

<i>NOMBRE</i>	<i>DESCRIPCION</i>	<i>DOMINIO</i>
IDENTIFICACION		
Información de la citación		
CITACION		
Nombre del responsable	Nombre de la organización	Instituto Colombiano de Geología y Minería, INGEOMINAS
Tipo de responsable	Autor Corporativo	Autor corporativo
Nombre del responsable		Grupo de Trabajo Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto;
Tipo de responsable	Autor intelectual. Si hay varios autores hay que escribirlo cada uno.	Grupo de Trabajo Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto;
Nombre del responsable		
Tipo de responsable	Procesador: persona encargada de recibir y organizar la información	Grupo de Trabajo Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto
Nombre del responsable		Diego Gómez – Patricia Ponce
Fecha	De publicación/disposición tres primeras letras del mes/año	Sep/2006
Título		Boletín Semestral de Actividad del Volcán Galeras. Enero a Junio de 2006.
Edición	Primera versión.- Actualización conjunto de datos la numeración va del 0.1 al 0.9	0.1
Serie		No aplica
<i>Identificador</i>	<i>En proceso de definición</i>	
Descripción	Breve descripción del conjunto de datos, se destacan los objetivos, metodologías y productos entregados	Presentación de resultados y análisis de datos obtenidos del monitoreo continuo a la actividad de Galeras, en áreas como: funcionamiento de estaciones, actividad sísmica, actividad superficial, muestreos geoquímicos, climatología y deformación. Se utilizan gráficas, tablas, esquemas, mapas y fotografías que ilustran el trabajo.
Uso/Información complementaria	Información básica sobre aplicaciones específicas donde el conjunto de datos ha sido o se está utilizando. Incluye opcionalmente lista de anexos, fuentes y documentos relacionados con el conjunto de datos.	
Programa-Proyecto		
Tipo de programa o proyecto	Cobertura macro y la capa a la cual pertenece el conjunto de datos según las estrategias institucionales.(Investigación, plan, programa, proyecto)	Proyecto
Nombre del programa/proyecto	Nombre del proyecto	Investigación y Monitoreo de la actividad Sísmica y Volcánica – G2-06
Nombre del programa/Proyecto	Nombre del proyecto	
Periodo de tiempo	Lapso de tiempo que corresponde a la información contenida en el conjunto de datos	Enero/2006 a Junio/2006
Dominio Espacial		
Extensión geográfica	Descripción del área geográfica.	Zona de influencia del Volcán Galeras.

<i>NOMBRE</i>	<i>DESCRIPCION</i>	<i>DOMINIO</i>
	Incluir el nombre del territorio que cubre el producto. Incluir área geográfica dada en km2.	
Coordenadas /limites		
Oeste		No aplica.
Este		No aplica.
Norte		No aplica.
Sur		No aplica.
Nivel de resolución	Escala	No aplica.
Descriptor de tema	Palabra o frase común que describe aspectos temáticos del conjunto de datos	Descriptor primarios: -Erupción -Actividad Sísmica -Número diario -Energía diaria -Frecuencia -Localizaciones -Deformación -Variación -Fisicoquímica -Emisiones -Actividad Superficial -Temperaturas -Estación climatológica -Cenizas
Descriptor de lugar	Nombre de lugares geográficos cubiertos por el conjunto de datos. Nombre de zonas, regiones, municipios	-Zona de influencia del Volcán Galeras -Cono activo -Municipios de la carretera Circunvalar a Galeras -Pasto
Código temático		Capas de información
Restricción de acceso	Limitaciones para el acceso del conjunto de datos incluye restricciones que aseguren protección de la privacidad o propiedad intelectual o limitaciones en la obtención del conjunto de datos.	Derechos de propiedad intelectual. Prohibida su reproducción total o parcial con fines comerciales. Incluye información básica para documentos e investigación
Muestra gráfica	Ilustración gráfica del conjunto de datos. Se especifica la dirección del computador, trayectoria, nombre y extensión del archivo.	Los datos se encuentran en el Servidor \CHAPACUAL\VIGILANCIA en el directorio: INFORMES\INFORMES_FINALES\VIGILANCIA\BOLSEMES\06
Calidad de los datos		
Informe general de calidad	Incluye conceptos sobre limitaciones, exactitud temática, contenido, normatividad	Se vigilan y monitorean diferentes manifestaciones de la actividad volcánica y sísmica en la zona de influencia del Volcán Galeras, para entendimiento de diferentes fenómenos internos que las producen y a un pronóstico de eventos eruptivos.
Distribución		
Distribuidor		

<i>NOMBRE</i>	<i>DESCRIPCION</i>	<i>DOMINIO</i>
Tipo de producto	Artículo, boletín, fotografía aérea, mapa, imagen satelital, informe técnico	Boletín
Proceso estandar de pedido		
Productos impresos	Identificación que tipo de producto impreso. Ej. mapa impreso a color	No aplica.
Forma digital		
Formato	Nombre, versión del formato Ejm: PDF.- Si no se encuentra en forma digital se escribe "No disponible"	El informe se encuentra en formato WORD 97
Opción de transferencia digital		
Dirección en línea	Dirección electrónica donde se puede obtener el conjunto de datos	No disponible
Medio digital/Ubicación	Opciones del medio digital en el cual puede ser entregado el conjunto de datos y su ubicación física. Disquete de 3-1/2; CD-ROM	CDROM
Contacto		
Organización	Nombre de la organización	Instituto Colombiano de Geología y Minería – INGEOMINAS. Subdirección de Geoinformación. Oficina de Atención al cliente.
Cargo/persona	Nombre e identificación del cargo o persona asociado al conjunto de datos	Asesores de Oficina de Servicio al Cliente
Sede		Bogotá
Dirección		Diag. 53 No. 34-53
Ciudad		Bogotá, D.C.
Departamento		Cundinamarca
País		Colombia
Teléfono		57-2221811/57-1-2220020
Fax		57-1-2220438
Correo electrónico		Cliente@ingominas.gov.co



**BOLETIN SEMESTRAL DE ACTIVIDAD DEL VOLCAN GALERAS
ENERO A JUNIO DE 2006**

Edición:

**GRUPO DE TRABAJO OBSERVATORIO VULCANOLOGICO
Y SISMOLOGICO PASTO**

San Juan de Pasto, septiembre de 2006

República de Colombia
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA
INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGIA Y MINERIA - INGEOMINAS

REPÚBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA
INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGIA Y MINERIA
INGEOMINAS

BOLETIN SEMESTRAL DE ACTIVIDAD DEL VOLCAN GALERAS
ENERO A JUNIO DE 2006

Edición:

GRUPO DE TRABAJO OBSERVATORIO VULCANOLOGICO
Y SISMOLOGICO PASTO

San Juan de Pasto, septiembre de 2006

2. VOLCAN GALERAS

CONTENIDO

RESUMEN	Pág.
INTRODUCCION	
2. VOLCAN GALERAS	
2.1. RED DE VIGILANCIA	
2.2. SISMOLOGÍA	
2.3. DEFORMACIÓN	
2.3.1. Vectores Cortos de Nivelación	
2.3.2. Inclínómetros Electrónicos	
2.4. FISICOQUÍMICA	
2.5. ACTIVIDAD SUPERFICIAL	
2.6. ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA	
2.7. DETALLES DE SEGUIMIENTO DEL CRECIMIENTO DEL DOMO DE LAVA	
2.8. CONCLUSIONES	
2.9. BIBLIOGRAFIA	
2.10. PERSONAL PARTICIPANTE	

TABLAS

Tabla 2.1	Coordenadas epicentrales y magnitud de los sismos VT del día 26 de febrero	Pág.
Tabla 2.2	Comparación de mediciones de SO ₂ con COSPEC y miniDOAS	
Tabla 2.3	Observaciones de la actividad superficial de Galeras. Primer semestre de 2006	
Tabla 2.4	Tabla comparativa de las tasas de crecimiento y promedio diario de los domos del Volcán Galeras, emplazados en 1991 y 2006.	

FIGURAS

		Pág.
Figura 2.1	Zona de influencia del Volcán Galeras y su red de monitoreo telemétrica y de toma directa de datos en campo, que funcionó durante el primer semestre de 2006. Estaciones sísmicas de corto período: 1: Anganoy, 2: Cráter, 3: Urcunina, 4: Cobanegra, 5: Obonuco, 6: Nariño, 7: Calabozo y 8: Cóndor. Estaciones sísmicas de banda ancha: b1: Cráter y b2: Cufiño. Estaciones de banda ancha en préstamo de la RSNC: 4: Cobanegra, 5: Obonuco, 6: Nariño, 8: Cóndor, 9: Parques y 10: Fontibón. Inclínómetros electrónicos: i1: Cráter, i2: Peladitos, i3: Huairatola, i4: Urcunina e i5: Calabozo. Las estaciones de Radón-222, la estación climatológica y el micrófono, se indican directamente sobre el mapa	
Figura 2.2	Histograma de funcionamiento y respectivos porcentajes de operación de las estaciones de corto período, estaciones de banda ancha (CR2V, CUFV, CUFA), estación climatológica (CRWV, CRWD, CRTM, CRHM, CRPL, CRPR) e inclínómetros electrónicos (I-PELA, I-HUAI, I-CRA2, I-URCU, I-CALA), para vigilancia de Galeras. Enero a junio de 2006	
Figura 2.3	Ocurrencia diaria y energía diaria de eventos VT. Enero a junio de 2006	
Figura 2.4	Distribución epicentral de sismos VT en el área de influencia de Galeras. Enero a junio de 2006	
Figura 2.5	Ocurrencia diaria y energía diaria de eventos LP. Enero a junio de 2006	
Figura 2.6	Sismograma digital en la estación de banda ancha Cufiño (1,9 km al E del cráter) del enjambre de sismos registrados en febrero 12 de 2006. En la parte inferior de la figura se presenta el correspondiente espectrograma de las señales	
Figura 2.7	Ocurrencia diaria y energía diaria de eventos Híbridos. Enero a junio de 2006	
Figura 2.8	Evento híbrido de enero 31 en la estación triaxial de banda ancha Cufiño (1,9 km E de Galeras)	
Figura 2.9	Espectro del evento híbrido de enero 31 de 2006 en varias estaciones sismológicas de Galeras	
Figura 2.10	Ocurrencia diaria y energía diaria de episodios de Tremor. Enero a junio de 2006	
Figura 2.11	Tremor de febrero 10 en la estación triaxial de banda ancha Cufiño (1,9 km E de Galeras).	
Figura 2.12	Espectro del tremor de febrero 10 de 2006 en varias estaciones sismológicas de Galeras	
Figura 2.13	Tremor de marzo 29 en la estación triaxial de banda ancha Cufiño (1,9 km E de Galeras).	
Figura 2.14	Espectro del tremor de marzo 29 de 2006 en varias estaciones sismológicas de Galeras	
Figura 2.15	Secuencia de la emisión de ceniza de junio 4 (07:28 LT) y sus señales sísmica e infrasonido	
Figura 2.16	Red de vigilancia en Deformación del Volcán Galeras. Inclínómetros electrónicos: 1: Cráter, 2: Peladitos, 3: Huairatola, 4: Urcunina, 5: Calabozo. Vectores de nivelación: 1: Puyito, 2: Lindero, 3: Chorrillo, 4: Chacaguaico, 5: Barranco, 6: Chiguaco, 7: Popeye, 8: Piedras, 9: La Mica, 10: La Y, 11: Inclínómetro, 12: Telecom, 13: La Quebrada, 14: Cobanegra.	
Figura 2.17	Vectores de nivelación Barranco, Lindero, Chacaguaico, Puyito y Chorrillo	
Figura 2.18	Vectores de nivelación Cobanegra, Telecom y La Y	
Figura 2.19	Vectores de nivelación La Mica, Inclínómetro y Piedras	
Figura 2.20	Vector de nivelación La Quebrada	
Figura 2.21	Comportamiento de las componentes de los inclínómetros electrónicos Cráter y Peladitos. Primer semestre de 2006	
Figura 2.22	Vectores resultantes de los inclínómetros electrónicos Cráter y Peladitos. Primer semestre de 2006	
Figura 2.23	Comportamiento de las componentes de los inclínómetros electrónicos Urcunina y Calabozo. Primer semestre de 2006	
Figura 2.24	Vectores resultantes de los inclínómetros electrónicos Urcunina y Calabozo. Primer semestre de 2006	
Figura 2.25	Emisiones de SO ₂ . Primer semestre de 2006	
Figura 2.26	Emisiones de Rn-222, en la Línea Norte. Primer semestre de 2006	
Figura 2.27	Emisiones de Rn-222, en la Línea Circunvalar. Primer semestre de 2006	
Figura 2.28	Emisiones de Rn-222, en el sector de las lavas fisurales de San Cayetano. Primer semestre	

