

## 10 AÑOS DEL OBSERVATORIO VULCANOLÓGICO Y SISMOLÓGICO INGEOMINAS - CENTRO OPERATIVO REGIONAL POPAYÁN

Arcila M.M., C.E. Cardona, A.M. Correa, J.C. Diago, B. Pulgarín, F. Rodríguez y J. Raigosa \*

### RESUMEN

Dentro del Plan de vigilancia de los volcanes del país, y de acuerdo a la asignación hecha por el Gobierno Nacional al INGEOMINAS del estudio y prevención de todo tipo de amenazas geológicas y la vigilancia de los volcanes colombianos, en 1992 la Regional Popayán buscó fortalecer las actividades que, de manera esporádica, realizaba para la observación de los volcanes ubicados en su área de influencia (Nevado del Huila, Puracé - Los Coconucos y Sotará). Dichas acciones se vieron reforzadas en 1993, cuando la Regional se instituyó como el tercer observatorio vulcanológico y sismológico del país. Desde entonces, este observatorio ha venido consolidando su labor en el marco de los proyectos institucionales, y hoy día, 10 años después de iniciar su actividad de seguimiento permanente, es posible presentar un balance de actividades y resaltar el objeto para el que fue creado, como un logro en el conocimiento de los volcanes en situaciones pre-crisis. En términos generales, la vigilancia se ajusta a las metodologías mundialmente establecidas, incorporando nuevas técnicas o estudios a medida que se avanzaba en el entendimiento de los volcanes en observación. Actualmente se cuenta con una red de cuatro estaciones sismológicas telemétricas en el Nevado del Huila y seis en el Puracé, que permiten establecer niveles de actividad base, detectando los cambios registrados. Durante el último semestre, el Nevado del Huila incrementó sus niveles de actividad de largo periodo, sobrepasando en 9% el pico máximo de energía hasta entonces reportado (1996), y 49% frente al periodo inmediatamente anterior. El volcán Puracé presenta un cambio notorio en su actividad, representado por la reaparición de tremor armónico bandeado, enjambres de sismos volcano-tectónicos, registro de sismos de largo periodo en forma de trenes y señales tipo "tornillo". Los niveles de actividad durante los dos últimos semestres han sido los máximos alcanzados desde el inicio de su vigilancia.

**Palabras claves:** Observatorio, vigilancia, volcanes, Nevado del Huila, Puracé, Sotará, Cauca

### ABSTRACT

After the country's volcano surveillance plans and according to the assignments made by the National Government to INGEOMINAS about the study and prevention from all types of geological hazards and volcanoes surveillance, in 1992 the Regional branch of INGEOMINAS in Popayán looked for fortifying the activities that it carried out sporadically for the observation of the volcanoes located in its influence area (Nevado del Huila, Puracé - Los Coconucos and Sotará). Such actions were reinforced in 1993 when this Regional branch was transformed into the third Volcanological and Seismological Observatory of Colombia. Since then, this observatory has been consolidating its activities, setting them among institutional projects, and nowadays, after ten years of having started its permanent surveillance work, it is possible to show a balance of its activities and to remark the main objective for which it was created, as an accomplishment on the knowledge of the active volcanoes in pre-crisis stages. In general, the surveillance carried out by the Observatory fits into the world-established methodologies, incorporating and improving new techniques or studies, while the understanding of volcanoes in observation advanced. The Observatory currently counts with two telemetric seismological networks: one for Nevado del Huila volcano which is composed of four stations and the other one, for Puracé and Coconucos volcanoes, which counts with six stations. These networks permit to establish activity base levels and to detect changes in those volcanoes behaviors. During the last semester, Nevado del Huila increased its long period activity level, passing over 9% the maximum energy peak registered until that time (1996), and 49% more than its nearest before period. Puracé volcano had a notorious change in its activity, which is represented by the re-appearance of banded harmonic tremor and volcano-tectonic seism swarms, train shape long period seism records and screw type signals. The activity level during the last two semesters has been the highest ones reached since the surveillance began.

