



José Luis Barrera Morate

Licenciado en Ciencias Geológicas

Vicepresidente 1º del Colegio Oficial de Geólogos, Presidente del Geoforo y Editor de la revista Tierra&Tecnología.

→ Imagen. Aaron McBride

¿ESTAMOS EN RIESGO?

LAS MEDICIONES EN LOS RIESGOS NATURALES

La preocupación por medir los riesgos naturales es muy antigua. Hace 2.000 años, los chinos inventaron un primer sismógrafo que les indicaba la dirección en que llegaban las ondas y la fuerza del seísmo. Hoy en día, es necesario cuantificar los riesgos naturales para que las autoridades planifiquen y movilicen recursos para reducirlos, y eso es lo que hacen los geólogos, físicos y demás científicos. En los últimos cien años se han desarrollado instrumentos de medida para evaluar y cuantificar estos riesgos y, para los tiempos anteriores, contamos con dos fuentes de información para calcular la magnitud de la catástrofe: las señales físicas en el terreno y las fuentes históricas administrativas.

La cuantificación correcta de los indicadores de vulnerabilidad local y el conocimiento preciso acerca de los peligros naturales permiten a los Gobiernos plantear políticas adecuadas para la planificación del ordenamiento territorial. Los mapas de riesgo son una forma de calcular las áreas potenciales de sufrir los efectos de un riesgo, y sobre ellos se pueden determinar los porcentajes de afección de muchos parámetros. El riesgo en sí ya es un parámetro mensurable, la

definición de riesgo es una medida que se cuantifica con la fórmula $\text{Riesgo} = \text{Peligrosidad} \times \text{Vulnerabilidad}$. La peligrosidad es la probabilidad de que se produzca un determinado fenómeno natural con consecuencias negativas, mientras que la vulnerabilidad se entiende como el impacto del fenómeno sobre la sociedad, y es precisamente el incremento de la vulnerabilidad el que ha llevado a un mayor aumento de los riesgos naturales.

El impacto de un fenómeno natural se puede medir en magnitudes de parámetros -lo miden los instrumentos- e intervalos de tiempo requeridos para restablecer los niveles de desarrollo pre-evento. Igualmente, las series históricas de los eventos ayudan a establecer los periodos de retorno de cada uno de ellos. Los dos riesgos naturales más catastróficos para la población mundial son las inundaciones y los terremotos.

Lo que se mide en el riesgo sísmico

El riesgo sísmico de una zona está íntimamente ligado a sus características geológicas, por ello los geólogos, basándose en las cartografías neotectónicas, miden las fallas activas principales (sismogénicas) y cuantifican sus características. Los mapas morfotectónicos son de gran importancia para el estudio sísmico del territorio, pues expresan la disposición y el orden de las fallas activas y de los correspondientes bloques de la corteza terrestre. A partir de esta información se obtiene una matriz observacional, que corresponde al conjunto de datos obtenido mediante las observaciones de campo y el procesamiento de los datos fotogramétricos y topográficos. A partir de ahí, se obtiene la cuantificación estadística de parámetros expresados inicialmente de forma semicuantitativa como, por ejemplo, la intensidad de los terremotos.

En algunas áreas españolas los movimientos verticales asociados con fallas activas, antes de que se produzca un terremoto, se miden a partir del análisis de las líneas de Nivelación de Alta Precisión levantadas por el Instituto Geográfico Nacional a lo largo de las vías

férreas y carreteras. La aceleración máxima horizontal de un sismo es el valor absoluto de la aceleración horizontal obtenida de un acelerograma, tomando la suma de dos componentes ortogonales.

Las medidas paleosísmicas ayudan a determinar la historia sísmica de una región y, por tanto, a poder predecir futuros movimientos.

Las aceleraciones verticales han recibido una atención menor que las horizontales debido a que se supone que su efecto sobre las estructuras es menor.