de 2006

- Figura 2.29 Primera observación del domo de lava, dentro del cráter principal, enero/13/09:00 LT
- Figura 2.30 Fotografía del domo de lava y de la emisión de gases desde varios puntos del cono activo, nótese que el tamaño del domo es mayor que el observado en enero. Febrero/15/07:21 LT
- Figura 2.31 Emisión de gases en el domo de lava y en diversos puntos del cono. Marzo/03/07:07 LT
- Figura 2.32 Fotografía térmica del domo, las partes claras son zonas con temperaturas superiores a 30°C y las partes oscuras son zonas frías. Foto cortesía de La Policía Nacional. Marzo/30/14:59 LT
- Figura 2.33 Foto térmica del sector del Pinta, abril/11/10:29 LT. Cortesía Policía Nacional
- Figura 2.34 Domo de lava y emisión de gases desde la periferia. Mayo/11/07:04 LT
- Figura 2.35 Fotografía de una emisión de cenizas, tomada desde sobrevuelo. Junio/4/07:29 LT
- Figura 2.36 Fotografía del cráter principal, nótese el nuevo cráter Urcunina. Junio/12/17:43 LT
- Figura 2.37 Disminución marcada de la cantidad de gas emitido. Junio/24/07:57 LT
- Figura 2.38 Velocidad del viento en la cima. Enero a junio de 2006
- Figura 2.39 Dirección del viento en la cima. Enero a junio de 2006
- Figura 2.40 Temperatura ambiental en la cima. Enero a junio de 2006
- Figura 2.41 Precipitación en la cima. Enero a junio de 2006
- Figura 2.42 Presión atmosférica en la cima. Enero a junio de 2006
- Figura 2.43 Fotografía del domo de lava de Galeras (cuyo borde externo se resalta en negro), tomada durante el sobrevuelo realizado en marzo 3 de 2006 por personal del OVSP-INGEOMINAS, en el helicóptero Hughes de la Fuerza Aérea Colombiana
- Figura 2.44 Imagen de un modelo tridimensional del cono activo del volcán Galeras. La flecha a la derecha indica el norte geográfico y los puntos amarillos son puntos fumarólicos georeferenciados.
- Figura 2.45 Detalle de contornos del modelo tridimensional del cono activo del volcán Galeras, detallando el interior del cráter principal y el domo de lava (en color café), emplazado en el fondo del cráter principal, que se usó como base para el cálculo de volúmenes.

RESUMEN

La actividad volcánica de Galeras durante el primer semestre de 2006 estuvo marcada por el ascenso, emplazamiento y degasificación de un domo de lava en el cráter principal. Debido a las condiciones de clima en la región, el domo de lava fue observado por primera vez durante un sobrevuelo el 13 de enero de 2006; los últimos seguimientos aéreos se habían realizado a finales de diciembre de 2005.

Se presentaron adicionalmente dos enjambres de eventos sísmicos, ocurridos en febrero 12 y 26 de 2006. El primer enjambre fue de sismos de tipo LP y se asoció con mayor movimiento y degasificación del domo de lava. El segundo enjambre de sismos, ocurrido en febrero 26, fue de tipo VT y se asoció con una probable intrusión magmática nueva en profundidades cercanas a 4 km con relación a la altura de la cima de Galeras. Dos de estos eventos se reportaron sentidos en Pasto y poblados de la zona de influencia del volcán.

También fueron importantes los eventos tipo tremor, pues muchos de ellos se asociaron con señales de infrasonido registradas en una estación instalada en el sitio de la estación sísmica Calabozo (6,8 km W de Galeras) en el Municipio de Consacá; este tipo de sismicidad se correlacionó con columnas de emisión de gases y cenizas que fueron observadas desde Pasto y algunas poblaciones de la zona de influencia de Galeras.

El crecimiento del domo de lava andesítico fue establecido como lento, por la viscosidad del magma que caracteriza el sistema volcánico en Galeras, en comparación con otros tipos de domos de crecimiento rápido que se han observado en volcanes con construcciones de domo durante sus periodos de actividad. El seguimiento de los parámetros instrumentales y de la actividad superficial, permitió establecer que el periodo de mayor crecimiento del domo se registró entre los meses de enero a marzo de 2006, al final del cual, un modelamiento con base en la morfología del cráter principal, llevó a establecer un volumen de material cercano a los 3'000.000 m³. Se recuerda que el primer domo de lava documentado instrumentalmente en Galeras, se registró en 1991, al cual se le estimó un volumen cercano a los 400.000 m³.

Los sucesos acontecidos en el primer semestre de 2006, se enmarcan en el estado de actividad que el OVSP ha denominado dómico, caracterizado por la ocurrencia de sismos de fuente volumétrica o de dinámica de fluidos, sismos de fractura, deformación cortical, emisiones de gas en ocasiones acompañadas de ceniza, incandescencia y sonidos intensos.

Cambios en el desarrollo del proceso volcánico, conllevaron a que el INGEOMINAS estableciera en marzo 28 de 2006 el Nivel II en la actividad, el cual se mantuvo hasta el periodo de cierre de este boletín.

INTRODUCCION

Durante el primer semestre de 2006, el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto - INGEOMINAS, cumplió con su tarea institucional de monitoreo y vigilancia continua y en tiempo real de las diferentes manifestaciones de la actividad volcánica de Galeras, en el marco de su misión de vigilar los volcanes activos del país.

En este boletín de actividad volcánica, se consignan los resultados obtenidos con el monitoreo y seguimiento de la actividad de Galeras y la información del desempeño de los equipos utilizados. Es importante resaltar el apoyo y colaboración de Instituciones como La Fuerza Aérea Colombiana, La Policía Nacional de Colombia, La Escuela Politécnica Nacional – ESPONA de Ecuador y el United States Geological Survey - USGS de los Estados Unidos, a quienes INGEOMINAS expresa su agradecimiento.

Las estaciones de la red de vigilancia de Galeras tuvieron un desempeño satisfactorio durante este tiempo, a pesar de algunos inconvenientes, debidos a la actividad volcánica y a las condiciones climáticas reinantes en la cima. La declaratoria en marzo 28 de Nivel II de actividad (erupción probable en términos de días o semanas) modificó el funcionamiento normal de las actividades del personal del OVSP, intensificando los turnos, incluyendo las noches y restringiendo las salidas técnicas a campo.

Dependiendo de las condiciones atmosféricas, se continuó documentando la actividad superficial del volcán Galeras, con videos y fotografías digitales desde el aire, con el apoyo de la Fuerza Aérea Colombiana. La toma de videos y fotografías con cámara térmica fue posible gracias a la colaboración de la Policía Nacional de Colombia. Las medidas de concentración de SO₂ en el aire se tomaron con el COSPEC móvil facilitado a INGEOMINAS por parte de la ESPONA de Ecuador. La Red Sismológica Nacional de INGEOMINAS, apoyó con la instalación de una red de estaciones sísmicas portátiles de banda ancha.

Los datos y la información contenidos en este boletín son una guía de consulta básica o pueden servir como base para el desarrollo de estudios posteriores que requieran mayor detalle y nivel de análisis, pero siempre respetando y citando la fuente primaria.

2. VOLCAN GALERAS

2.1 RED DE VIGILANCIA

La red de vigilancia de Galeras (Figura 2.1) tuvo algunos problemas importantes durante el primer semestre de 2006, que fueron difíciles de solucionar debido a la actividad volcánica, sin embargo más de la mitad de las estaciones tuvieron un tiempo de operación superior al 90% (Figura 2.2).

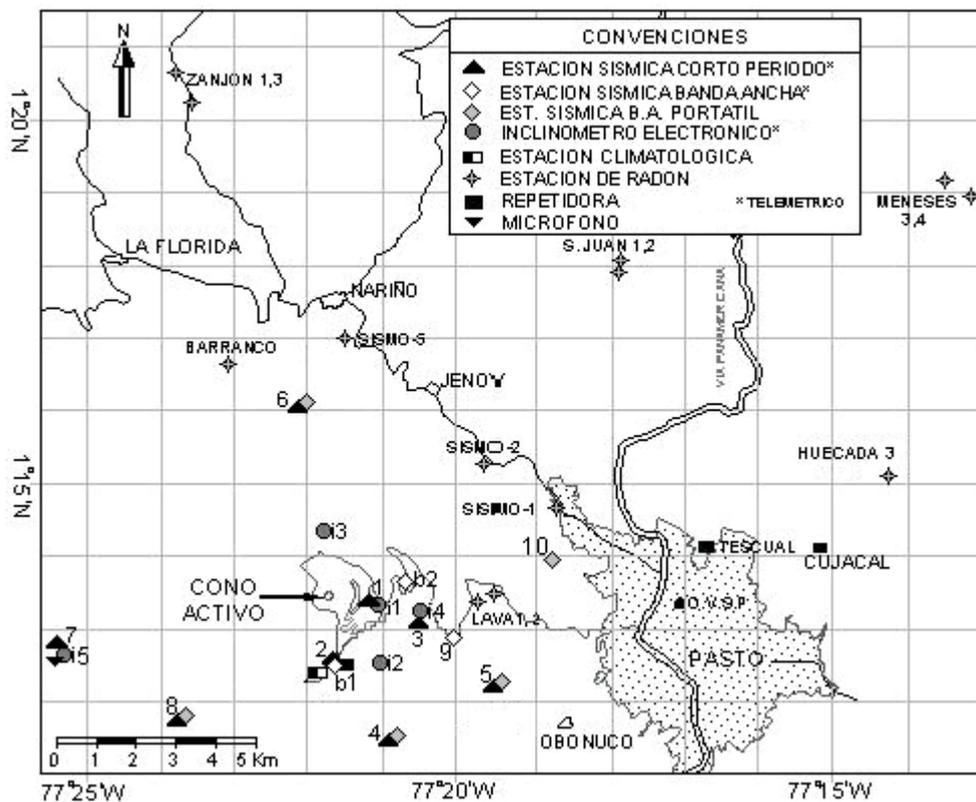


Figura 2.1. Zona de influencia del Volcán Galeras y su red de monitoreo telemétrica y de toma directa de datos en campo, que funcionó durante el primer semestre de 2006. Estaciones sísmicas de corto periodo: 1: Anganoy, 2: Cráter, 3: Urcunina, 4: Cobanegra, 5: Obonuco, 6: Nariño, 7: Calabozo y 8: Cónдор. Estaciones sísmicas de banda ancha: b1: Cráter y b2: Cufiño. Estaciones de banda ancha en préstamo de la RSNC: 4: Cobanegra, 5: Obonuco, 6: Nariño, 8: Cónдор, 9: Parques y 10: Fontibón. Inclímetros electrónicos: 11: Cráter, 12: Peladitos, 13: Huairatola, 14: Urcunina e 15: Calabozo. Las estaciones de Radón-222, la estación climatológica y el micrófono, se indican directamente sobre el mapa.

Básicamente los equipos en las estaciones fueron afectados por problemas en la alimentación, inconvenientes electrónicos y por rayos. Debido a que la actividad de Galeras se mantuvo en Nivel II a partir de marzo 28 de 2006, las estaciones ubicadas dentro de la zona de amenaza alta no se pudieron rehabilitar. Para compensar esta pérdida parcial, se instalaron estaciones sísmicas portátiles de banda ancha, gracias al apoyo de la red portátil de la RSNC. Se instaló adicionalmente un inclinómetro para ampliar la red de deformación y un micrófono para registrar variaciones de presión debidas a ondas de choque. Los hitos más importantes del funcionamiento de las estaciones para la vigilancia de Galeras durante el primer semestre de 2006 fueron:

- En abril 9 por causa de una tormenta eléctrica salieron de funcionamiento la estación sísmológica Cráter de banda ancha, la estación climatológica y el inclinómetro Peladitos.
- Entre el 2 y el 18 de mayo, con el apoyo de la Red Sísmológica Nacional, se instalaron cinco estaciones sísmicas triaxiales de banda ancha, en Nariño, Obonuco, Fontibón, Cobanegra, Cónдор y Parques, ésta última con telemetría.
- En mayo 25 se instaló el sensor de infrasonido y otro inclinómetro, en el sitio de la estación sísmica Calabozo, al occidente de Galeras.
- En junio 20 se instaló la estación sísmica de corto periodo Cónдор, al sur de Galeras en un sitio donde había funcionado una estación con este mismo nombre.

