

SISTEMA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES DE COLOMBIA

**CONFERENCIA INTERAMERICANA
SOBRE REDUCCIÓN DE LOS DESASTRES NATURALES**
CARTAGENA DE INDIAS, COLOMBIA
MARZO 21-24, 1994

***Redes de Vigilancia Sísmica y Volcánica de
INGEOMINAS en Colombia***

Fernando Muñoz Carmona *
Julián Escalón Silva **
Marzo 1994

* Subdirector de Geofísica
Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química - INGEOMINAS
** Coordinador del Programa de Ocurrencia y Pronóstico de Sismos
y Erupciones Volcánicas - INGEOMINAS

Seismological and Volcanological Monitoring Networks from INGEOMINAS in Colombia

By Fernando Muñoz Carmona () and Julián Escallón Silva (**)*

ABSTRACT

Colombia has increased dramatically its capability of seismic and volcanic monitoring during the last few years. The present wide coverage of the seismological and volcanological monitoring networks of Colombia allows permanent monitoring of earthquakes and volcanic eruptions.

The National Seismological Network has 14 remote stations and one master station, which use the latest technology and permit early awareness of seismic phenomena to inform entities in charge of rescue tasks and emergency handling. Upon continuous event detection, a reliable database is made, which will have an important role in seismic hazard assessments in the country.

The Accelerograph Network of INGEOMINAS is being deployed in linear arrays in order to record accelerations produced by earthquakes in several sites of the Andean mountains. Measured accelerations will become valuable parameters to estimate the effects of potentially damaging earthquakes over civil works in communities.

Centers of Volcanic observation have been installed in Manizales, Pasto and Popayán. Such observatories, by using seismology, deformation measurement, Geological and Geochemical studies, and other activities such as detection of explosions and mud flows, have allowed a better understanding of our active volcanoes, and thus, a better mitigation of possible effects in each eruptive episode.

Thanks to the support of the Colombian Government and international organizations, the seismic and volcanic monitoring networks have become important tools for the National System for Disaster Prevention and Attention, while producing valuable information in emergency situations.

() Geophysics Subdirector - INGEOMINAS*

*(**) Coordinator of the Monitoring and Forecasting of Earthquakes and Volcanic Eruptions Program - INGEOMINAS*

Redes de Vigilancia Sísmica y Volcánica de Ingeominas en Colombia

Por Fernando Muñoz Carmona () y Julián Escallón Silva (**)*

RESUMEN

Colombia ha incrementado de manera dramática su capacidad para vigilar la ocurrencia de sismos y erupciones volcánicas en los últimos años. El amplio cubrimiento de las redes de vigilancia sísmica y volcánica en Colombia permite una vigilancia permanente de la ocurrencia de estos fenómenos naturales

La Red Sismológica Nacional cuenta con 14 estaciones, las cuales, usando una avanzada tecnología, permiten dar una alerta temprana a los organismos de socorro. Con la detección de eventos se consolida una base de datos que se constituye en el fundamento para la estimación de amenaza sísmica en el país.

La Red de Acelerógrafos de INGEOMINAS se ha dispuesto en arreglos lineales para registrar las aceleraciones producidas por sismos en diferentes sitios de la zona andina. Las aceleraciones medidas serán índices invaluable para la estimación de efectos de potenciales terremotos sobre las obras civiles de las comunidades.

Se han constituido centros de observación vulcanológica en Manizales, Pasto y Popayán. Dichos observatorios, mediante el estudio de la sismología, de la deformación, de la Geología y la Geoquímica, y el desarrollo de otras actividades como la detección de explosiones y de flujos de lodos, han permitido un mejor conocimiento de nuestros volcanes activos y por ende, una mejor mitigación de los posibles efectos en caso de erupción.

Mediante el apoyo del gobierno colombiano y de organismos internacionales, las redes de vigilancia sísmica y volcánica se han constituido en importantes herramientas para el Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres, al producir información primaria valiosa en momentos de emergencia.

() Subdirector de Geofísica - INGEOMINAS*

*(**) Coordinador del Programa de Ocurrencia y Pronóstico de Sismos y Erupciones Volcánicas - INGEOMINAS*

Introducción

Si bien Colombia a lo largo de su historia ha sido un territorio continuamente afectado por fenómenos de carácter geológico, entre los que se pueden citar los sismos y las erupciones volcánicas, solo después de un inmenso desastre como fue la erupción del volcán Nevado del Ruiz del 13 de noviembre de 1985 (considerado el peor desastre histórico a nivel mundial asociado con flujo de lodo, o el segundo peor desastre volcánico de este siglo Voight, 1988), el país entra en un proceso ordenado de instalación de equipos para el seguimiento y observación de los fenómenos arriba mencionados. Aunque en 1922 se había instalado el primer sismógrafo en el país y en la década de los años cuarenta el padre Jesús Emilio Ramírez había sentado las bases en el Instituto Geofísico de los Andes Colombianos (Sarria, 1987b), es la erupción del Volcán Nevado del Ruíz, la que alejó al Gobierno Colombiano de su "tradicional apatía" (Sarria, 1987a) por los temas relacionados con la investigación de las amenazas geológicas y la instrumentación para el estudio de la mismas.

Breve Reseña Histórica

Aunque en tiempo reciente se habían presentado eventos sísmicos importantes como los de Caldas y Tumaco (1979), Cúcuta (1981) y Popayán (1983), las redes de seguimiento u observación tenían un carácter temporal y hacían parte generalmente de proyectos de investigación de universidades, centros de investigación extranjeros, o de proyectos de asistencia técnica como los estudios de microsismicidad en zonas de proyectos hidroeléctricos. La única institución que en el país hacía labores rutinarias de detección era el Instituto Geofísico de los Andes. Sin embargo, por las limitaciones económicas y por el número y características de las estaciones, no era posible una confiable localización de eventos (Sarria, 1987a) en el territorio colombiano.