**Key words:** Observatory, surveillance, volcanoes, Nevado del Huila, Purace, Sotara, Cauca.

---

\* Observatorio Vulcanológico y Sismológico  
INGEOMINAS - Centro Operativo Regional Popayán  
Calle 5 B No. 2 - 14 Loma de Cartagena - Popayán, Colombia  
[uopxa@emtel.net.co](mailto:uopxa@emtel.net.co)

*“La observación y seguimiento de los volcanes que muestran síntomas de ser activos tiene su justificación en el hecho de que las erupciones volcánicas son entre los fenómenos naturales los más temidos y respetados; varían ampliamente en magnitud y duración, no sólo de un volcán a otro sino también en el mismo volcán. Es esencial conocer la historia propia de cada volcán, la frecuencia y carácter de sus erupciones volcánicas y comprender los procesos que las preceden. La mayoría de las erupciones están precedidas por signos premonitorios, los cuales, si son reconocidos y atendidos, pueden avisar con tiempo los eventos inminentes”<sup>1</sup>.*

Los estudios de sismología y vulcanología en la prevención de desastres han tenido su “impulso” definitivo en eventos que han marcado la historia reciente del país. Así, el terremoto de Popayán del 31 de marzo de 1983 posibilitó que se concretaran un sinnúmero de inquietudes e iniciativas encaminadas a la investigación del fenómeno sísmico, y la regulación, a través del código de construcciones sismoresistentes, del sector de la construcción. En 1985, a raíz de la trágica erupción del volcán Nevado del Ruiz (13 de noviembre de 1985), el Gobierno Nacional asignó a INGEOMINAS las funciones de seguimiento y vigilancia de los volcanes del país, y en general, el estudio y prevención de todo tipo de amenazas geológicas y antrópicas (Decreto 3815 del 26 de diciembre de 1985). En 1986 se creó el Observatorio Vulcanológico de Colombia, con el fin de monitorear el Nevado del Ruiz y con proyección de estudios en los demás volcanes del país. En 1989, la reactivación del volcán Galeras hizo necesario iniciar labores permanentes en la ciudad de Pasto, culminando en la creación de un observatorio vulcanológico permanente en esta ciudad. En 1992, a partir de la experiencia adquirida con los volcanes Nevado del Ruiz y Galeras, se vio la necesidad de iniciar un seguimiento a volcanes colombianos en estado de reposo, que permitieran determinar con antelación signos indicadores de sus cambios de actividad.

Mediante el Acuerdo número 034 del 22 de septiembre de 1993, la Junta Directiva de INGEOMINAS designa a la Unidad Operativa Popayán, como el observatorio vulcanológico y sismológico, encargado de la vigilancia de los volcanes Nevado del Huila, Puracé - Los Coconucos y Sotará. Durante estos 10 años, el observatorio vulcanológico ha participado en los proyectos institucionales de vigilancia volcánica y vulcanología, siguiendo metodologías mundialmente establecidas e incorporando nuevas técnicas a medida que se avanza en el entendimiento de los volcanes objeto de estudio, y a la vez, apoya o desarrolla otros proyectos del quehacer institucional.

## **1. COMPLEJO VOLCÁNICO NEVADO DEL HUILA**

Localizado a 75 km al NE de Popayán, en límites de los departamentos de Cauca, Huila y Tolima, el volcán Nevado del Huila (VNH) es la mayor elevación de los Andes colombianos (5.365 m s.n.m.) y tiene el glaciar de montaña más extenso (13 km<sup>2</sup>) sobre un volcán, en el país. Aunque no hay registro de erupciones históricas, es catalogado como un estratovolcán activo, con predominio de actividad efusiva. Sus características le dan una gran potencialidad de daño, con posibilidad de escenarios bastante severos. En 1995 se definió como un complejo volcánico formado por productos de dos edificios volcánicos (edificio Antiguo o Pre-Huila y edificio Actual o Huila). En ambas etapas se generaron lavas andesíticas. Durante el estadio actual o Huila se ha producido, además de la generación de lavas dacíticas, el colapso o explosión de domos que ocasionaron pequeños flujos piroclásticos de ceniza y bloques. En general las lavas del Complejo Volcánico Nevado del Huila (CVNH) son traquiandesitas y andesitas de dos piroxenos, con anfíbol subordinado, pertenecientes a la serie calcoalcalina, con marcada tendencia subalcalina y con un contenido de K<sub>2</sub>O medio a alto, típicas de margen continental activa.