La figura 2.2 muestra el histograma de funcionamiento con su correspondiente porcentaje de operación, para las estaciones de corto periodo con registro analógico y digital; las estaciones de banda ancha, la estación climatológica e inclinómetros electrónicos, durante el semestre enero a junio de 2006.

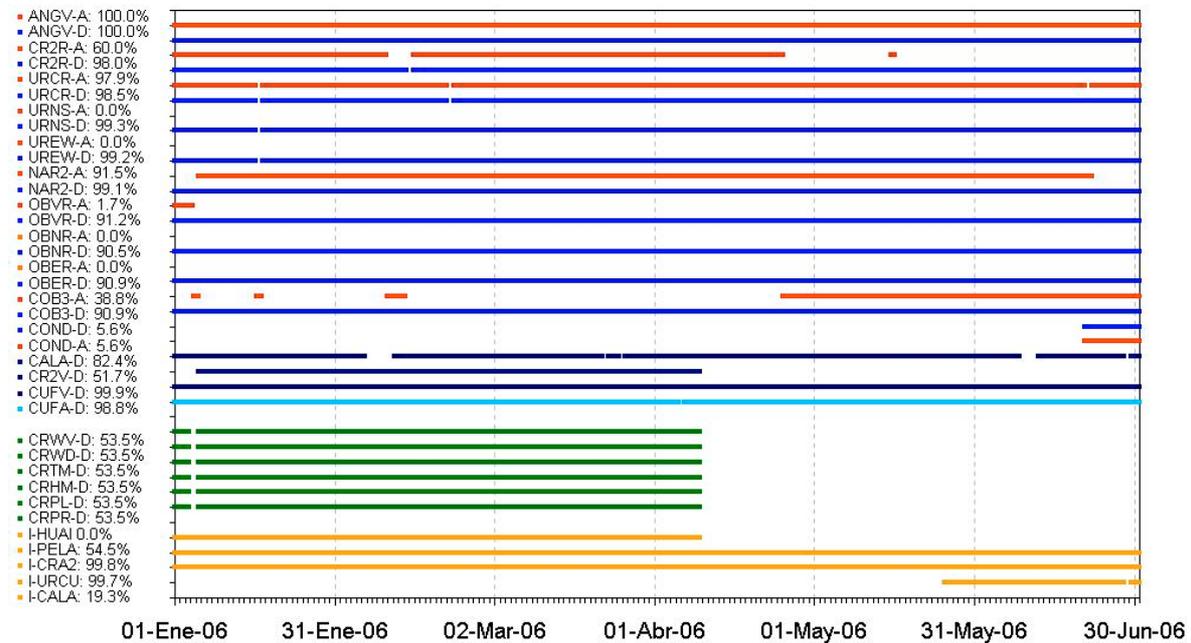


Figura 2.2. Histograma de funcionamiento y respectivos porcentajes de operación de las estaciones de corto periodo, estaciones de banda ancha (CR2V, CUFV, CUFA), estación climatológica (CRWV, CRWD, CRTM, CRHM, CRPL, CRPR) e inclinómetros electrónicos (I-PELA, I-HUAI, I-CRA2, I-URCU, I-CALA), para vigilancia de Galeras. Enero a junio de 2006.

2.2 SISMOLOGIA

Todos los registros obtenidos con las estaciones sísmicas de banda ancha, están integrados en los procesos de análisis que hace el observatorio, relacionados con cálculos de magnitud local, análisis espectral, valoración de la energía sísmica, localización de sismos, etc.

Durante este semestre en general hubo un aumento considerable de la sismicidad, tanto en los valores de la energía como en los valores de la ocurrencia, tanto de la sismicidad asociada con movimiento de fluidos, como de la relacionada con fractura de material cortical. Se resalta la sismicidad asociada con el emplazamiento de un domo de lava en el cráter principal, el enjambre de eventos VT sentidos en febrero y las emisiones de ceniza de finales del semestre.

En total se registraron 20.946 eventos, teniendo en cuenta todos los tipos de sismos (Volcano-Tectónicos (VT), Largo Período (LP), Híbridos (HYB) y episodios de tremor (TRE)); este valor es cerca de tres veces mayor que el registrado en el semestre anterior. El valor de la energía total liberada fue de $1,19 \times 10^{17}$ erg, el cual es el doble del registrado en el semestre anterior.

El mayor aporte energético de la sismicidad registrada durante el primer semestre de 2006 fue debido a los eventos VT, los cuales fueron en total 219, cerca de la cuarta parte del número registrado en el semestre inmediatamente anterior. Estos eventos liberaron una energía de $1,15 \times 10^{17}$ ergios, la cual es el doble del valor registrado en el semestre pasado. Los picos de número y energía diarios se presentaron en febrero 26 durante el enjambre, con 40 eventos que liberaron una energía de $1,14 \times 10^{17}$ ergios (Figura 2.3). El enjambre del 26 de febrero duró entre las 08:54 LT (13:54 UTC) y las 18:03 LT (23:03 UTC) y dos de los eventos se reportaron como sentidos. Este enjambre se asoció con una probable intrusión magmática nueva.

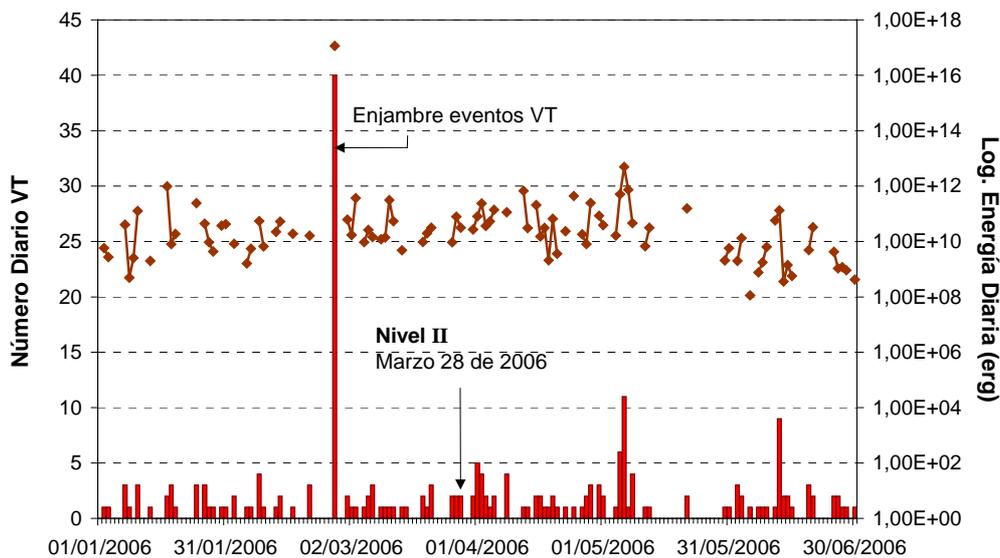


Figura 2.3 Ocurrencia diaria y energía diaria de eventos VT. Enero a junio de 2006.

El evento VT más energético de febrero 26, ocurrió a las 10:10 LT (15:10 UTC), se reportó sentido en la ciudad de Pasto y otros poblados de la zona de influencia de Galeras, ubicado a 1 km hacia el SW de Galeras, con magnitud local 4,8 grados en la escala abierta de Richter y una profundidad de 4,9 km con respecto a la cima de Galeras, este evento liberó una energía de $7,29 \times 10^{16}$ ergios. El otro evento sentido se registró a las 10:11 LT (15:11 UTC), ubicado a 3,3 km al WSW de Galeras, con una magnitud local de 3,5 grados y una profundidad de 3,6 km con relación a la cima volcánica, este evento liberó una energía de $7,95 \times 10^{14}$ ergios. En la tabla 2.1 se pueden apreciar las coordenadas y la magnitud local de algunos de los eventos localizados del enjambre de febrero 26.

Tabla 2.1. Coordenadas epicentrales y magnitud de los sismos VT del día 26 de febrero.

Fecha	Hora Local	Coordenadas		Prof. (km)	ML
		Lat. °N	Lon. °W		
26/02/06	10:09:53	1°13,22'	77°22,04'	4,9	4,8
26/02/06	10:11:34	1°12,99'	77°23,33'	3,6	3,5
26/02/06	10:12:54	1°12,70'	77°23,42'	3,8	2,5
26/02/06	10:17:40	1°13,40'	77°23,53'	2,8	1,5
26/02/06	10:18:52	1°12,42'	77°23,18'	4,1	1,5
26/02/06	10:20:50	1°12,78'	77°23,34'	3,9	1,8
26/02/06	10:21:29	1°12,75'	77°23,38'	3,1	1,6
26/02/06	10:30:35	1°12,93'	77°23,18'	3,8	1,9
26/02/06	10:38:15	1°12,93'	77°23,42'	3,7	1,6
26/02/06	10:42:33	1°12,95'	77°22,91'	3,7	1,9
26/02/06	11:28:04	1°12,93'	77°23,45'	3,3	1,5
26/02/06	11:56:11	1°12,94'	77°23,17'	4,2	2,8
26/02/06	12:04:32	1°13,06'	77°22,49'	4,1	2,9

En cuanto a los sismos localizados del enjambre de febrero, las magnitudes locales variaron entre 1,1 y 4,8 grados en la escala de Richter y sus profundidades oscilaron entre 2 km y 5 km con respecto a la cima de Galeras (4200 msnm). Epicentralmente, estos sismos se ubicaron preferencialmente hacia el occidente y suroccidente del cráter activo.

En términos generales se aprecia que los epicentros de los sismos se distribuyeron básicamente en las vecindades del cráter principal y al suroccidente de Galeras. Otros epicentros se distribuyeron de manera dispersa en la zona de influencia de Galeras (Figura 2.4).

El rango de variación de la profundidad de los sismos localizados entre enero y junio de 2006, osciló entre 0,3 y 13 km con respecto a la cima de Galeras (4200 msnm). El rango de magnitudes de duración osciló entre $-0,4$ y $2,7$ grados en la escala de Richter. En algunos casos se registra una atenuación significativo de los eventos VT de Galeras, lo que redundo en diferencias entre las magnitudes locales calculadas con base en la amplitud y el periodo de la onda y las magnitudes de coda calculadas con base en la duración del evento. Este hecho puede relacionarse precisamente con la presencia del cuerpo de material magmático entre la fuente de las rupturas y los sitios de registro, que ejerce una acción atenuante en las ondas sísmicas, en sus amplitudes, en sus contenidos frecuenciales o en sus duraciones.

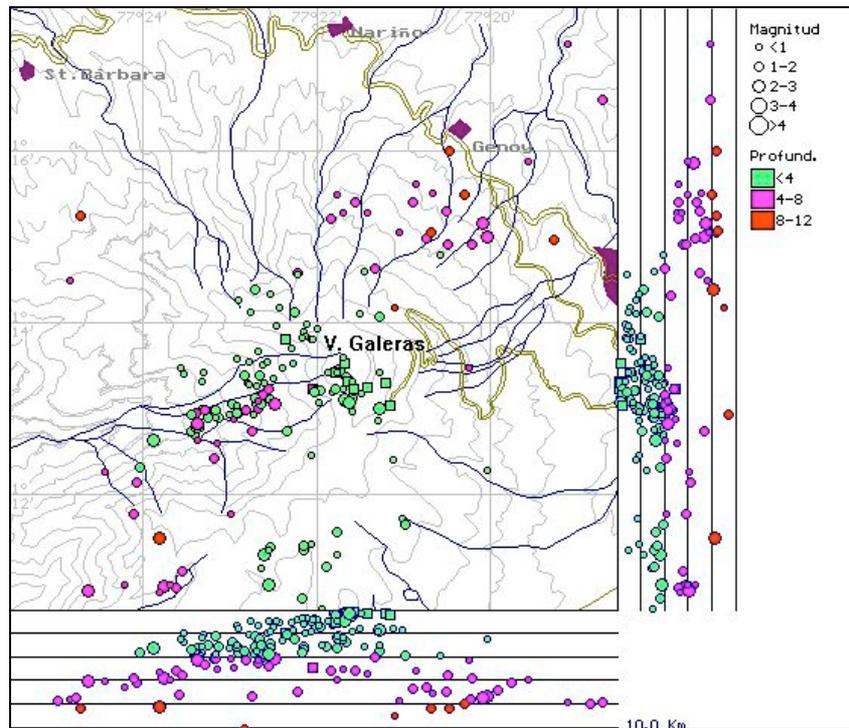


Figura 2.4 Distribución epicentral de sismos VT en el área de influencia de Galeras. Enero a junio de 2006.