Se puede decir que la primera red sísmica del país con carácter permanente y con elementos de nueva generación (tecnología de los años ochentas) fue la conformada por cuatro sismógrafos portables (propiedad de Interconexión Eléctrica ISA) e instalados por el Ingeominas (Nieto y otros, 1990) en las estribaciones del Volcán Nevado del Ruiz a mediados de Julio de 1985. Esta red que tenía como objeto primordial determinar el grado de actividad del volcán, fue reforzada con la introducción y aplicación de otros métodos de Investigación y vigilancia. Así se materializaron las bases para la medición de deformación, se instalaron detectores de flujos de lodo, se adquirieron sensores para la determinación de composición de la columnas de gases volcánicos y se estableció el reconocimiento aéreo rutinario que posteriormente sería extendido a otros volcanes del país.

En 1986, gracias al interés de los doctores Alberto Sarria, John Sheperd y de entidades como la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (ACDI) e INGEOMINAS se presentó al gobierno, a través de la Oficina de Planeación Nacional, el documento definitivo del "Proyecto para el Establecimiento de las Redes Sísmicas de Acelerografos y la Vigilancia de los Volcanes en el País". Este proyecto tuvo sus orígenes en 1984 (Zambrano y otros, 1986) y presentaba dos sistemas integrados. uno constituido por un serie de estaciones

simológicas y otro por un grupo de acelerógrafos (Sarria, 1987b). Con respecto a estos últimos cabe resaltar que sólo hasta 1969 se registró el primer acelerograma en nuestro país y que de los pocos instrumentos instalados en algunos proyectos hidroeléctricos durante la década 1970 - 1980, unos veinticinco por esta época, varios de ellos se encontraban fuera de servicio por falta de repuestos (Sarria, 1987b).

También hacia finales de la década pasada, la Universidad del valle con la colaboración del Cuerpo Suizo de Socorro, se inició la observación sísmológica detallada del Suroccidente Colombiano y se consolidó el Observatorio Sísmológico del Suroccidente Colombiano (OSSO) (Mejía y otros, 1993).

En febrero de 1989 el Galeras dió indicios de reactivación, lo que motivó la instalación de tres estaciones sísmicas en sus inmediaciones (Cepeda y otros, 1989), la implementación de líneas de nivelación e instalación de instrumentos para la determinación de deformaciones, y para la identificación de la composición de la estructura volcánica. Al mismo tiempo, y gracias al apoyo del U.S.G.S., se implanta por primera vez en el país un sistema de detección y procesamiento de información en tiempo real.

En marzo de 1990 se firmó entre INGEOMINAS y la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) un convenio que permite, entre otras, adquirir el equipo para realizar detección y procesamiento de información en tiempo real para las señales sísmicas generadas en inmediaciones del Volcán Nevado del Ruiz.

En Octubre de 1992 se inició el proceso de instalación de las estaciones de la Red Sísmológica Nacional, con la participación de la empresa de Telecomunicaciones de Colombia, TELECOM y de personal colombiano entrenado en Canadá desde 1988. En Abril de 1993 se recibían señales que permitían un procesamiento preliminar, y para Diciembre del mismo año, se habían instalado trece de las catorce estaciones previstas para la fase I del proyecto. Igualmente, en 1993 y gracias a la contribución de los gobiernos municipales de diferentes regionales del país se llevó a cabo la instalación de 13 acelerógrafos de la Red Nacional de Acelerógrafos que se preveían instalar en el año en mención. Vale la pena destacar que estos fueron adquiridos a través de la Dirección Nacional para la Prevención y Atención de Desastres (DNPAD) y con contribución de Naciones Unidas. En la actualidad se está coordinando la instalación de 18 más, adquiridos de la misma forma

Durante 1993, también se consolidó el Centro de Observación Vulcanológica de Popayán, que empezó a operar seis estaciones sísmicas telemetradas en las inmediaciones de los volcanes de la Cadena de los Coconucos y Huila

La Investigación Sísmica y Volcánica dentro del INGEOMINAS

La vigilancia de la actividad sísmica y volcánica del territorio se realiza bajo el Programa de Ocurrencia y Pronóstico de Sismos y Erupciones Volcánicas. En este Programa trabajan coordinadamente la Red Sismológica Nacional, la Red de Acelerógrafos y los Centros de Observación Vulcanológica y Sismológica

Red Sismológica Nacional de Colombia (R.S.N.C.)

La R.S.N.C. tiene por objeto registrar de manera sistemática los movimientos del suelo originados por fenómenos tectónicos o inducidos por actividad volcánica en el territorio nacional. Al mismo tiempo procesa la información recibida y opera un sistema de alerta temprana sobre la ocurrencia de eventos sísmicos dirigido a la Dirección Nacional de Prevención y Atención de Desastres y a la comunidad en general. La información recopilada es almacenada y procesada, de manera que se constituye una base de datos que será el fundamento de los futuros estudios de amenaza sísmica en el país.

La R.S.N.C. tiene en la actualidad un total de 14 estaciones remotas distribuidas en el territorio colombiano. El proyecto se ha configurado en dos etapas en orden de prioridades. La primera etapa está completamente instalada y en operación. Los sitios pueden verse en la figura 1; en la tabla 1 se especifica la información relevante de las estaciones. La distribución de la primera etapa permite tener un cubrimiento de la zona de Colombia con mayores índices de actividad sísmica; para la segunda etapa, se considera ampliar la cobertura de la Red a otros sitios también importantes, pero de menor actividad. Las ubicaciones propuestas pueden verse también en la figura 1 y en la tabla 2.