Igualmente, las medidas paleosísmicas ayudan a determinar la historia sísmica de una región y, por tanto, a poder predecir futuros movimientos. Elementos como las sismitas son de gran valor para determinar la magnitud de un paleoterremoto y el campo de esfuerzos que actuó. Para el estudio de las sismitas se abren zanjas en las fallas activas y se miden las estructuras generadas por la actividad paleosísmica.

Los adelantos tecnológicos también permiten medir, a través de una red GPS, las tensiones acumuladas en un punto a lo largo del tiempo y las deformaciones reales

que se producen en el terreno. Con ello se tiene una idea de las tasas promedio de desplazamientos y de las fallas sismogénicamente potenciales que más probabilidad tienen de moverse. Otra

manera de medir la paleosismicidad es mediante la datación de las formas y sedimentos cuaternarios de las zonas de los escarpes de fallas activas, lo cual se consigue mediante diversos métodos de datación absoluta y comparación de resultados.

Instrumentalmente, el registro sísmico español, fundamental para establecer la historia sísmica de un lugar -tipos y magnitud de los sismos, frecuencia- y, por ende, el modelo cuantitativo de deformación y los periodos de retorno, está a cargo de la Red Sísmica Nacional (RSN), que cuenta actualmente con 78 estaciones, 35 de ellas conectadas en tiempo real, 33 conectadas vía satélite y 10 conectadas por vía telefónica con el Centro de Recepción de Datos Sísmicos, ubicado en Madrid.



→ Imagen. Nicolas Duthu

Lo que se mide en el riesgo de inundaciones

En España, todas las cuencas hidrográficas tienen sistemas de alerta hidrológica que constituyen el SAIH (Sistema Automático de Información Hidrológica). Esta red está integrada por un conjunto de sensores que miden las principales variables hidrológicas prácticamente en tiempo real. Las principales variables medidas son: intensidad de precipitación, caudal en los cauces y canales, y estado de las presas (caudales de entrada y salida, niveles, agua embalsada, apertura de los desagües, etc.). Con toda esta información se elaboran los mapas de los niveles de inundación para periodos de recurrencias determinados, mapas de inundaciones máximas y mapas de vulnerabilidad para cada periodo de recurrencia. Además, mediante la aplicación de modelos es posible elaborar los hidrogramas de avenidas.

Lo que se mide en el riesgo volcánico

El Índice de Explosividad Volcánica (VEI) es uno de los parámetros principales para cuantificar la peligrosidad de un volcán y, para calcularlo, se miden varios indicadores propios de las erupciones. Actualmente, con el des-

Actualmente, con el desarrollo de los satélites, varias de las observaciones físicas que se realizan habitualmente en la vigilancia volcánica se hacen desde los propios volcanes, a través de sensores remotos.

arrollo de los satélites, varias de las observaciones físicas que se realizan habitualmente en la vigilancia volcánica se hacen desde los propios volcanes, a través de sensores remotos. Estas nuevas tecnologías suministran medidas precisas y permiten la vigilancia de volcanes de difícil acceso y monitorización.

Mediciones sismológicas. Los primeros síntomas de una erupción volcánica son siempre los terremotos. Todo volcán potencialmente peligroso tiene instalada, en los países desarrollados, una red de microsismicidad que mide los movimientos que se producen debajo de un volcán. Los sismólogos cuantifican la magnitud del sismo y son capaces de determinar su localización exacta con sus tres coordenadas x, y, z. Una vez analizados los registros sísmicos se puede conocer la estructura profunda del aparato, controlar los posi-

bles movimientos del magma en su camino a la superficie y determinar el mecanismo focal del terremoto.

