



FOTOGRAFÍA DE JOSÉ KATTÁN.
La Red Sismológica del Suroccidente Colombiano monitorea la actividad sísmica en los departamentos de Chocó, Nariño, Cauca y Valle del Cauca mediante 24 estaciones.

Información clasificada para convivir con los temblores

Un algoritmo permitió identificar en los departamentos de Chocó, Cauca, Valle del Cauca, Quindío y Tolima enjambres de sismos como herramienta para tomar buenas decisiones en materia de obras de ingeniería y prevenir desastres.

Por Jorge Manrique Grisales

Las 4:06 de la mañana del 15 de noviembre de 2004, los caleños se despertaron por un temblor de tierra que se originó en el océano Pacífico, a 400 kilómetros de la capital del Valle del Cauca. La onda sísmica se desplazó a 5.000 metros por segundo, atravesó la cordillera Occidental y, al llegar al valle geográfico del río Cauca, removió durante 22 segundos el suelo donde se asienta una ciudad habitada por 2.500.000 habitantes.

Lo curioso del fenómeno es que “no se originó en Cali, pero sí le causó daño”, como anota el investigador Alberto Benavides Herrán, quien, en su oficina de la Universidad Javeriana, tiene un póster con el mapa y los datos del mencionado sismo, realizado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés). Más

extraño aún es que los mayores daños se concentraron en 25 edificios y 6 clínicas de tercer nivel localizadas sobre la carrera 9.^a y la avenida Guadalupe, donde el sismo alcanzó una magnitud mayor a la registrada por los sismógrafos (6,7 en la escala de Richter).

Tanto el profesor Benavides como su colega de la Universidad del Valle y actual director de la Red Sismológica del Suroccidente Colombiano de la Universidad del Valle (Red SW), Elkin de Jesús Salcedo, explican que la porosidad del suelo en esa parte de la ciudad, originada en los procesos de sedimentación de la cuenca del río Cañaveralejo, hicieron que el suelo se “licuara” con la onda que viajó en línea recta desde Pizarro, en el departamento del Chocó.

Este sismo hace parte de una base de datos trabajada por investigadores de las dos universidades que recoge 6.945 eventos telúricos registrados entre 1993 y 2010 en

un área geográfica que incluye los departamentos de Cauca, Nariño, Valle del Cauca y Chocó, y se interna en el océano Pacífico, donde las placas tectónicas de Nazca y Suramérica interactúan de forma permanente.

Con estos datos, Benavides y sus colegas pusieron a dialogar las principales variables que intervienen en la ocurrencia de un sismo. El proyecto puede observarse claramente en un mapa realizado por capas en el que aparecen las fallas geológicas que atraviesan el área objeto del estudio, y los diversos tipos de sismos clasificados por *clusters* o grupos de acuerdo con sus magnitudes, profundidades y energía liberada.

Las cicatrices de la tierra

Es importante aclarar que los sismos en esta parte del planeta se originan principalmente por dos factores: la actividad tectónica que tiene también una relación directa con el



FOTOGRAFÍA DE JOSÉ KATTÁN.
Elkin de Jesús Salcedo, director de la Red Sismológica del Suroccidente Colombiano.



FOTOGRAFÍA DE JOSÉ KATTÁN.
Alberto Benavides Herrán, investigador principal de la Universidad Javeriana seccional Cali en el proyecto para la identificación de patrones sísmicos.

■ “LA FAMOSA FALLA DE ROMERAL QUE ATRAVIESA EL PAÍS DE SUR A NORTE ES LA RESPONSABLE DE LOS TERREMOTOS MÁS GRANDES DE LOS ÚLTIMOS TIEMPOS, COMO LOS DE POPAYÁN, ARMENIA, PEREIRA, PÁEZ (CAUCA) Y MURINDÓ (CHOCÓ)”.

vulcanismo y las fallas geológicas. “Las fallas son como costuras de la tierra que se mueven durante un terremoto. La famosa falla de Romeral que atraviesa el país de sur a norte es la responsable de los terremotos más grandes de los últimos tiempos, como los de Popayán, Armenia, Pereira, Páez (Cauca) y Murindó (Chocó)”, precisa el profesor Benavides.