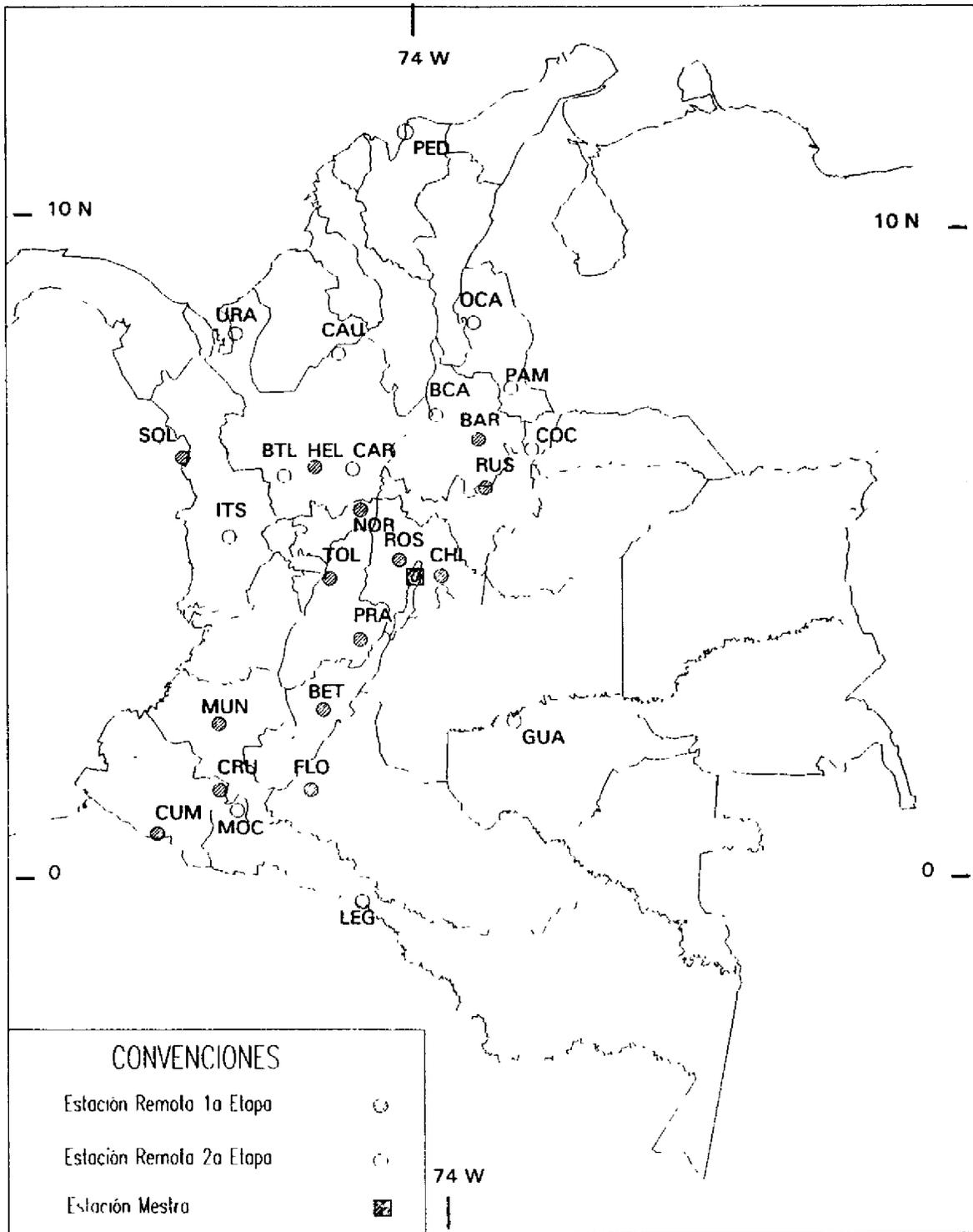


Figura 1 - Proyecto Red Sismológica Nacional, Etapas I y II.

Tabla 1 - Estaciones del Proyecto RSNC. Etapa I

CODIGO	Número	Nombre del Sitio	Departamento	Latitud (Grados N.)	Longitud (Grados W.)
ROS	1	El Rosal	Cundinamarca	4.86	74.33
CHI	2	Chungaza	Cundinamarca	4.63	73.73
BAR	3	Barichara	Santander	6.64	73.18
RUS	4	La Rusia	Boyacá	5.93	73.08
PRA	5	Prado	Tolima	3.70	74.90
TOL	6	Nev. Tolima	Tolima	4.59	75.34
CUM	7	Cumbal	Nariño	0.86	77.84
FLO	8	Florencia	Caquetá	1.51	75.63
HEL	9	Santa Helena	Antioquia	6.23	75.55
NOR	10	Norcasia	Caldas	5.60	74.89
BET	11	Betania	Huila	2.68	75.44
CRU	12	La Cruz	Nariño	1.50	76.95
MUN	13	Munchique	Cauca	2.47	76.96
SOL	14	Bahía Solano	Chocó	6.37	77.46

Tabla 2 - Estaciones del Proyecto RSNC. Etapa II

CODIGO	Número	Nombre del Sitio	Departamento	Latitud (Grados N.)	Longitud (Grados W.)
CAU	15	Caucasia	Antioquia	7.90	75.20
URA	16	Urabá - Turbo	Antioquia	8.20	76.70
PAM	17	Pamplona	N Santander	7.40	72.70
BTL	18	Betulia	Antioquia	6.10	76.00
OCA	19	Ocaña	N Santander	8.20	73.40
BCA	20	B/bermeja	Santander	7.00	73.80
CAR	21	San Carlos	Antioquia	6.20	75.00
COC	22	Cocuy	Boyacá	6.50	72.40
MOC	23	Mocoa	Putumayo	1.20	76.70
ITS	24	Itmina	Chocó	5.20	76.80
PED	25	San Pedro de la Sierra	Magdalena	10.91	74.05
GUA	26	San José del Guaviare	Guaviare	2.60	72.68
LEG	27	Puerto Leguizamo	Putumayo	0.12 (Sur)	74.85

El sistema está constituido por dos partes principales. Las **estaciones remotas**, donde se originan y transmiten los datos sísmicos y la **estación maestra**, en donde se reciben y procesan

Las estaciones remotas están localizadas en zonas alejadas de asentamientos humanos, con unas características de suelo que garantizan la correcta recepción de movimientos de la

Tierra. En la **estación remota** se encuentra el sensor primario o sismómetro, un sistema de digitalización de señales y finalmente los equipos de transmisión digital vía satélite. Todos estos equipos están apoyados por un sistema de suministro de energía por vía comercial y por un banco de baterías. En la actualidad, las comunicaciones se realizan a través del sistema de satélites Intelsat VI del cual es signatario la Compañía de Telecomunicaciones de Colombia TELECOM.