Mediciones geodésicas. La presión ejercida por el ascenso magmático provoca siempre alteraciones en la topografía del edificio volcánico, que pueden ser observadas y medidas. Muchas de ellas son precursoras de erupción y sirven para declarar la alerta máxima. Los avances realizados en la geodesia por satélite permiten una vigilancia más precisa al situarse mejor los puntos de observación. Existen varios métodos para medir la deformación de un volcán: la más común es la medida de la distancia horizontal entre una base fija y un punto reflector ubicado en el edificio volcánico utilizando un distanciómetro electrónico (EDM). También se miden los cambios en la pendiente del cono volcánico, utilizando los inclinómetros electrónicos (tiltmeters) que dan una medi-



→ Imagen. Nicolas Duthu



→ Mapa Marna. Imagen cedida por el Consejo de Seguridad Nuclear.

da, en tiempo real, de los cambios de la pendiente; y para completar toda esta serie de medidas, se cuantifican los desplazamientos del suelo en base a medidas realizadas con GPS.

Mediciones geotérmicas. Las anomalías térmicas en los volcanes son fenómenos frecuentes que se relacionan con los periodos eruptivos o con remanencias de erupciones pasadas. En muchos volcanes inactivos aún permanecen anomalías geotérmicas acompañadas a veces de actividad fumarólica, lo cual se debe a procesos como la conductividad térmica de las rocas o la convección térmica de gases o agua, cuya evaluación se realiza por la temperatura superficial y el flujo térmico. Actualmente, muchas de estas mediciones se hacen desde los satélites con colectores de infrarrojos, y esos datos son empleados en la predicción de sus erupciones mediante la creación de mapas de temperatura del suelo, así como en el estudio de la composición de la lava y del dióxido sulfúrico en las nubes volcánicas.

Pero en el estudio del riesgo volcánico se realizan, además, mediciones gravimétricas, geoeléctricas,

geomagnéticas o geoquímicas de gases, entre otras, que permiten conocer de forma más exacta la naturaleza y comportamiento de los volcanes.

Lo que se mide en el riesgo de deslizamiento

La vigilancia de los deslizamientos se realiza a través de un sistema monitorizado de instrumentos varios compuesto por un conjunto de instrumentos de lectura remota que se instalan en puntos críticos de las laderas con riesgo de deslizamiento. Estos instrumentos miden los parámetros característicos de un deslizamiento, tales como los movimientos de la superficie del suelo (inclinómetros y extensómetros), los cambios en la presión de agua del subsuelo (piezómetros), los sonidos profundos (geófonos) de la ladera y precipitaciones de agua, o las vibraciones del suelo por causas sísmicas (sismógrafos y acelerómetros). Los datos son enviados vía radio o satélite a los centros de procesamiento, que elaboran los mapas de riesgo.

En tiempos más recientes se utiliza de manera sistemática una red GPS de puntos de referencia instalados en la ladera. Y, desde comienzo de los

90, se emplean técnicas de interferometría radar terrestre para medir los pequeños desplazamientos.

Lo que se mide en el riesgo radiológico

La radiación natural puede ser dañina para el ser humano. Dependiendo de la clase de radiación se determina su intensidad, su energía y la localización de la fuente. La instrumentación más común para estas mediciones está compuesta por detectores radiométricos y escintilómetros. Uno de los elementos que se miden es el gas radón $Rn222$, cuyo isótopo proviene de la desintegración de la cadena del Uranio 238. Sus hijos, principalmente Plomo, Bismuto y Polonio 214, pueden resultar cancerígenos. El Radón está presente en muchas rocas naturales y su desintegración provoca isótopos que, al pasar al entorno ambiental, pueden ser inhalados por el ser humano: en viviendas mal ventiladas situadas de zonas de alta concentración de uranio, el Radón puede causar cáncer, principalmente de pulmón.

Para estudiar las radiaciones, en España contamos con la Red de Vigilancia Radiológica Ambiental (REVIRA), integrada por varios sistemas diferenciados, entre ellos distintas estaciones de detección y medida en continuo de la radiactividad ambiental. Se trata de una red de vigilancia radiológica de ámbito nacional no asociada a instalaciones, que se complementa con las redes propias de algunas Comunidades Autónomas, de características similares. De este modo, los resultados de las distintas redes son recibidos en el CSN para cubrir de forma más completa la vigilancia radiológica de todo el territorio nacional integrando los datos recogidos. ■