movieron rápidamente a través de cañones estrechos y empinados hasta los abanicos aluviales. Los residentes, cuyos hogares estaban en los abanicos aluviales, describieron múltiples



Daños ocasionados por un flujo detrítico a un edificio de apartamentos en un abanico aluvial, Caraballeda, Vargas, Venezuela. Rocas inmensas atravesaron los primeros dos



Esta casa fue arrastrada por flujos detríticos en Caraballeda, Vargas, Venezuela, 1999. suma importancia en los

inundaciones y flujos detríticos que comenzaron tarde en la noche del 15 de diciembre y continuaron hasta el mediodía del 16 de diciembre.

Los deslizamientos (mayormente flujos detríticos) y las inundaciones repentinas a lo largo de la zona costera norteña del estado de Vargas y otros estados aledaños del norte de Venezuela, ocasionaron la muerte a un estimado de 19,000 personas, causaron un sinnúmero de daños a propiedades, y cambiaron la morfología de las laderas de las montañas, los ríos y los abanicos aluviales.

El agente principal de destrucción fue una combinación de flujos detríticos que movieron rocas enormes, e inundaciones repentinas que transportaron concentraciones de sedimento extremadamente altas. En casi todos los abanicos aluviales a lo largo de la costa de Vargas, los ríos socavaron canales nuevos en las superficies de algunos de los abanicos a profundidades de varios metros y enormes cantidades de sedimento nuevo fueron arrojadas en las superficies de los abanicos. A través de grandes segmentos de abanicos aluviales al este de Maiquetía, se depositaron capas de hasta varios metros de espesor de sedimento y detritos, incluso enormes rocas de un diámetro tan grande como 10 metros (33 pies). Cientos de casas, puentes y otras estructuras sufrieron daños o fueron destruidas. El daño total en Vargas fue estimado en \$1.9 billón.

## EL PASADO ES LA LLAVE DEL FUTURO

Los deslizamientos de tierra e inundaciones generadas por las intensas lluvias en diciembre de 1999 no son los únicos eventos que han ocurrido en esta región o en el resto de Venezuela. Los sedimentos expuestos a orillas de los canales de los ríos revelan un récord prehistórico de inundaciones y flujos detríticos. Los récords históricos indican que en esta región han ocurrido, en promedio, al menos

uno o dos eventos de inundaciones repentinas o deslizamientos de tierra de gran magnitud cada siglo desde el siglo 17. Los archivos hispánicos indican que las inundaciones repentinas y los flujos detríticos causaron daños severos a 219 hogares y edificios gubernamentales, y destruyeron todos los puentes en La Guaira en febrero de 1798; las inundaciones y flujos detríticos asociados a este evento fueron tan grandes que los soldados españoles colocaron cañones de forma horizontal frente a la entrada del fuerte que daba hacia la parte superior del río para proteger la estructura cercana al canal del río.



La erosión ocasionada por la tormenta de 1999 dejó expuesta la zapata de esta casa y garaje en Caraballeda. La arena, adoquines y rocas sobre los que descansa la estructura fueron depositados por un antiguo flujo

## ¿PUDIERA OCURRIR UN DESASTRE PARECIDO EN EL ÁREA DONDE USTED VIVE?

Por lo general, los flujos detríticos comienzan en laderas de montañas o colinas empinadas de terreno seco, salvo en tiempo lluvioso. Las excavaciones para construir carreteras y otras estructuras pueden aumentar la probabilidad de que ocurran flujos detríticos, aun en laderas de inclinación leve. Aunque los flujos detríticos se originan normalmente en laderas empinadas, luego que un flujo detrítico comienza a moverse puede viajar largas distancias por laderas de

inclinación leve. Áreas ladera abajo o aguas abajo, como los canales de los ríos, el fondo de los cañones y los abanicos aluviales son particularmente vulnerables durante eventos de lluvia fuerte o prolongada, o derretimiento súbito de nieve. Este ejemplo de Venezuela muestra el potencial de pérdida extrema de vida y daños a la propiedad en abanicos aluviales de alto nivel poblacional. La posibilidad de que ocurra un evento de magnitud similar existe en otras partes del mundo, donde el desarrollo extensivo ha invadido los abanicos aluviales. Si no se planifican

cuidadosamente las comunidades, los impactos de estos tipos de desastres tienen gran posibilidad de aumentar en el futuro. Establecer comunidades y otro tipo de infraestructura en abanicos aluviales ha convertido procesos hidrológicos naturales de gran intensidad en eventos letales de gran magnitud. Según establecido por el Secretario General de las Naciones Unidas, Kofi Annan, "El término 'desastre natural' es cada vez menos apropiado. En realidad, el comportamiento humano transforma los peligros naturales en lo que debería llamarse desastres no-naturales".



Estas inmensas rocas, con un peso estimado de 300 a 400 toneladas cada una, fueron transportadas por los flujos detríticos de diciembre de 1999 cerca de La Guaira.



Calles y casas en La Guaira llenas de lodo, rocas y otros escombros.



La marca de lodo en estas casas muestra la altura y la forma de los depósitos del flujo detrítico. La calle cuesta arriba sirvió como canal para el agua y los escombros, lo cual redujo los daños a algunos de los edificios de este abanico aluvial en La Guaira.

## PARA INFORMACIÓN ADICIONAL SOBRE:

Deslizamientos de tierra, escriba a:

U.S. Geological Survey  
National Landslide Information Center  
Federal Center, Box 25046, MS 966  
Denver, CO, 80225, USA

<http://landslides.usgs.gov/landslide.html>  
NLIC@usgs.gov

Peligros por abanicos aluviales, vea  
National Research Council Committee  
report on *Alluvial Fan Flooding*:  
<http://www.nap.edu/readingroom/books/all/>

El desastre en Venezuela, visite  
<http://pr.water.usgs.gov/public/venezuela>

Vea también *Debris-flow and flooding hazards associated with the December 1999 storm in coastal Venezuela and strategies for mitigation*, disponible en Internet en

<http://geology.cr.usgs.gov/pub/open-file-reports/ofr-01-0144/>

### Organizaciones Cooperadoras

Agencia Estadounidense para el Desarrollo Internacional, Oficina de Asistencia a Desastres en el Extranjero

Ministerio de Recursos Naturales y Ambientales de Venezuela

Embajada Estadounidense, Caracas, Venezuela

### Autores

Matthew C. Larsen<sup>1</sup>, Gerald F. Wieczorek<sup>2</sup>,  
L. Scott Eaton<sup>3</sup>, Benjamin A. Morgan<sup>2</sup>, and  
Heriberto Torres-Sierra<sup>1</sup>

<sup>1</sup> U.S. Geological Survey, Distrito del Caribe, GSA Center, 651 Federal Drive, Suite 400-15, Guaynabo, Puerto Rico 00965, USA [mclarsen@usgs.gov](mailto:mclarsen@usgs.gov)

<sup>2</sup> U.S. Geological Survey, Reston, Virginia, USA

<sup>3</sup> James Madison University, Harrisonburg, Virginia, USA