La Estación Maestra está ubicada en Bogotá, en la sede central de INGEOMINAS. Esta consta de un sistema de recepción satelital de 24 canales, el computador de administración de comunicaciones; el conjunto de demodulación de señales; las unidades de adquisición de datos (computadores 386 en paralelo); los sistemas de almacenamiento de datos sísmicos (disco duro y cintas digitales); el sistema de estampa temporal, el cual coloca de manera precisa el tiempo de llegada de cada muestra; las impresoras gráficas de producción de sismogramas; el sistema de verificación de estado general de salud del sistema remoto y las unidades de procesamiento de datos con sus aplicaciones de localización y asignación de magnitudes. Además se cuenta con un sofisticado sistema de base de datos relacional de gran flexibilidad y capacidad. El esquema del funcionamiento Estación Remota - Estación Maestra puede verse en la figura 2.

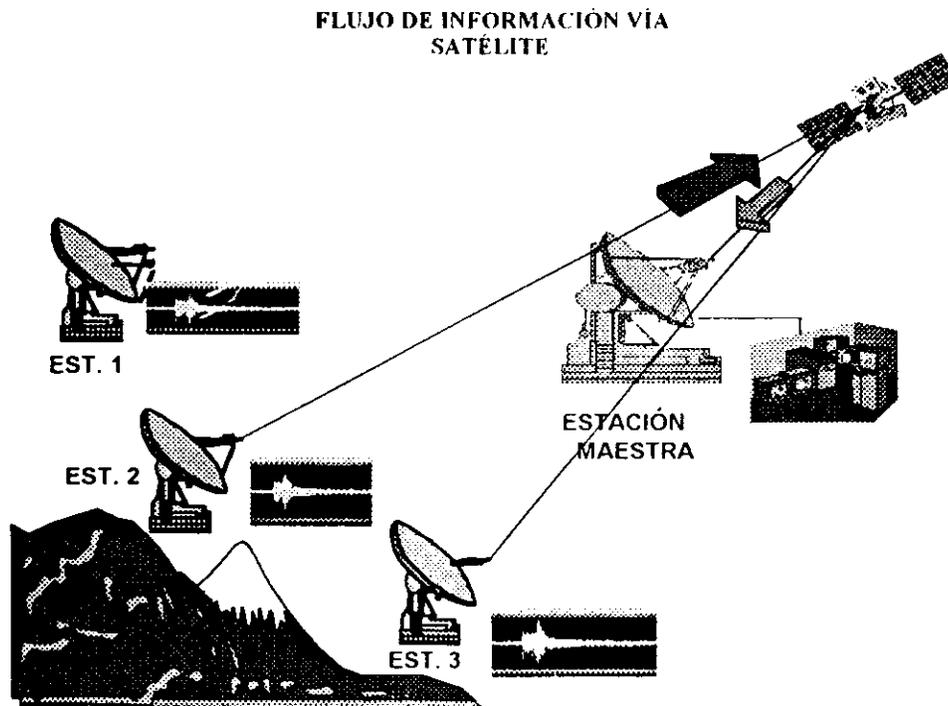


Figura 2 - Esquema de funcionamiento de las estaciones remotas y la estación maestra

Red Nacional de Acelerógrafos

Para la recepción de datos de movimientos fuertes del terreno se está instalando una red de acelerógrafos, adquiridos a través de la Dirección Nacional de Prevención y Atención de

Desastres con recursos del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Se espera que para el final de 1994 están en funcionamiento 33 instrumentos.

El propósito fundamental de esta configuración, es el de estudiar la atenuación de las ondas sísmicas a través del Sistema Andino. Como es bien sabido el fallamiento de las cordilleras colombianas, tiene en términos generales, una orientación Norte-Sur. Por lo tanto es de gran interés el estudio de la atenuación sísmica en la dirección Este-Oeste, considerando que ésta es una ruta probable de la energía sísmica generada por fuentes como las de la zona de subducción en el Pacífico Colombiano.

Los lugares que fueron seleccionados para ubicación de acelerógrafos se pueden apreciar en la tabla 3 y figura 3