---

<sup>1</sup> Manejo de emergencias volcánicas, UNDRO – UNESCO. Naciones Unidas, New York, 1987

A raíz del sismo de Páez (6/6/94), de magnitud 6.4 y localizado a 10 km de la cima del volcán, en su flanco SW, el INGEOMINAS emprendió estudios detallados en diferentes áreas de investigación (vulcanología, glaciología, evaluación de la amenaza, vigilancia sísmológica y geoquímica y procesamiento de imágenes de satélite). Los resultados de estos trabajos fueron la base para elaborar una versión actualizada del mapa de amenaza del CVNH (INGEOMINAS, 1997). Este mapa analiza los posibles escenarios, y realiza la zonificación respectiva para flujos de lavas, *lahares*, flujos piroclásticos, caída de piroclastos, sismos y gases volcánicos. Debido a la potencialidad de fusión, con la consecuente generación de *lahares*, en esta versión del mapa se señala al glaciar de la cima volcánica, como el mayor factor de amenaza. El nuevo análisis también incluyó la simulación de flujos piroclásticos por computador. La actividad sísmológica registrada y presencia de fuentes termales permiten considerar al CVNH como un sistema volcánico activo. Resultados de estos estudios han sido presentados en eventos y artículos científicos internacionales (i.e. Cepeda *et al.*, 1997; Raigosa & Pulgarín, 1997 y Pulgarín *et al.*, 1999).

Trabajos recientes de vulcanología han permitido un mayor conocimiento y caracterización de los rasgos composicionales, texturales, geoquímicos, y algunas dataciones de las lavas de este complejo; resultados parciales de estos estudios han sido presentados en algunas publicaciones (i.e. Correa *et al.*, 2000, Pulgarín *et al.*, 2001). Se espera continuar este tipo de investigaciones, y poder establecer su evolución magmática. Igualmente se tiene amplia información sobre depósitos fragmentarios no consolidados, y su relación con los sistemas morfogénicos de alta montaña, su clasificación y caracterización (Pulgarín & Correa, 2001). La investigación realizada por Pulgarín (2000) sobre la avalancha de escombros del CVNH y sus depósitos asociados, originada por el colapso del flanco S del complejo en el Pleistoceno Tardío, ha permitido esclarecer un importante episodio de la historia de este volcán. Al igual que en los trabajos anteriores, resultados de esta investigación han sido publicados en diversos artículos y memorias de eventos nacionales e internacionales (i.e. Pulgarín, 2001 y Pulgarín, 2001a).

## 1.1 Vigilancia volcánica

Si bien en el volcán Nevado del Huila se habían realizado algunos muestreos sísmológicos, el primer sismógrafo telemetrado se instaló en el año 1989 (estación *Huila-1*), en Los Alpes de Telecom, 11 km al W del volcán, y cuya señal se registró en INGEOMINAS - Cali. En septiembre de 1990, el reporte de explosiones en los municipios caucanos de Inzá y Páez atribuidos al volcán, hicieron necesario adelantar un nuevo muestreo sísmológico, el cual evidenció un nivel de actividad sísmica que ameritaba un seguimiento permanente. Debido a las características y ubicación de la estación *Huila-1*, que no permitía una buena detección de la actividad volcánica, ésta fue reubicada sobre el flanco NW, a 2.5 km del Pico Central en el sitio denominado *Corazón*, iniciando con ella el registro sísmico telemétrico en la ciudad de Popayán. Debido al registro continuo de señales volcánicas, en febrero de 1994 se instaló la estación, *Nevada*, 2.5 km al SW del Pico Central. En febrero de 1996 se instaló la estación *Verdún*, 3 km al N del Pico Central, obteniéndose localizaciones epicentrales de sismos volcano-tectónicos (VT). Finalmente, en septiembre de 1999 se mejoró el cubrimiento de la red en su extremo sur con la instalación de una cuarta estación, *Cerro Negro*, 5 km al sur del Pico Central (Figura 1, Tabla 1).