El mayor aporte en sismicidad en cuanto a ocurrencia, provino de los eventos asociados con dinámica de fluidos de tipo LP, pues durante el primer semestre de 2006 se registraron 15.499 eventos, más de 7 veces el número registrado en el semestre inmediatamente anterior. Estos eventos liberaron una energía total de $2,28 \times 10^{15}$ erg, la cual es más de 20 veces mayor que la registrada por este tipo de eventos en el semestre anterior. Esta gran cantidad de eventos LP se asoció con el emplazamiento de un domo de lava en el cráter principal, el cual fue observado por primera vez en enero 13 de 2006.

Los picos energéticos diarios se presentaron en enero 16 y febrero 7 con una energía de $1,71 \times 10^{14}$ erg y $1,88 \times 10^{14}$ erg, respectivamente (Figura 2.5). El número de eventos registrados en esas fechas fue de 173 y 214, los cuales fueron más energéticos que los registrados en febrero 12 (Figura 2.5). El pico de ocurrencia se registró en febrero 12 durante un enjambre de eventos LP, entre las 00:20 LT (05:20 UTC) y las 05:00 LT (10:00 UTC) con 720 eventos asociados con el emplazamiento del domo de lava en el fondo del cráter principal, en esta fecha se liberó una energía de $3,98 \times 10^{13}$ erg (Figura 2.5). Algunos de estos eventos LP se pudieron correlacionar con emisiones pequeñas de gas con contenidos de ceniza de color gris y sonidos como los de un avión en despegue. Este tipo de enjambres, con firmas muy similares, regularmente espaciados son típicos en volcanes con procesos de ascenso y degasificación de domos de lava. Este tipo de actividad, con ese patrón de comportamiento, no fue observado durante el ascenso y emplazamiento del domo de 1991.

A finales de marzo comenzó a notarse disminución en los valores de energía y ocurrencia (Figura 2.5), la cual podría estar asociada con disminución en las tasas de crecimiento del domo, la reducción de los volúmenes disponibles de gas en el cuerpo magmático o con el inicio de procesos

de cristalización del mismo, obstruyendo el flujo libre de los gases hacia la superficie, con base en la experiencia del seguimiento del proceso 1989 - 1993.

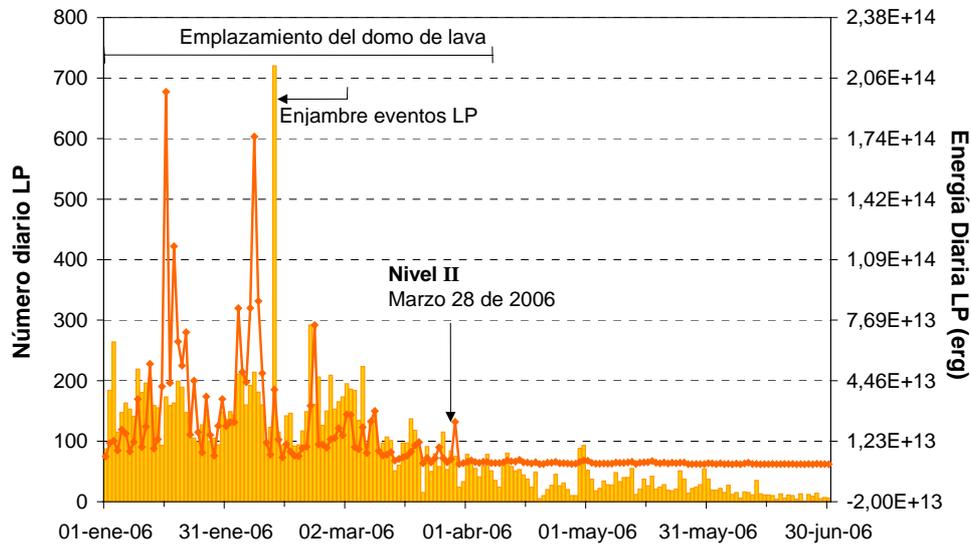
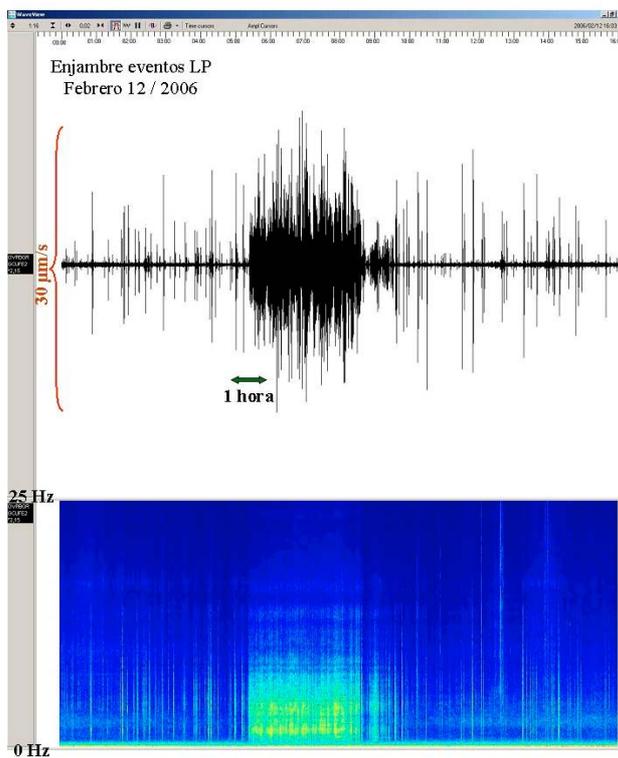


Figura 2.5 Ocurrencia diaria y energía diaria de eventos LP. Enero a junio de 2006.



La tasa horaria de registro de eventos LP durante el enjambre ocurrido en febrero 12, entre las 00:20 y las 05:00 hora local, llegó a alcanzar valores cercanos a los 200 eventos por hora (Figura 2.6)

Figura 2.6. Sismograma digital en la estación de banda ancha Cufiño (1,9 km al E del cráter) del enjambre de sismos registrados en febrero 12 de 2006. En la parte inferior de la figura se presenta el correspondiente espectrograma de las señales

El aporte de los eventos de tipo Híbrido en este semestre, disminuyó con relación al registrado en el semestre pasado; en total se presentaron 469 eventos, número que es un tercio del presentado en el semestre anterior. En contraste, la energía liberada fue de $1,35 \times 10^{14}$ erg, valor que es 50 veces

mayor que el registrado en el semestre anterior. El pico de ocurrencia de eventos híbridos se registró en junio 12 con 36 eventos que liberaron una energía de $4,09 \times 10^{10}$ ergios (Figura 2.7). En cambio el máximo energético se presentó en enero 31, con $1,31 \times 10^{14}$ ergios debidos a 4 eventos. Por su nivel energético se destacó un evento Híbrido, registrado en enero 31 a las 13:06 LT (18:06 UTC), con una energía de $2,67 \times 10^{12}$ ergios, al cual se le estimó una magnitud local de 3,2 grados ML en la escala abierta de Richter y fue localizado en la zona del cono activo a una profundidad de 2,4 km con respecto a la cima de Galeras.

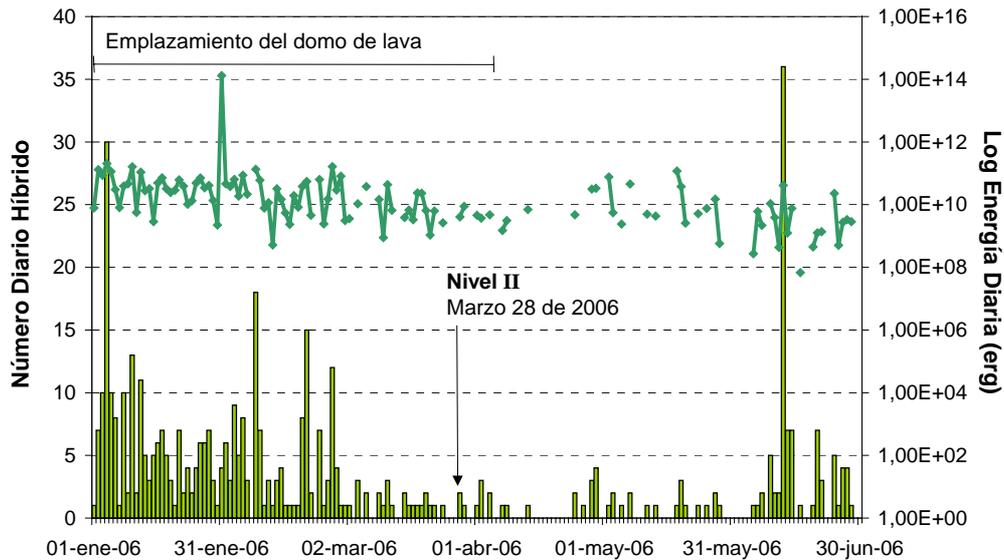


Figura 2.7. Ocurrencia diaria y energía diaria de eventos Híbridos. Enero a junio de 2006.

Por su energía el evento híbrido de enero 31 fue registrado en todas las estaciones de la red de vigilancia de Galeras y su espectro mostró picos frecuenciales entre 1,2 y 5,6 Hz (Figuras 2.8 y 2.9).

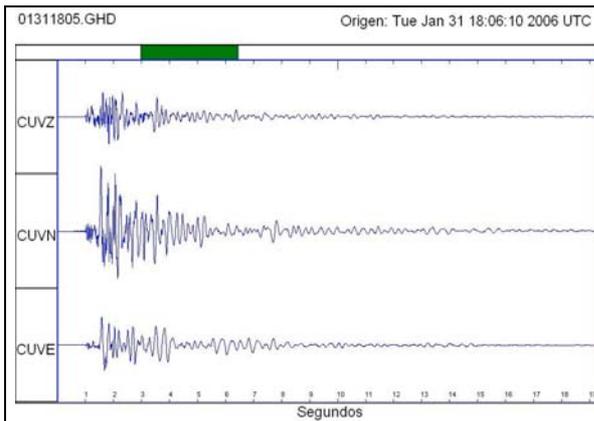


Figura 2.8. Evento híbrido de enero 31 en la estación triaxial de banda ancha Cufiño (1,9 km E de Galeras)

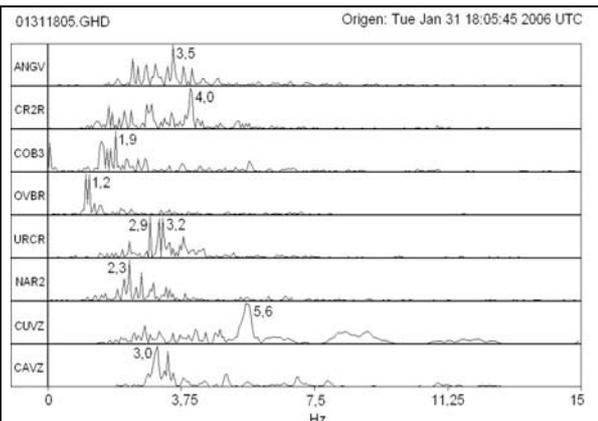


Figura 2.9. Espectro del evento híbrido de enero 31 de 2006 en varias estaciones sísmológicas de Galeras.

El aporte energético de los eventos de tremor fue el segundo más importante de la sismicidad del primer semestre de 2006, con $1,59 \times 10^{15}$ ergios, aunque este valor es la mitad del registrado en el

semestre anterior. En total se presentaron 4.759 episodios de tremor, algunos de los cuales eran de baja frecuencia con armónicos, los que se asociaron con procesos de intrusión y movimiento de fluidos al interior del sistema volcánico, tal como los que se presentaron en marzo 28 y que dieron lugar al cambio de nivel de actividad de Galeras a II. Otros episodios de tremor mostraron frecuencias altas y registro de ondas acústicas en el micrófono instalado en Calabozo (6,8 km W de Galeras), la mayoría de los cuales se asociaron con eventos de emisión de cenizas y gases, que en ocasiones se vieron desde la ciudad de Pasto y municipios de la zona de influencia de Galeras (Figura 2.15).