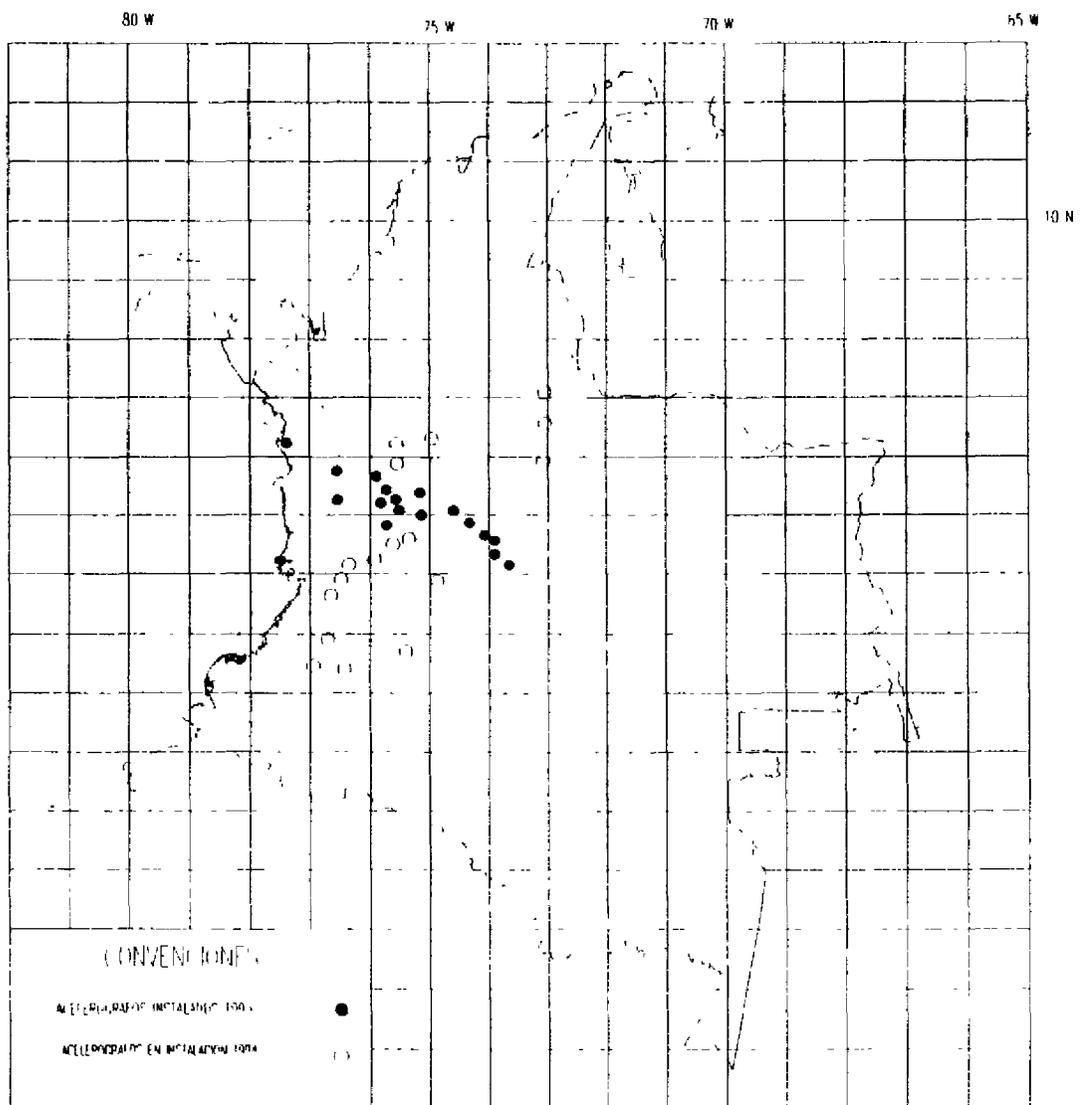


Figura 3. - Red Nacional de Acelerógrafos

TABLA 3 - Estaciones del Proyecto Red Nacional de Acelerógrafos

Nº	Municipio	Departamento	Latitud (Grados N.)	Longitud (Grados W.)
1	Bahia Solano	Chocó	6.23	77.39
2	Tadó	Chocó	5.25	76.55
3	Quibdó (Tutunendo)	Chocó	5.75	76.55
4	Andes	Antioquia	5.66	75.89
5	Pereira	Viejo Caldas	4.86	75.66
6	Riosucio	Viejo Caldas	5.41	75.73
7	Anserma	Viejo Caldas	5.20	75.82
8	Filadelfia	Viejo Caldas	5.26	75.57
9	Pensilvania	Viejo Caldas	5.38	75.16
10	Norcasia (Miel I)	Viejo Caldas	5.65	74.80
11	Villahermosa	Tolima	5.00	75.14
12	Guaduas	Cundinamarca	5.07	74.60
13	El Rosal	Cundinamarca	4.86	74.37
14	S.F. Bogotá	Cundinamarca	4.70	74.00
15	Chingaza (EAAB)	Cundinamarca	4.60	73.29
16	Quetame	Cundinamarca	4.30	73.90
17	Villavicencio	Meta	4.10	73.70

Redes de Observación Vulcanológica en Colombia

Ingeominas ha establecido tres centros de observación vulcanológica los cuales funcionan como órganos de observación de los diversos volcanes de Colombia

Centro de Observación Vulcanológica y Sismológica de Manizales

En la zona de influencia del Parque Nacional Natural de los Nevados se tienen instrumentos que combinan varias modalidades de detección de fenómenos índices de la actividad de los volcanes

Se cuenta con ocho sismógrafos que transmiten señal telemétrica vía UHF desde los diferentes sitios remotos hacia Manizales, en donde se registra analógicamente en tambores helicoidales y en un sistema digital computarizado.

Adicionalmente, se hacen estudios de deformación mediante el uso de inclinómetros electrónicos y de nivelaciones de alta precisión. Mediciones periódicas, de deformación permiten conocer de manera clara si se presentan cambios de volumen debido a fluidos ascendentes o a emisiones de algún tipo de material.

De manera complementaria se hacen estudios de geoquímica usando instrumentos tales como medidores de PH y de temperatura, los muestradores de gases (cajas japonesas), espectrógrafos de gases (COSPEC) y cromatografía de gases. Por último, para dar alerta en caso de flujos de lodos producidos por deshielos, se operan los monitores de flujos de lodos.

La figura 4 muestra la distribución de la instrumentación dedicada a la inclinometría y la geoquímica en el Nevado del Ruiz.

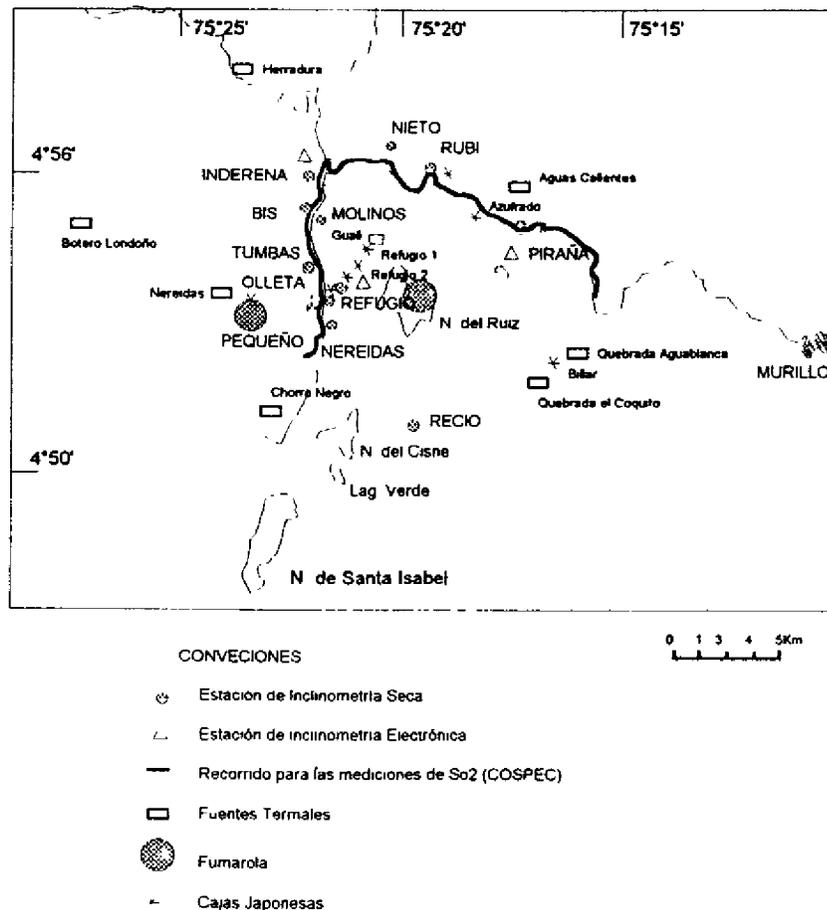


Figura 4 - Centro de Observación Vulcanológica y Sismológica de Manizales. Estaciones de Inclinometría, Segmentos recorrido COSPEC, Estaciones de Muestreo Geoquímico.