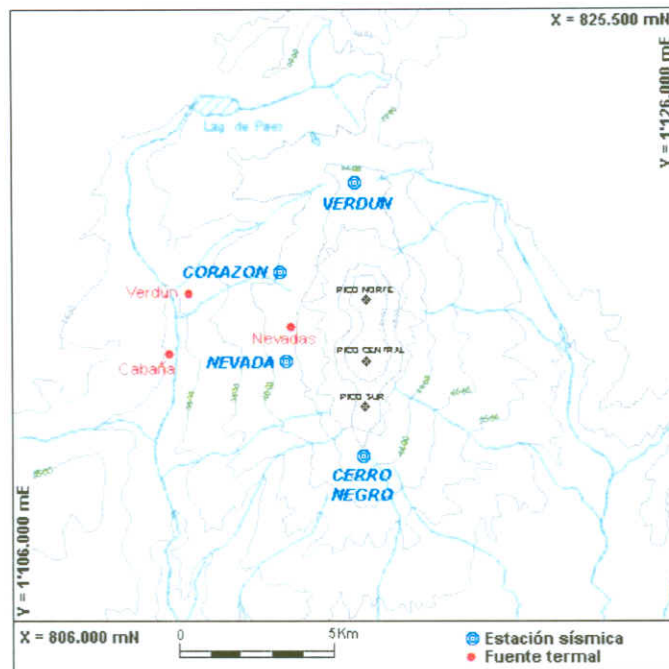


Figura 1. Red de vigilancia del número de eventos volcán Nevado del Huila

Tabla 1. Evolución de la red sísmica de los Volcanes Huila, Puracé y Sotará

ESTACION	89	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	02
<b>Nevado del Huila</b>														
Huila-1														
Corazón														
Nevada														
Verdún														
Cerro Negro														
<b>Puracé</b>														
Puracé (OSSO)														
Curiquinga														
Chagartón														
San Rafael														
Machangará														
Shaka														
La Mina														
Cóndor														
Arenal														
<b>Sotará</b>														
Sotará														
Cerro Negro														

La operación de la red sísmológica a lo largo de estos años, ha permitido conocer el estado de actividad sísmica en el VNH mediante el seguimiento de parámetros como energía liberada diaria y fuentes de sismos volcano-tectónicos. Para la sísmicidad de largo periodo (LP) se ha establecido un promedio de 3.5 eventos / día y  $2.1 \times 10^6$  ergios de energía liberada diaria y para los sismos VT unos valores medios de 2.3 eventos / día y  $1.4 \times 10^6$  ergios (Figura 2).



Figura 2. Energía liberada diaria y número de eventos ,en el volcán Nevado del Huila, 1992-2002

La actividad de largo periodo ha sido continua, destacándose algunos eventos muy energéticos registrados posterior al sismo de Páez, que elevaron la energía liberada diaria a  $1.52 \times 10^8$  ergios (Figura 2), también se han registrado eventos tipo “*tornillo*” con duraciones de hasta 75 segundos.

La actividad volcano-tectónica epicentralmente se distribuye a lo largo del edificio volcánico, con una marcada tendencia SW-NE, con sismos profundos al SW y NE, y sismos superficiales bajo el edificio volcánico (Figura 3).

Durante el tiempo de vigilancia se han registrado enjambres de sismos volcano-tectónicos (Figura 3), destacando los ocurridos entre el 20 y 26 de diciembre de 1997, con 108 sismos de magnitudes de coda inferiores a 2.2, localizados al NE del Pico Central y a profundidades entre 6.3 y 10.5 km, la energía sísmica liberada por este enjambre ( $1.21 \times 10^8$  ergios), representa el valor máximo desde el inicio de su vigilancia. Entre el 15 y 18 de febrero de 2000 se registró un enjambre de 61 eventos, localizados en el sector E del edificio volcánico, con profundidades menores de 5 km y magnitudes de coda inferiores a 1.5, exceptuando un evento de magnitud 3.3 sentido en Belalcázar. El 24 de mayo de 2000 entre las 09:20 y 11:00 a.m., ocurrieron 76 sismos localizados al N de la estación *Cerro Negro*, en cercanías del Pico Sur, con profundidades entre 2 y 3 km y magnitudes de coda inferiores a 2.5. Entre el 2 y 4 de febrero de 2001 se presentó otro enjambre de 30 sismos localizados a 9 km al N del Pico Norte, con profundidades de 3 a 7 km. También se destaca la ocurrencia de sismos sentidos por pobladores de la zona, como el sismo del 25 de abril de 1995, de magnitud 3.85, que se localizó al NE de las cabeceras municipales de Atá y Támara; posterior a este evento se registraron pulsos de tremor y sismos tipo “*tornillo*”; y el 20 de marzo de 1996, un evento de magnitud 3.1 causó deslizamientos y represamientos en el río Palo.