El pico de ocurrencia de episodios de tremor se registró en marzo 6 con 139 eventos que liberaron una energía de $2,18 \times 10^{15}$ ergios (Figura 2.10). En cambio el pico energético se presentó en febrero 10 con $2,26 \times 10^{14}$ ergios, debido a 61 episodios de tremor (Figura 2.10). La energía alcanzada por los eventos de tremor de marzo 28 fue de $4,24 \times 10^{13}$ ergios (Figura 2.10). Por su nivel energético, el episodio de tremor más destacado se presentó en febrero 10 a las 14:54 LT (19:54 UTC), con una energía de $1,63 \times 10^{14}$ ergios, este tremor tuvo una duración de 2 horas y 20 minutos y su espectro mostró picos frecuenciales entre 1,6 y 3,4 Hz (Figuras 2.11 y 2.12).

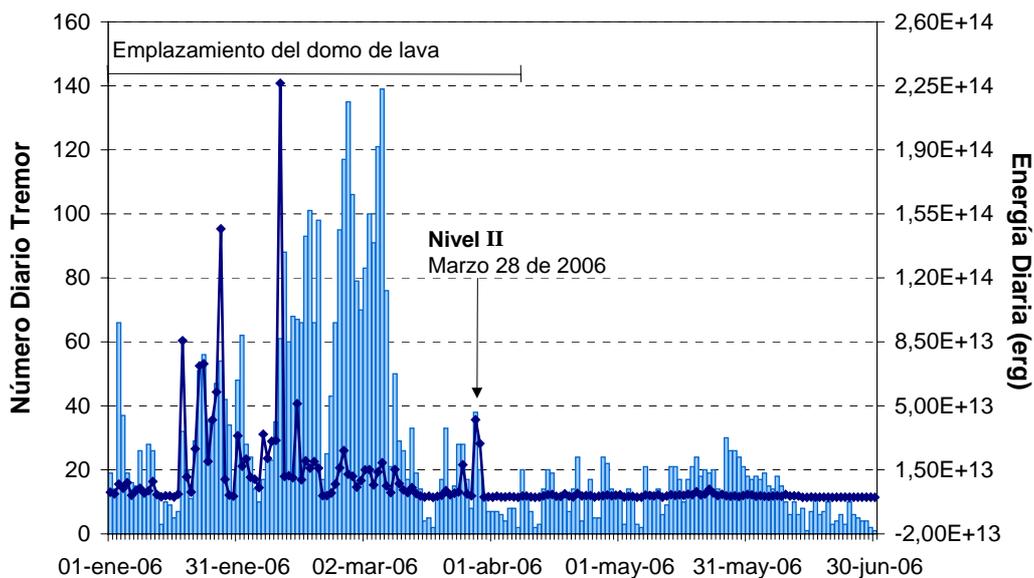


Figura 2.10. Ocurrencia diaria y energía diaria de episodios de Tremor. Enero a junio de 2006

El tremor más energético de los ocurridos entre marzo 28 y marzo 30 que conllevó a un cambio adicional en el patrón del volcán y a la decisión de modificar el nivel de actividad de Galeras a II, se presentó en marzo 29 a las 12:59 LT (17:59 UTC), con una energía de $1,80 \times 10^{13}$ ergios. Su espectro mostró picos frecuenciales entre 1,8 y 4,2 Hz (Figuras 2.13 y 2.14).

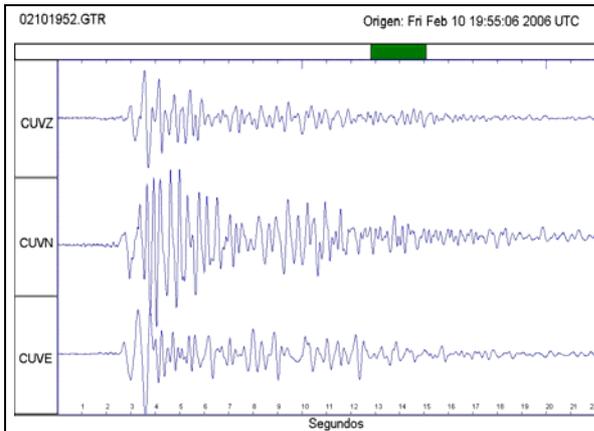


Figura 2.11. Tremor de febrero 10 en la estación triaxial de banda ancha Cufiño (1,9 km E de Galeras).

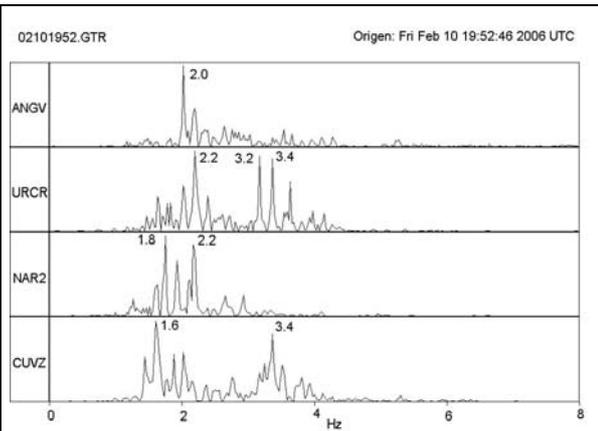


Figura 2.12. Espectro del tremor de febrero 10 de 2006 en varias estaciones sismológicas de Galeras.

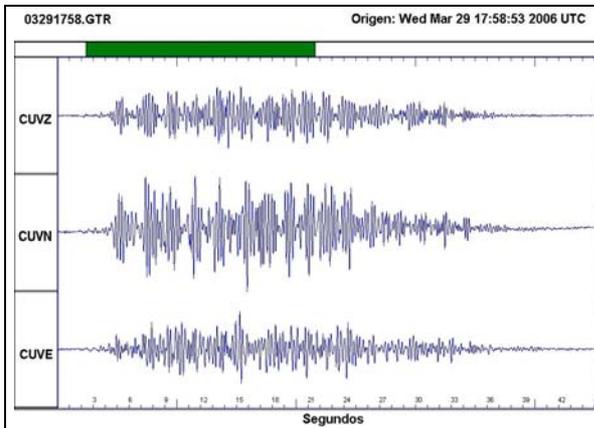


Figura 2.13. Tremor de marzo 29 en la estación triaxial de banda ancha Cufiño (1,9 km E de Galeras).

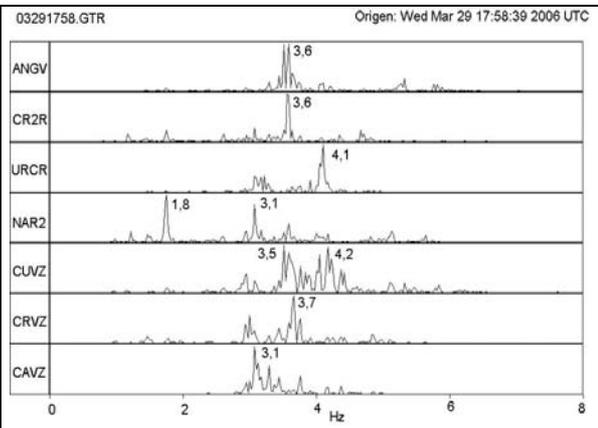


Figura 2.14. Espectro del tremor de marzo 29 de 2006 en varias estaciones sismológicas de Galeras.

En junio 4 se registró desde el helicóptero una emisión de cenizas, la cual se asoció con una señal sísmica de tremor y una señal de infrasonido generada por las variaciones producidas por la presión y la velocidad con que salen el gas y la ceniza en la presión atmosférica (Figura 2.15).

Durante la ocurrencia de este evento y la filmación simultánea, se pudo verificar que el origen de emisión del material era un pequeño cráter secundario pre-existente, denominado Urcunina y que existían tiempos de retardo de algunos segundos, entre el registro de la señal sísmica, el registro de la onda de sonido y el comienzo de la emisión de cenizas (Figura 2.15).

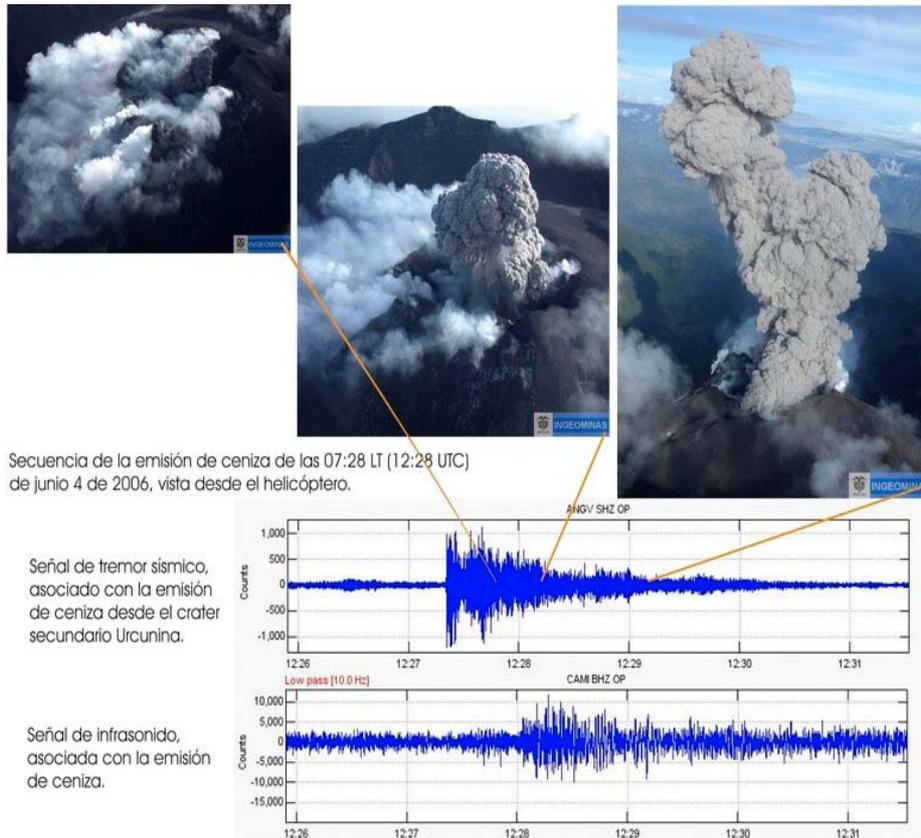


Figura 2.15. Secuencia de la emisión de ceniza de junio 4 (07:28 LT) y sus señales sísmica e infrasonido.

2.3 DEFORMACION

Debido a la actividad de Galeras, durante el primer semestre de 2006 solamente fue posible ocupar los vectores de nivelación una o dos veces, por lo cual los datos de esta área de monitoreo se obtuvieron básicamente de los inclinómetros electrónicos telemétricos Cráter, Urcunina y Calabozo, pues como se mencionó, el inclinómetro Peladitos fue alcanzado por un rayo en abril y no fue posible rehabilitarlo durante el semestre, por la actividad volcánica (Figura 2.16).

2.3.1 Vectores cortos de nivelación

En el sector norte de Galeras, los vectores Popeye y Lindero tienen una dirección tangencial al cráter y los vectores Barranco, Chiguaco, Chacaguaico, Puyito y Chorrillo son radiales. Los vectores Popeye y Chiguaco, por estar en zona de amenaza alta y por el difícil acceso al sitio, no se ocuparon durante el primer semestre de 2006.