INGEOMINAS realiza además vigilancia en otros volcanes del Parque Natural de los Nevados, tales como el volcán Cerro Bravo, el Nevado Santa Isabel, el Nevado del Cisne, el Nevado del Quindío, el Nevado del Tolima y el Volcán Machín. En todos estos sitios se dispone de sismógrafos con conexión telemétrica a Manizales. Las estaciones sismológicas, incluidas las del volcán Nevado del Ruiz, pueden verse en la figura 5.

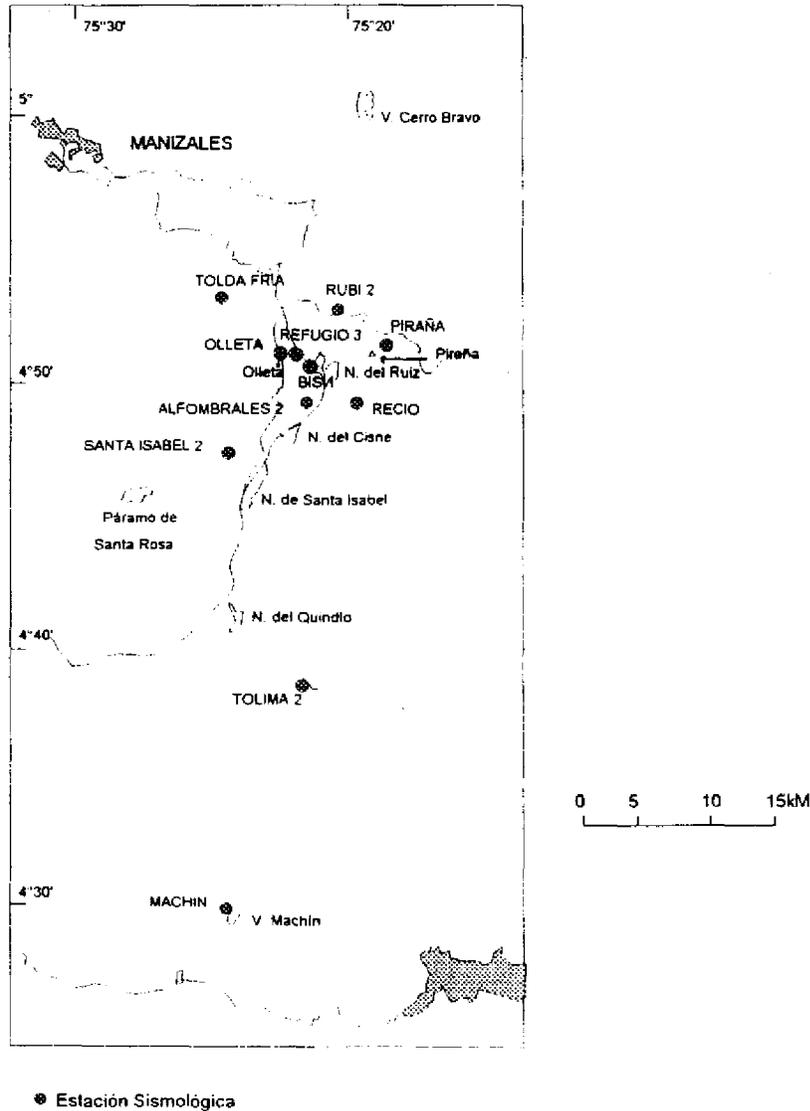


Figura 5 - Centro de Observación Vulcanológica y Sismológica de Manizales. Estaciones del Complejo Volcánico Ruiz - Machín - Cerro Bravo

Centro de Observación Vulcanológica y Sismológica de Pasto

En la capital nariñense se ha constituido el Centro de Observación Vulcanológica y Sismológica de Pasto, el cual tiene como objetivo fundamental la vigilancia del Volcán Galeras, situado a pocos kilómetros de la ciudad.

La instrumentación instalada permite conocer cambios en el comportamiento del volcán de manera inmediata, gracias a la comunicación en tiempo real con el observatorio.

En el volcán Galeras se ha instalado una red de sismógrafos que transmiten la información de movimientos del suelo hacia el Centro de Observación en Pasto via telemétrica. Después de ser recibidas, las señales analógicas son registradas en tambores helicoidales y en un sistema digital controlado por un computador de adquisición de datos.

Similarmente a lo realizado en el volcán del Ruiz, se hacen estudios de deformación del edificio volcánico, mediante el uso de complicados instrumentos electrónicos para medición en el sitio o vía telemétrica. En el volcán Galeras se cuenta además con una red de deformación compuesta de varios inclinómetros electrónicos y un vector corto de nivelación, donde se hacen mediciones periódicas de precisión para determinar posibles cambios de nivel

La observación de la composición geoquímica se hace de manera similar a lo hecho en el Centro de Observación Vulcanológica y Sismológica de Manizales, ésto es, con espectrógrafos, muestradores y cromatógrafos de gases.