A simple vista, se pueden observar estas “cicatrices” de la tierra en zonas como el lago Calima, donde el profesor Benavides programa periódicamente laboratorios con sus estudiantes de ingeniería. También son visibles los daños que el movimiento de las fallas ocasiona en las carreteras, particularmente en temporadas invernales.

“Lo que no se ha movido en el último millón de años ya se queda así, pero aquellas partes de la tierra que muestran actividad en ese lapso seguirán moviéndose, y las fallas geológicas permiten apreciar cómo son esos acomodamientos del planeta”, puntualizó el investigador de la Universidad Javeriana.

Ocuparse de la catalogación de los sismos, sus características y su relación con el sistema de fallas geológicas constituye el corazón de la investigación denominada “Reconocimiento de patrones espaciales sísmicos en el suroccidente colombiano”, desarrollada por un grupo interdisciplinario conformado por un físico, ingenieros electrónicos, geofísicos y un topógrafo de las universidades Javeriana y del Valle.

Este equipo de investigadores construyó un algoritmo que permite reconocer en el territorio estudiado enjambres de sismos mediante la utilización de herramientas

estadísticas y métodos probabilísticos. Esta metodología identifica patrones con los cuales se agrupan sismos de similares características en algunas áreas de la zona estudiada.

Anteriormente, explica el profesor Benavides, la interpretación de la actividad sísmica dependía de quien operaba un sismógrafo. La organización y sistematización de la información fue el gran desafío del proyecto, tal como quedó consignado en un artículo publicado por los investigadores en la revista *Computers & Geosciences* en julio de 2013.

Como parte de los resultados de la investigación, se confirmó la presencia de sismos de similares características (enjambres) en zonas de los departamentos del Cauca, Valle del Cauca, Quindío, Tolima y Chocó.

Gracias a investigaciones como esta, se puede aprovechar mejor la información que todos los días se origina en el monitoreo que desde 24 estaciones realiza la Red SW en el suroccidente del país.

Amenaza y vulnerabilidad

La investigación ofrece una información relevante para tomar buenas decisiones en materia de construcción de obras de ingeniería. El profesor Benavides explica que las fallas geológicas y la ubicación geográfica en la zona de influencia del denominado Cinturón de Fuego del Pacífico implican una amenaza. “Es sencillamente lo que hay y eso no lo podemos cambiar”, afirma. Sin embargo, también existe la variable de vulnerabilidad en la que el hombre sí tiene injerencia. “Aquí cuentan las buenas y malas decisiones que toman los ingenieros. Eso incrementa

o disminuye el grado de vulnerabilidad de las obras”, agrega.

De esta manera, la información generada por el proyecto de investigación sirve no solo para evaluar los factores de amenaza y vulnerabilidad en obras de ingeniería sino que también es una herramienta importante para los planes de ordenamiento territorial (POT). “Muchas veces no se entiende la importancia de esta información y no se ajustan las normas de sismorresistencia en los distintos municipios”, explica el profesor Elkin de Jesús Salcedo, de la Universidad del Valle.

A su vez, el profesor Benavides indica que “un edificio es como un péndulo invertido, y en su construcción es necesario aplicar el conocimiento técnico sobre sismorresistencia con todas las implicaciones éticas que esto tiene... Los ingenieros no construyen sobre el vacío, y todo lo que hacen afecta a las personas”.

Considera que en toda construcción se deben tener en cuenta los estudios de suelos, las aceleraciones máximas y la historia sísmica del terreno, así como los factores de diseño, calidad de los materiales y, sobre todo, recordar la responsabilidad de los ingenieros en las obras que construyen.

El reforzamiento de los nueve edificios que se vieron gravemente afectados por el sismo del 15 de noviembre de 2004 en Cali tardó varios años. La dolorosa lección quedó allí para los constructores y las autoridades que autorizaron construcciones de más de cuatro pisos en suelos de arcillas contracto-expansivas. La información sobre patrones sísmicos es precisamente una herramienta para tomar buenas decisiones en lugares del planeta, como este, donde los temblores son algo corriente. ■

PARA LEER MÁS

» Benítez, H., Flórez J. F., Puque, D. P., Benavides, A., Baquerro, O. L. & Quintero, J. (2013). “Spatial Pattern Recognition of Seismic Events in South West Colombia”. *Computers & Geosciences* 59: 60-77.