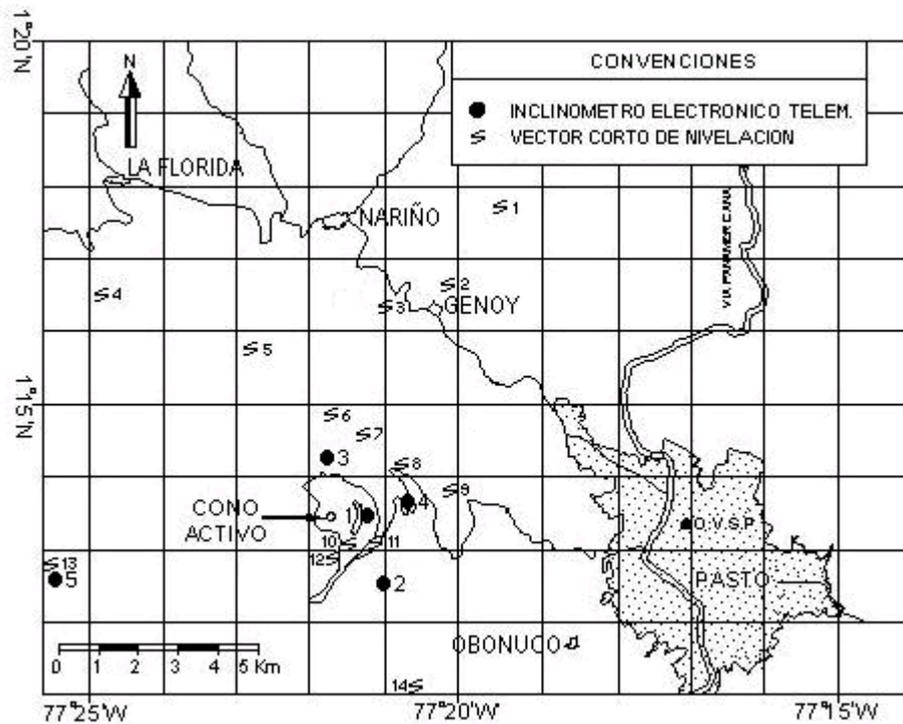


Figura 2.16. Red de vigilancia en Deformación del Volcán Galeras. Inclinómetros electrónicos: 1: Cráter, 2: Peladitos, 3: Huairatola, 4: Urcunina, 5: Calabozo. Vectores de nivelación: 1: Puyito, 2: Lindero, 3: Chorrillo, 4: Chacaguaico, 5: Barranco, 6: Chiguaco, 7: Popeye, 8: Piedras, 9: La Mica, 10: La Y, 11: Inclinómetro, 12: Telecom, 13: La Quebrada, 14: Cobanegra.

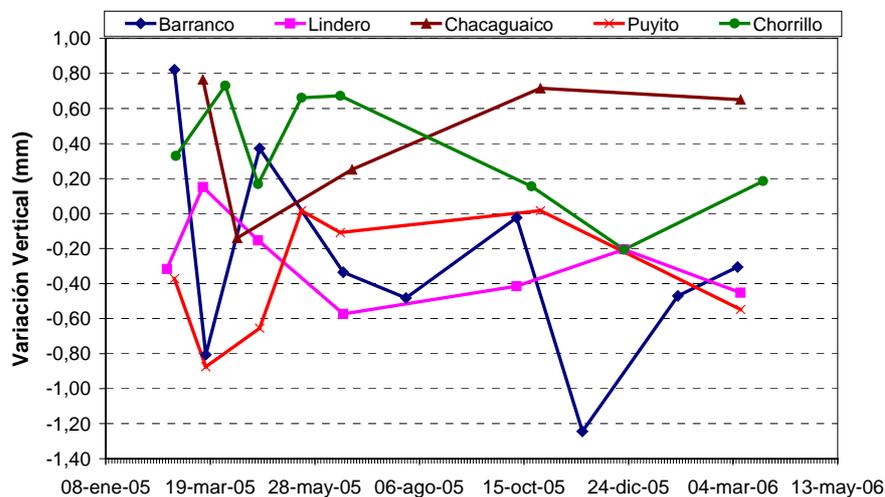


Figura 2.17. Vectores de nivelación Barranco, Lindero, Chacaguaico, Puyito y Chorrillo

Solamente el vector Barranco se ocupó dos veces, el resto de vectores del sector norte se ocuparon solamente una vez y al principio del semestre, antes de establecer el Nivel II de actividad de Galeras, por lo cual no es posible establecer tendencias para este semestre.

Los escasos datos permitieron establecer que Barranco, Chacaguaico, Chorrillo y Lindero comenzaron el semestre con tendencias diferentes a la que traían al finalizar el segundo semestre de 2005 y solamente el vector Puyito la conservó (Figura 2.17).

En el sector sur, todos los vectores son radiales y solamente se ocuparon al principio del semestre, por lo cual tampoco fue posible establecer tendencias para el primer semestre de 2006. El vector La Y mantuvo su tendencia deflacionaria desde el año pasado (Figura 2.18). Telecom invirtió la tendencia que traía desde el semestre anterior y mostró ascenso(Figura 2.18).

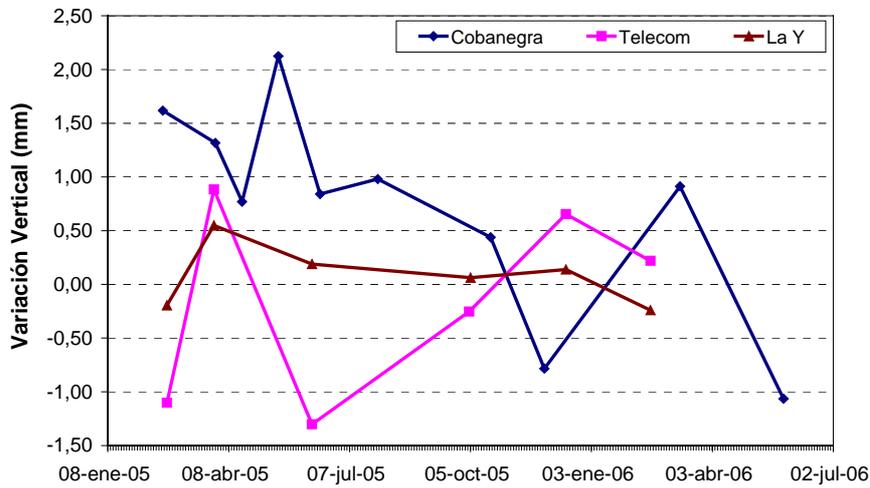


Figura 2.18. Vectores de nivelación Cobanegra, Telecom y La Y

El vector Cobanegra se midió en dos oportunidades. En la primera medida la tendencia se invirtió y en la segunda medida mostró nuevamente descenso; en general la tendencia de este vector fue descendente desde el año pasado, indicando una posible deflación (Figura 2.18).

En el sector oriental de Galeras, tampoco fue posible establecer tendencias para el primer semestre de 2006 por la actividad de Galeras y solamente la Mica se midió en dos ocasiones.

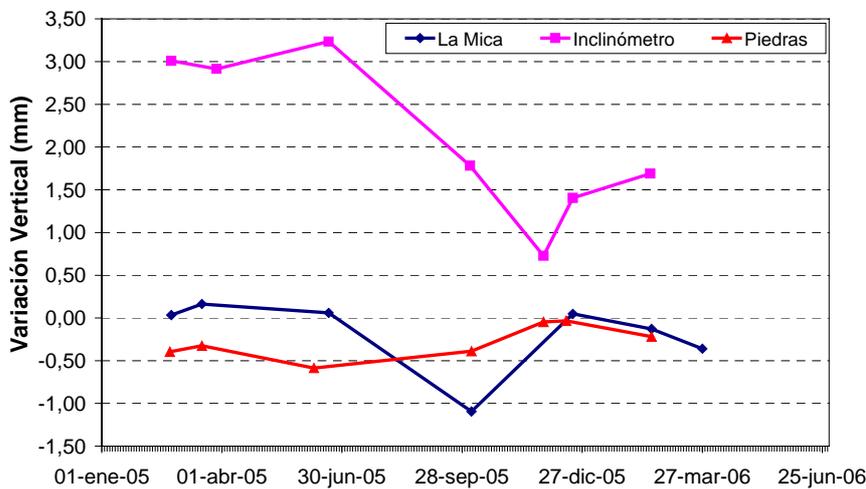


Figura 2.19. Vectores de nivelación La Mica, Inclinómetro y Piedras

Comparando con el comportamiento del año 2005, el vector tangencial Piedras mostró un leve descenso. Los vectores radiales El Inclinómetro y La Mica conservaron la tendencia mostrada en la última medida de 2005 respectivamente (Figura 2.19).

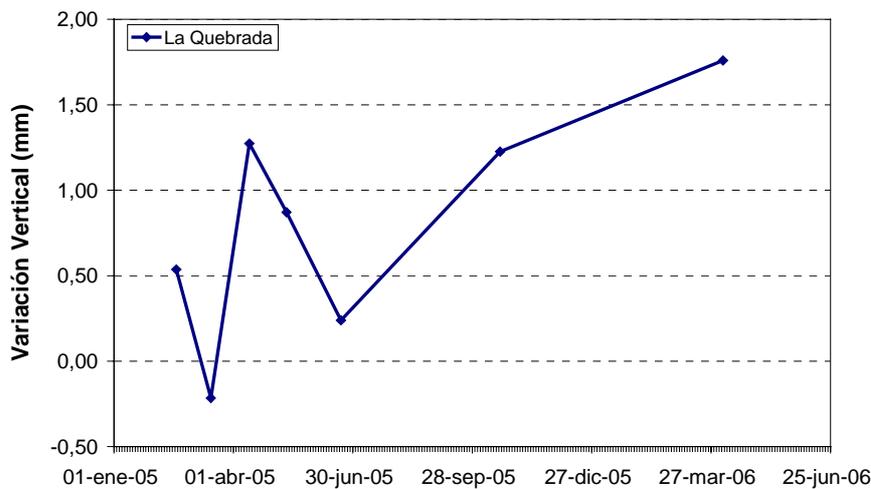


Figura 2.20. Vector de nivelación La Quebrada

Finalmente, en el sector occidental el vector radial La Quebrada solamente se ocupó en una ocasión y conservó el comportamiento ascendente del año pasado, indicando deflación hacia el cráter activo (Figura 2.20).

2.3.2 Inclínómetros electrónicos

Como se mencionó previamente, la estación de inclinometría electrónica Peladitos fue una de las afectadas por el rayo de principios de abril, por lo cual funcionó solamente hasta abril 9 y durante el resto del semestre no se rehabilitó por la actividad volcánica. Los datos de esta estación mostraron una tendencia muy clara y definida para cada una de sus componentes, siendo de ascenso para la componente radial, con una variación mínima de $4,8 \mu\text{rad}$ y de descenso para la componente tangencial con una variación de $121,7 \mu\text{rad}$ (Figura 2.21). Para calcular la resultante de este inclinómetro, se tomó un solo periodo entre enero 1 y abril 9, cuyo valor fue de $124,9 \mu\text{rad}$, apuntando hacia el NE, lo cual indicaría deflación en esa dirección (Figura 2.22).

El inclinómetro Cráter mostró cambios significativos al principio del semestre. Para la evaluación de su comportamiento se tuvieron en cuenta tres periodos, según la tendencia mostrada por sus componentes. Un primer periodo va de enero 1 a enero 23, en el cual el mayor cambio correspondió a la componente radial con un descenso de $74,8 \mu\text{rad}$, en cambio la componente tangencial ascendió un mínimo de $2,8 \mu\text{rad}$ (Figura 2.21). La resultante de este periodo fue de $85,3 \mu\text{rad}$, apuntando hacia el este (Figura 2.22), lo cual indicaría deflación en esa dirección.

En el segundo periodo de evaluación del inclinómetro Cráter (23 de enero al 4 de abril), la componente que más variación experimentó fue la tangencial con un ascenso de $32,3 \mu\text{rad}$; por su lado, la componente radial tuvo una variación mínima de $7 \mu\text{rad}$ en ascenso (Figura 2.21). En este caso la resultante fue de $43,5 \mu\text{rad}$ apuntando al sur, lo cual indicaría deflación en esa dirección (Figura 2.22).

El último periodo de evaluación del inclinómetro Cráter (4 de abril al 30 de junio), evidenció descenso con variaciones similares en ambas componentes, las cuales fueron de $19,1 \mu\text{rad}$ para la componente radial y de $18,2 \mu\text{rad}$ para la componente tangencial (Figura 2.21). La resultante obtenida fue de $25,7 \mu\text{rad}$ apuntando hacia el cráter, lo cual indicaría inflación en esa dirección (Figura 2.22).