Recientemente se ha instalado un microbarógrafo, con el auspicio del gobierno ruso, con el cual es posible detectar explosiones en la zona del cráter. El rango dinámico de un sismómetro muchas veces no permite registrar las explosiones ocurridas asociadas a un proceso eruptivo, por tanto, este instrumento se convierte en un complemento ideal para los sismógrafos

La instrumentación completa para el Volcán Galeras puede verse en la figura 6

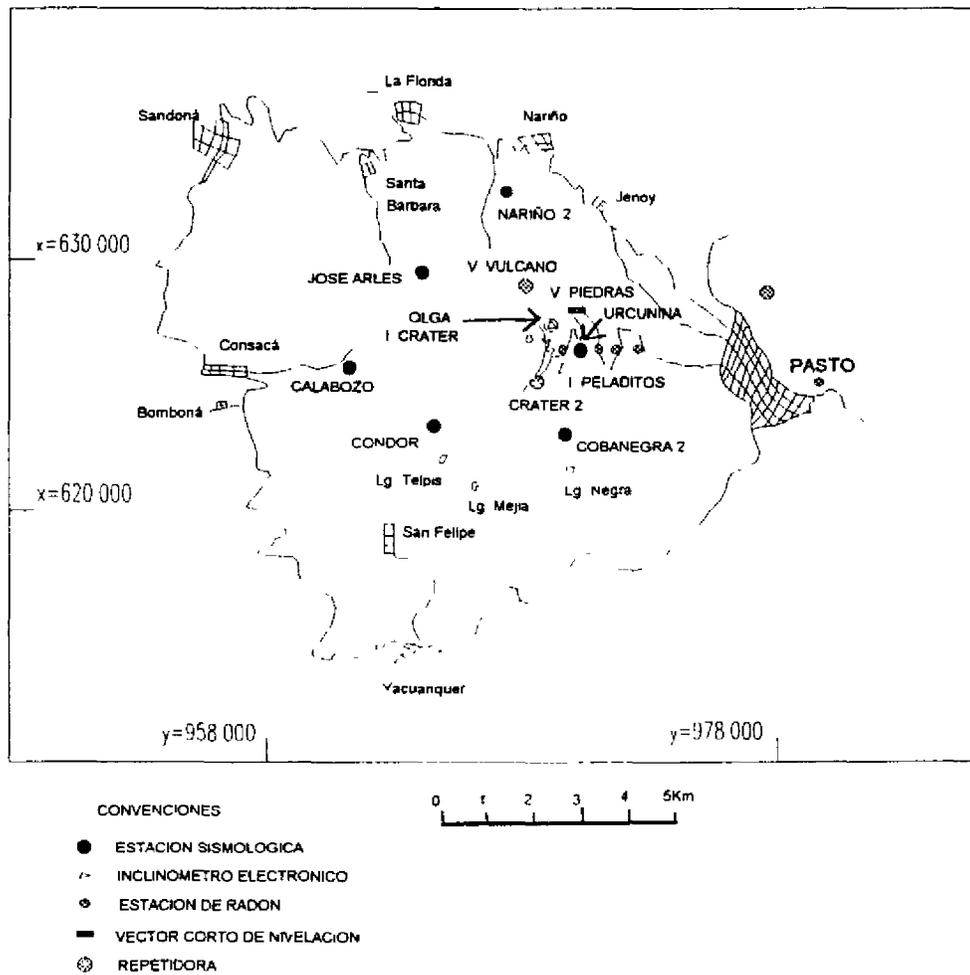


Figura 6 Centro de Observación Vulcanológica y Sismológica de Pasto. Instrumentación del Volcán Galeras

Centro de Observación Vulcanológica y Sismológica de Popayán

Ante la cercanía a la ciudad de Popayán de otros volcanes activos tales como el Huila y el Puracé-Coconucos, se ha constituido el Centro de Observación Vulcanológica y Sismológica de Popayán. Los equipos de sismógrafos instalados transmiten teleméricamente a Popayán vía UHF la información en tiempo real, donde es procesada de manera similar a lo realizado en los observatorios de Manizales y Pasto. La red de conexión de los datos de sismología puede observarse en la figura 7

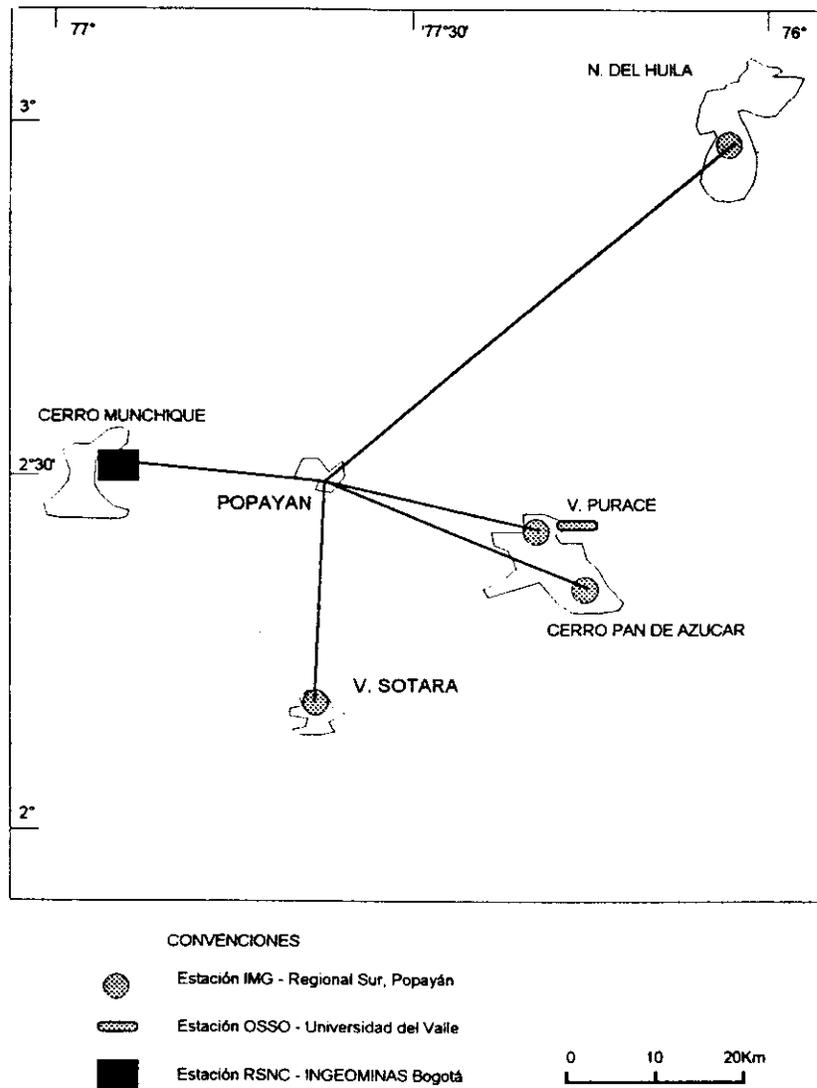


Figura 7 Red de Estaciones Sismológicas con enlace a la Regional Popayán

En el volcán Puracé se está operando una estación sismológica que envía datos de manera simultánea al observatorio en Popayán y al Observatorio Sismológico del Sur-occidente Colombiano (OSSO) con sede en la Universidad del Valle en Cali.