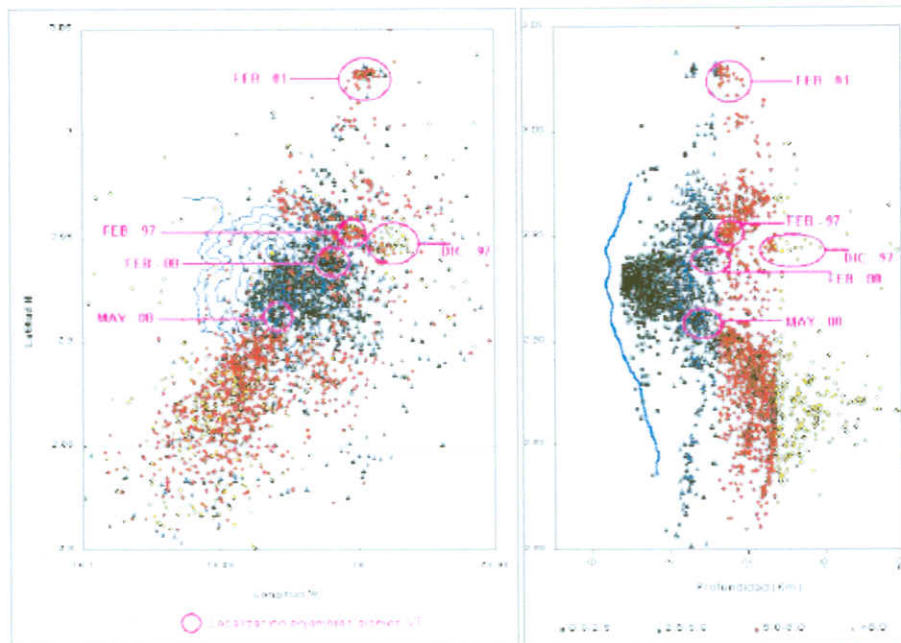


Figura 3. Localización de la actividad volcano-tectónica en el volcán Nevado del Huila

En la actualidad se ha observado un incremento en el registro de sismos de largo periodo, siendo el reporte del semestre enero-junio de 2002 el máximo alcanzado durante todo el monitoreo con 1196 eventos, pese a este número elevado, la energía se mantiene en niveles bajos comparados con la registrada en otros volcanes activos del país.

Adicional a la vigilancia sísmica, desde 1996 se realiza muestro geoquímico de las tres fuentes termales del VNH, *Verdún*, *La Cabaña* y *Nevada* (Figura 1), el cual incluye medidas *in situ* de la temperatura y acidez de las aguas, y determinación en laboratorio de aniones y cationes. Durante el seguimiento de las fuentes termales no se han detectado cambios importantes en los parámetros evaluados. Garzón (1997) clasificó las aguas termales del VNH como aguas ácidas sulfatadas (*Nevada*) y mezcla de aguas cloruradas y sulfatadas (*Verdún* y *La Cabaña*).

## 2. CADENA VOLCÁNICA DE LOS COCONUCOS - VOLCÁN PURACÉ

La Cadena Volcánica de Los Coconucos (CVLC), en la Cordillera Central, al SE de Popayán, es un conjunto de 15 centros eruptivos alineados en dirección N39°W y con evidencias de actividad post-glaciár. En el extremo NW de esta cadena volcánica se localiza el volcán Puracé y en el extremo SE el Pan de Azúcar. En general se ha establecido que las lavas de la CVLC son andesitas de dos piroxenos, con un contenido de K<sub>2</sub>O medio a alto, pertenecientes a la serie calcoalcalina de margen continental activa. De todos los centros eruptivos de esta cadena volcánica, el volcán Puracé presenta predominio de materiales piroclásticos.

Los estudios sobre la CVLC realizados en estos diez años, han hecho énfasis en la descripción geológica de los 15 centros eruptivos que la componen, así como en la presentación de datos