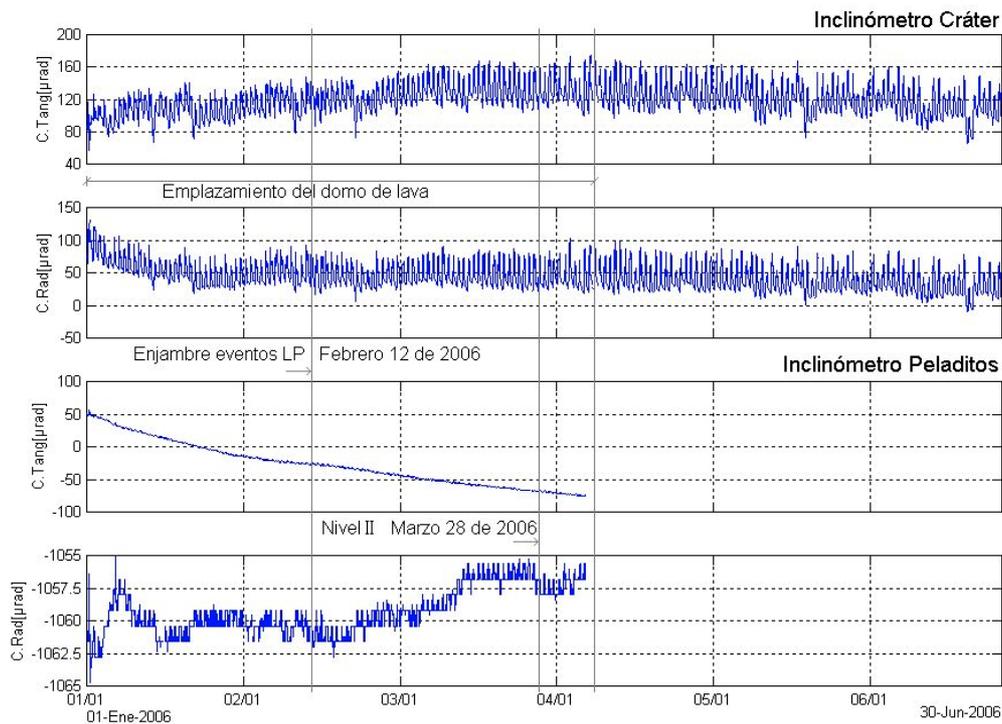


Figura 2.21. Comportamiento de las componentes de los inclinómetros electrónicos Cráter y Peladitos. Primer semestre de 2006

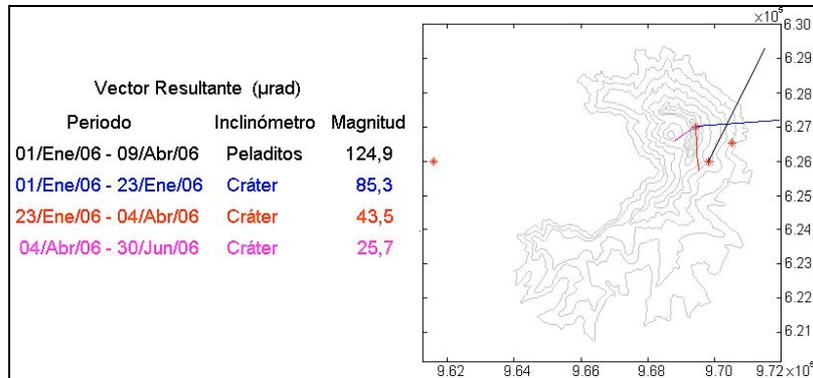


Figura 2.22. Vectores resultantes de los inclinómetros electrónicos Cráter y Peladitos. Primer semestre de 2006.

El inclinómetro Urcunina trabajó durante todo el semestre y aunque fue afectado por ruido de tipo electrónico, la línea base de los datos marcó una tendencia clara, por esa razón solamente se tomó un periodo de evaluación. La componente tangencial mostró un cambio de $52,6 \mu\text{rad}$ en ascenso y la componente radial mostró un cambio de $32,6 \mu\text{rad}$ en descenso (Figura 2.23). La resultante para un periodo de tiempo que comprende todo el semestre fue de $141,1 \mu\text{rad}$ (Figura 2.24), apuntando hacia el SSE, lo cual indicaría deflación en esa dirección.

Como se mencionó anteriormente, en mayo 25 se instaló una nueva estación de inclinometría electrónica, ubicada a cerca de 7 km al occidente de Galeras, a la cual se le denominó Calabozo. Los primeros días de funcionamiento se tomaron como de estabilización de la estación y se evaluó

el periodo entre el 9 y el 30 de junio de 2006. En este corto periodo de tiempo las dos componentes del inclinómetro mostraron cambios ascendentes de $76,5 \mu\text{rad}$ y $20,9 \mu\text{rad}$, para la tangencial y la radial respectivamente (Figura 2.23). La resultante para este inclinómetro fue de $78,4 \mu\text{rad}$ (Figura 2.24), apuntando hacia el SSW, lo cual indicaría una deflación en esa dirección.

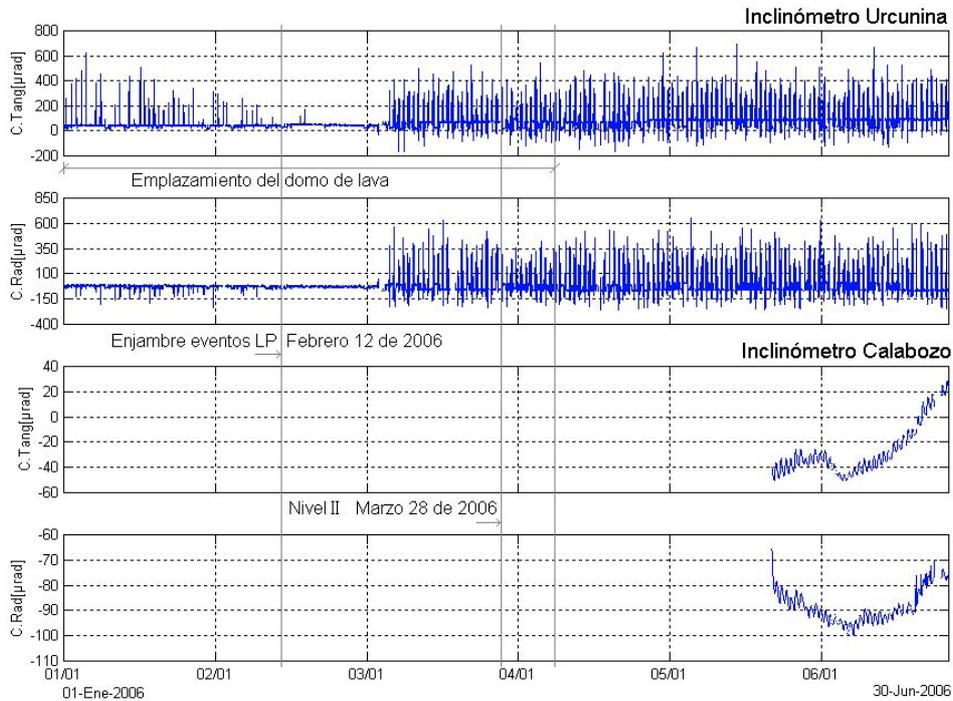


Figura 2.23. Comportamiento de las componentes de los inclinómetros electrónicos Urcunina y Calabozo. Primer semestre de 2006

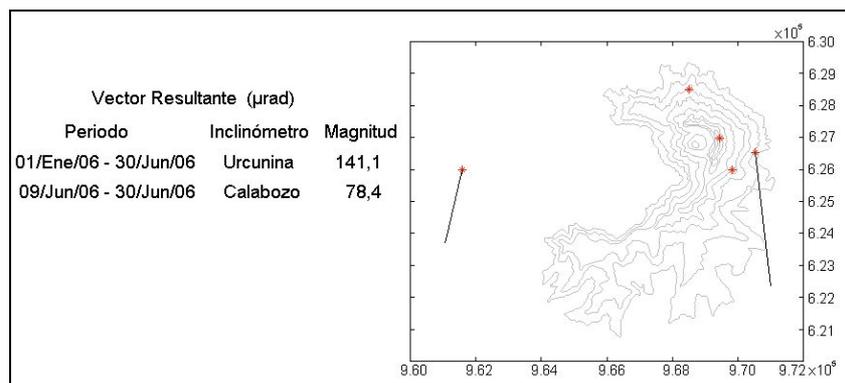


Figura 2.24. Vectores resultantes de los inclinómetros electrónicos Urcunina y Calabozo. Primer semestre de 2006.

En general, al evaluar el comportamiento de los diferentes inclinómetros electrónicos y las tendencias de sus vectores resultantes, se observan cambios en diferentes zonas, que hacen definir un patrón de comportamiento preciso. Sin embargo, es importante resaltar los cambios como tal, máxime por su presencia durante un periodo de emplazamiento de un domo de lava.

2.4 FISICOQUIMICA

Durante el primer semestre de 2006, se hicieron mediciones de contenido de SO₂ en el aire y de las emisiones de Rn-222 en suelos. El SO₂ se midió mediante el método del COSPEC móvil el cual es de propiedad de la Escuela Politécnica de Quito (ESPONA), instrumento con el cual se contó hasta mayo 18 fecha en la que debió retornarse a Ecuador debido al incremento en la actividad de varios de los volcanes ecuatorianos, principalmente el Tungurahua.

Entre enero 29 y febrero 1, se contó con la visita del Dr. Bo Galle, profesor de Física de la Atmósfera de la Universidad de Chalmers (Suecia) y coordinador del proyecto NOVAC (Network for Observation of Volcanic and Atmospheric Change, del cual INGEOMINAS hace parte a través de la firma de un convenio), con quien el grupo técnico del OVSP salió a hacer medidas de prueba de concentración de SO₂, a lo largo de la carretera circunvalar a Galeras, con un miniDOAS móvil (Differential Optical Absorption Spectrometer). Los datos obtenidos fueron muy similares a los que se obtuvieron con el COSPEC móvil (Tabla 2.2).

Tabla 2.2. Comparación de mediciones de SO₂ con COSPEC y miniDOAS

Fecha	COSPEC		Mini DOAS	
	Velocidad viento m/s	SO ₂ Tn/día	Velocidad viento m/s	SO ₂ Tn/día
Enero 30	6,9	2.831	7,0	2.294
Enero 31	6,4	1.519	7,0	955
	6,6	1.654	7,0	1.346
	6,6	1.637	7,0	1.117
	5,6	1.361	7,0	1.173

En enero 4 en horas de la mañana, durante un recorrido entre Yacuanquer y Pasto, se midió el mayor valor de contenido de SO₂ en el aire, el cual fue de 17.217 Tn/día (Figura 2.25), con una velocidad del viento de 11 m/seg y con la columna de gases dirigida hacia el SSE.

Nótese que durante el emplazamiento del domo de lava en el cráter principal, las concentraciones de SO₂ fueron relativamente altas (por lo menos para los niveles de Galeras), con relación a los valores que se tuvieron en el resto del semestre, con excepción de los días siguientes a marzo 28 cuando un episodio de eventos de tremor energéticos elevaron un poco las concentraciones; se recuerda que fue en esa fecha se cambió el nivel de actividad de Galeras a II (Figura 2.25).

Es de anotar que a finales del semestre hubo días en que la concentración de SO₂ fue de cero, indicando menor capacidad de salida del gas y la probabilidad de que el sistema interno de Galeras se estuviera sellando y presurizando (Figura 2.25). Otra explicación es que los gases emitidos en bajas concentraciones, se quedaban atrapados en las partes altas del volcán (evidenciado por algunos sobrevuelos) y no llegaban hasta la circunvalar donde se estaban realizando las correspondientes mediciones.

