

## 4. Monitoreo volcánico

---

Los cambios físicos y químicos del sistema magmático bajo el volcán reflejan condiciones de intranquilidad en el sistema volcánico. Algunos de estos cambios pueden ser percibidos directamente por la población que vive en los alrededores del volcán, mientras que otros son únicamente detectados con el uso de instrumentos científicos extremadamente sensibles. La vigilancia o monitoreo volcánico puede hacerse ya sea por observación visual o instrumental.

### ■ VIGILANCIA POR OBSERVACIÓN

Este método de monitoreo se basa en la detección de los cambios en la actividad de un volcán, únicamente por los sentidos humanos; por lo tanto, pueden ser descubiertos por la población. El monitoreo por *observación visual* consiste en realizar observaciones de manera sistemática para determinar la formación de fracturas, deslizamientos o hinchamiento de la cima del volcán, del cráter activo o de uno de sus flancos; la detección de cambios en las emisiones fumarólicas, como altura de la columna de gases, color, olor, intensidad, etc., o de cambios en el caudal, color, olor de las fuentes termales; la detección de daños o muerte de la vegetación; la percepción de cambios en el comportamiento de los animales, entre otros. Este método incluye, además, la percepción de ruidos subterráneos y sismos de origen volcánico.

Este método puede ser reforzado con el uso de *imágenes satelitales* que permiten monitorear parámetros cuantificables y hacer un seguimiento de las nubes de ceniza producidas por las emisiones volcánicas.



**Figura 23.** Instalación de una estación sísmica en los flancos del volcán Tungurahua, por parte de los Ings. Richard Jaramillo (Electrónico) y Mario Ruz (Sismólogo) del IG-EPN.

---

## ■ VIGILANCIA INSTRUMENTAL

Consiste en utilizar instrumentos científicos muy sensibles, capaces de detectar cambios en el comportamiento físico-químico del sistema magmático del volcán, cambios que generalmente son imperceptibles para las personas. El monitoreo científico moderno de un volcán utiliza métodos diferentes y complementarios. Los más comunes son la detección de la actividad sísmica, la medición de la *deformación* del suelo, el estudio de los cambios químicos de las emisiones de gases en las *fumarolas* y de las fuentes termales y la observación sistemática de la actividad volcánica.

El monitoreo *sísmico* consiste en detectar, por medio de *sismómetros* extremadamente sensibles (figs. 22 y 23), las vibraciones del suelo (*sismos*) producidas por la fracturación de las rocas al interior de un volcán o por el movimiento de magma o de gases magmáticos al interior del edificio volcánico. El ascenso de magma o de otros fluidos magmáticos genera sismos y otras señales sísmicas detectables por los instrumentos, que pueden constituir predecesores de la actividad eruptiva. Las señales sísmicas más frecuentes en el caso del volcán Tungurahua han sido los sismos de tipo VT (Volcano-Tectónicos), que corresponden a la formación o propagación de fracturas o fallas; los sismos de tipo LP (Largo Período), que corresponden al movimiento de fluidos (gases o magma) dentro del edificio volcánico; el temblor volcánico, que corresponde a una vibración de larga duración, puede estar asociada al movimiento o a la salida de gases a altas presiones; y los sismos híbridos, que son una mezcla de varios tipos de señales sísmicas (figs. 10A y 22).

El monitoreo de la *deformación del suelo* consiste en detectar cambios en la topografía del edificio volcánico (inflación o deflación) relacionados con el ascenso y con el volumen de magma introducido en el edificio volcánico. Existen varios métodos para medir la *deformación* de un volcán: la medida de la distancia horizontal entre una base fija y un punto reflector ubicado en el edificio volcánico, para lo cual se utiliza un *distanciómetro electrónico* (EDM, fig. 24) la medida de los cambios en la pendiente del cono volcánico, utilizando *inclinómetros electrónicos* (*tiltmeters*); o la medida del desplazamiento del suelo en base a *GPS* (*Global Positioning System*).

El monitoreo *geoquímico* consiste en determinar cambios en la composición química de las *fumarolas* y de las fuentes termales, cambios que pueden estar directamente relacionados con el movimiento o el ascenso de magma bajo un volcán. Adicionalmente, y debido a la dificultad y peligrosidad de realizar muestreos periódicos de las fumarolas de los volcanes activos, se utiliza el *COSPEC* (*Espectrómetro de Correlación*), que permite de-

**Figura 24.** Realización de medidas de deformación del volcán con un distanciómetro electrónico (EDM) desde el sector de Cardonpamba, por parte de la Ing. Patricia Mothes. Foto: Minard L. Hall, IG-EPN.

---



terminar la concentración del gas de origen magmático  $\text{SO}_2$  en la columna de emisión (figs. 10b y 25).

## ■ EL MONITOREO VOLCÁNICO REALIZADO POR EL IG-EPN

El monitoreo volcánico del Tungurahua consta de las redes de monitoreo sísmico y de deformación, así como de los muestreos, medidas y análisis continuos de los gases y de las aguas termales. Por otro lado, desde septiembre de 1999, el IG-EPN estableció el Observatorio del Volcán Tungurahua (OVT), ubicado en el sector

**Figura 25.** Realización de medidas de las emisiones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en la columna de gases con el espectrómetro de correlación (COSPEC), por parte de la Ing. Silvana Hidalgo. La medición se hace a partir de un sitio lejano al volcán, en este caso desde el sector de la confluencia de los ríos Puela y Chambo, al sur del volcán. Foto: Jean Philippe Eissen, IRD.



Guadalupe, a 15 km de la cumbre del volcán, como parte de la Red de Observatorios Volcánicos del Ecuador (ROVIG). El objetivo del OVT es doble. Por un lado, realizar un monitoreo visual de la actividad del volcán, con el fin de correlacionar la información instrumental con los datos provenientes de las observaciones. En segundo lugar, la presencia de un científico de turno, disponible las 24 horas del día y los 365 días del año, en contacto permanente con la base del IG-EPN en Quito y con el COE cantonal de Baños, permite brindar a la población y a las autoridades la información actualizada del estado del volcán, así como de las potenciales alertas tempranas.

El monitoreo sísmico del volcán Tungurahua, realizado por el Instituto Geofísico, se inició en 1989 con la instalación de una estación sísmica ubicada en el flanco norte del volcán. Posteriormente, entre 1992 y 2000, el ex INECCEL mantuvo un convenio de cooperación con el IG-EPN, el cual permitió la ampliación y