En el complejo Puracé-Coconucos igualmente se hace monitoreo geoquímico para controlar posibles manifestaciones de actividad fumarólica

En la tabla 4 se muestra un resumen del estado actual de vigilancia de los volcanes colombianos, especificando el tipo de instrumentación utilizada en cada uno de ellos.

Tabla 3 - Resumen de la instrumentación en los Volcanes Colombianos operados por INGEOMINAS

VOLCAN	RED SISMICA TELEMÉTRICA	RED DEFORMACION		GEOQUIMICA		OTROS
		CAMPO	TELEMÉTRICA	'OSPEC'	OTROS	
Cerro Bravo ¹		3				
Nevado del Ruiz ¹	9	25		SI		
N. Sta Isabel ¹	1	3			SI	
N. del Tolima ^{1,4}	1					
Machin ¹	1	8			SI	Geodesia
N. del Huila ²	2				SI	
Puracé - Los Coconucos ²	3					
Sotara ²	1				SI ¹	
Galeras ³	8	4	2	SI		Microbarografo
Doña Juana ⁴	1				Radon	
Cumbal ⁴	1					

- 1 INGEOMINAS - Centro de Observación Vulcanológica y Sismológica de Manizales
- 2 INGEOMINAS - Centro de Observación Vulcanológica y Sismológica de Popayán
- 3 INGEOMINAS - Centro de Observación Vulcanológica y Sismológica de Pasto
- 4 INGEOMINAS - Red Sismológica Nacional de Colombia

Integración y Complementación de la Información con otras Redes

El sistema de observación sísmica y volcánica de INGEOMINAS permite integración entre los diferentes observatorios y la información se complementa de manera dinámica. La Red Sismológica tiene un cubrimiento más global, y por lo tanto puede prestar ayuda efectiva en caso de la reactivación de algunos volcanes tales como el Cumbal, el doña Juana y el Tolima. Además se cuenta con una red de sismógrafos portátiles que pueden ser desplazados a diferentes sitios para cubrir una situación de emergencia cuando ocurra un sismo de características importantes o una crisis volcánica que requiera apoyo inmediato. En estas instancias, INGEOMINAS activa un dispositivo que permite desplazar una comisión al campo con instrumentos suficientes para captar la información adicional desplegada por las réplicas del evento o la actividad del volcán de interés.

Los observatorios sismológicos y vulcanológicos se encuentran a su vez enlazados mediante el correo electrónico. Este medio se utiliza además para intercambiar información con otros observatorios nacionales tales como el Observatorio Sismológico del Sur-occidente (OSSO), o internacionales como Venezuela, Ecuador, Panamá, Estados Unidos, Suiza, Francia, etc

La comunicación constante hace que los recursos técnicos sean utilizados de una manera óptima con beneficio del conocimiento de los fenómenos sísmicos y volcánicos del país, y de la comunidad en general

Conclusiones

Al hacer una revisión de la historia y de la infraestructura existente, es evidente el gran avance que ha experimentado el país en los últimos ocho años, que no solo ha permitido contar con una instrumentación adecuada para hacer vigilancia de los fenómenos sísmicos y volcánicos, sino, que debe constituirse en la base de la investigación futura que contribuya a la mitigación de desastres y a la convivencia armónica del ser humano con el entorno.

Las labores de prevención de los desastres naturales deben empezar con la observación del fenómeno mismo. Si no hay observación, no hay bases suficientes para sustentar acciones encaminadas a la mitigación de los efectos. Solo después de una observación continua por un periodo de tiempo prolongado, será posible hacer predicciones relativamente confiables de los fenómenos asociados a los sismos y las erupciones volcánicas.

Agradecimientos

Al personal del INGEOMINAS de la Red Sismológica Nacional y de las Unidades Operativas de Manizales, Popayán y Pasto por su trabajo y por la información que nos suministraron sin la cual este artículo no hubiera podido ser posible. Igualmente a la estudiante Isabel Cristina Gómez por su contribución en la elaboración de las gráficas.

Referencias Bibliográficas

CEPEDA, H., MUÑOZ, F., ACEVEDO, A., GIL, F., PULGARIN, B., NIETO, A., LONDOÑO, A., MEJIA, I., CALVACHE, M., MORA, H., CARVAJAL, C., y BANK, N., 1989 Reactivación del Volcán Galeras, Colombia, Suramérica Reporte Interno, INGEOMINAS

MEJIA, J., MEYER, H., MAYER ROSA, D., MARTINELLI, B., 1993 Cinco Años de Investigación Sismológica en el Suroccidente Colombiano (Resumen) VI Congreso Colombiano de Geología - Resúmenes - Medellín

NIETO, A., BRANDSDOTTIR, F., y MUÑOZ, F., 1990 Seismicity Associated with the Reactivation of Nevado del Ruiz, Colombia, July 1985 December 1986 Journal of Volcanology and Geothermal Research Vol 41 No 1-4 P 315-326

SARRIA, A , 1987a La Nueva Red Sismológica y de Vigilancia de los Volcanes de Colombia RSNC. Quinto Seminario Internacional sobre Ingeniería Sísmica Bogotá, Julio de 1987.

SARRIA, A., 1987b. Consideraciones Básicas para la Implementación de la Red Sismológica y de Vigilancia de los Volcanes de Colombia. Reporte Interno, INGEOMINAS.

VOIGHT, B , 1988 Countdown to Catastrophe, Earth and Mineral Sciences, Vol 57, No 2 The Pennsylvania State University, Pennsylvania

ZAMBRANO, F , SHEPHER, J , SARRIA, A., 1986 Proyecto para el Establecimiento de las Redes Sísmicas de Acelerógrafos y la Vigilancia de los Volcanes en el País. Reporte Interno, INGEOMINAS