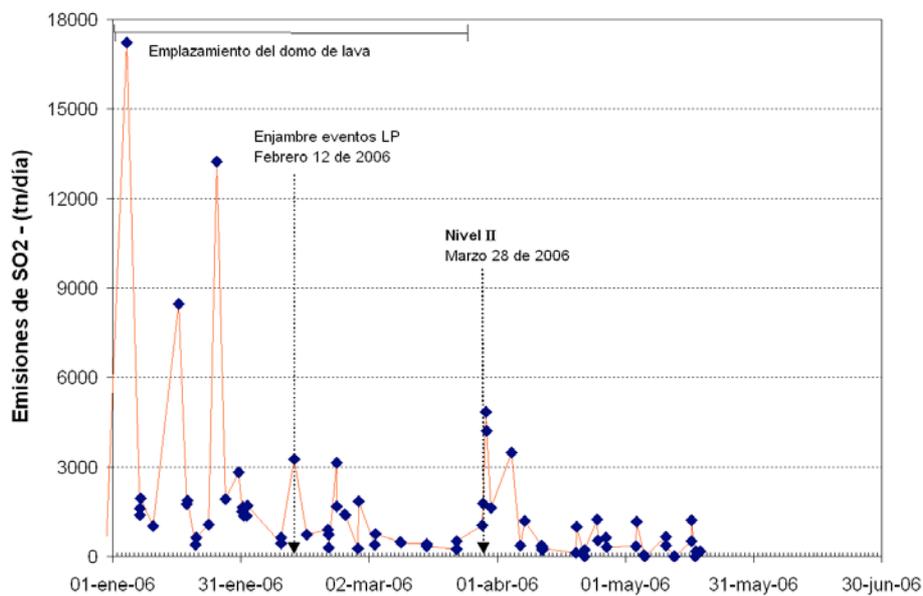


Figura 2.25. Emisiones de SO₂. Primer semestre de 2006

En cuanto a la red de estaciones de monitoreo de Radón-222 en suelos (Figura 2.1), se tuvieron algunos problemas con las estaciones en campo, debido a la pérdida de cámaras de concentración por humedad o por robo. La Línea Circunvar comenzó con 5 estaciones, pero en febrero 24 fue necesario retirar la estación Ancuya para instalar la cámara en la estación Sismo5 ya que este elemento fue hurtado allí, el resto del semestre funcionaron 4 estaciones. Las estaciones de las lavas fisurales de San Cayetano funcionaron sin problemas durante el semestre. La Línea Norte contó con 7 estaciones.

La Línea Norte mostró valores de emisión de Radón-222 que fluctuaron entre 28 pCi/L y 2.602 pCi/L (Figura 2.26). Estos valores extremos fueron medidos en Meneses3 y Meneses4 (20 km NE de Galeras), respectivamente en abril 6 y enero 19. En general los valores de emisión de la Línea Norte fueron menores que los registrados en la Línea Circunvar.

El rango de emisiones de Radón-222 en la Línea Circunvar osciló entre 365 y 4.053 pCi/L (Figura 2.27). El pico de emisión del semestre se midió en febrero 3 en la estación Ancuya (18 km al WNW de Galeras), lastimosamente la estación fue retirada y no se pudo observar su comportamiento en el resto del semestre. Finalizando el periodo en estudio, se notó un aumento en las emisiones de las estaciones Sismo1, Barranco y San Francisco. En general, las emisiones de la Línea Circunvar fueron mayores que las de la Línea Norte.

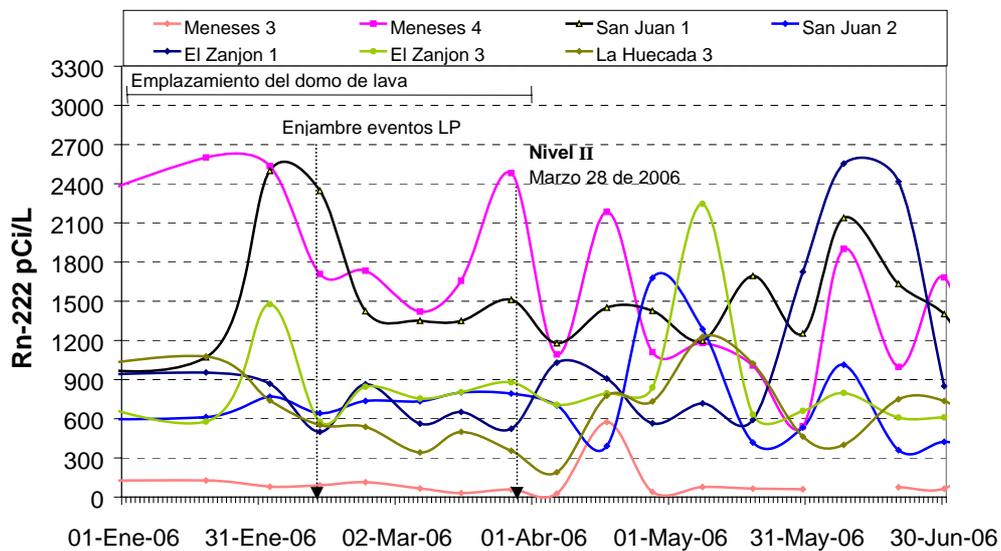


Figura 2.26. Emisiones de Rn-222, en la Línea Norte. Primer semestre de 2006.

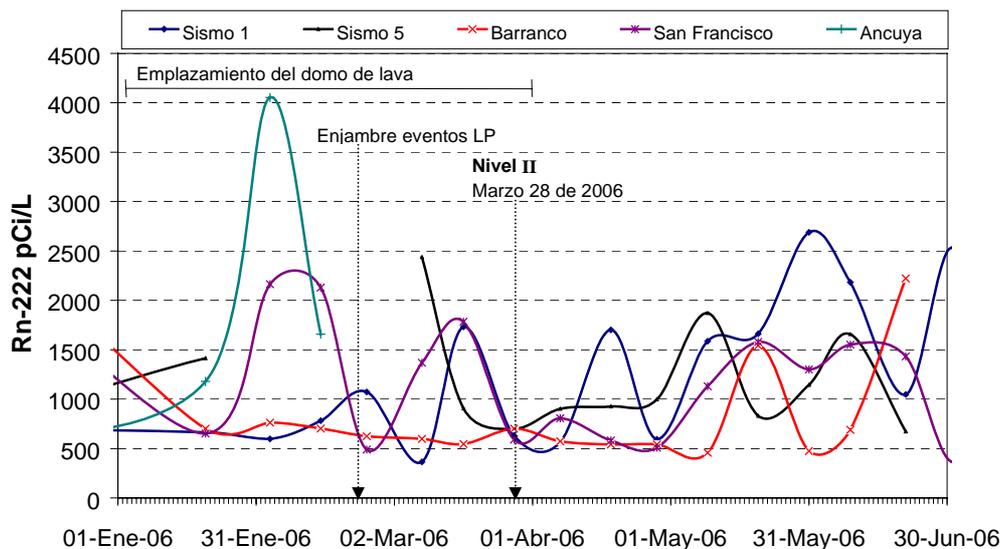


Figura 2.27. Emisiones de Rn-222, en la Línea Circunvalar. Primer semestre de 2006.

Las estaciones más recientes de Radón Lava1 y Lava2 (4,3 km y 3,9 km E del cono activo), instaladas desde julio de 2005 en el sector de las lavas fisurales de San Cayetano (sector oriental de Galeras), siguieron mostrando valores menores de emisión que los observados en las otras dos líneas. Lava2 presentó los valores mayores durante el semestre, contrario a lo sucedido en el semestre anterior. El rango de emisión osciló entre 36 pCi/L y 1.149 pCi/L, el menor valor medido en mayo 8 en la estación Lava1, y el pico, medido en Lava2 en febrero 23 (Figura 2.28). Es de notar que el pico de emisión se presentó en la semana siguiente al registro del enjambre de sismos LP, durante el emplazamiento del domo de lava en el cráter principal. También se destaca que en la época en que se estableció el Nivel II de actividad de Galeras, se marcó un proceso de descenso en los valores de emisión de ambas estaciones (Figura 2.28).

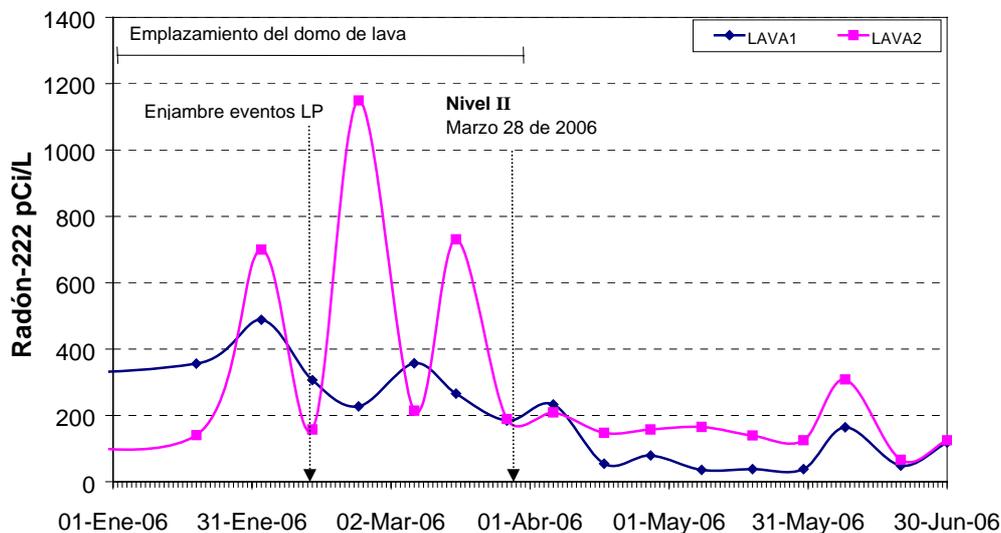


Figura 2.28. Emisiones de Rn-222, en el sector de las lavas fisurales de San Cayetano. Primer semestre de 2006.

2.5 ACTIVIDAD SUPERFICIAL

Las manifestaciones de la actividad superficial se documentaron gracias a las observaciones directas hacia la cima desde la sede del OVSP, por reportes de las comisiones de personal en campo, por reportes de la comunidad o las autoridades y por sobrevuelos efectuados por personal del Observatorio en el helicóptero Hughes de la Fuerza Aérea Colombiana.

Como se ha mencionado, el hecho más destacado de la actividad superficial fue el emplazamiento de un domo de lava en el fondo del cráter principal, el cual fue observado por primera vez mediante un sobrevuelo efectuado en enero 13 de 2006. Otros eventos importantes fueron las emisiones de ceniza, algunas de las cuales se correlacionaron con episodios sísmicos de tremor y sonidos similares a los que produce un avión; también hubo muchos reportes de olores fuertes a azufre, que en ocasiones llegaron hasta la ciudad de Pasto. La columna de gases fue observada desde la ciudad de Pasto y algunos pueblos de la zona de influencia de Galeras, en algunas ocasiones de color blanco y en otras con color gris oscuro, lo cual es indicación de la presencia de ceniza, estas columnas alcanzaron alturas entre 200 m y 1.500 m sobre la cima de Galeras.

En cuanto al domo, es importante destacar que su crecimiento se dio entre enero y marzo de 2006 y luego se observó la reducción gradual de la emisión de gases por la parte central del domo, la reducción de las temperaturas de este cuerpo en su parte central especialmente, la detección de emisiones de cenizas a través de un pequeño cráter secundario pre-existente (Urcunina) sobre el costado interior suroriental del cráter principal y la significativa reducción de las tasas de emisión de gases entre mediados y finales de junio de 2006.

Un resumen de las observaciones principales realizadas durante el semestre, se consigna en la tabla 2.3

Tabla 2.3 Observaciones de la actividad superficial de Galeras. Primer semestre de 2006.

Fecha	Hora	Observación
05/01/06	08:53 a 10:22	Personal del OVSP en la cima reportó un fuerte olor a azufre que producía ardor en los ojos y un ruido como de agua hirviendo, correlacionado con un evento LP.
11/01/06	10:30	Se encontró ceniza en poca cantidad en los páneles de la estación Cráter.
13/01/06	08:30	Se realizó sobrevuelo a Galeras, las condiciones atmosféricas eran muy favorables y se pudo apreciar un domo de lava emplazado en el fondo del cráter principal, de color gris claro y con tintes rosados, se notó incandescencia y emanaciones de gases desde varios puntos de la periferia del cono activo y desde varios puntos del domo de lava, especialmente de una grieta localizada hacia el costado oriental
28/01/06	19:00	Pobladores de San Cayetano (subiendo a la cima de Galeras), reportaron una densa columna con rasgos de incandescencia, hacia las 7 de la noche.
30/01/06	14:55	Desde Consacá se recibió un reporte de que se observó la columna de color negro, precedida por una pequeña explosión.
08/01/06	10:00	Una comisión del OVSP reportó que desde la base militar hasta el sitio donde se hace el descenso al interior del anfiteatro (mojón para cuerdas) en el borde de la caldera, se encontró caída de material piroclástico, con partículas de diámetros entre 0,5 mm y 2 cm aproximadamente. La capa observada, alcanzó aproximadamente 2 cm de espesor, cubriendo totalmente el trayecto mencionado. En otros sectores del costado suroriental del anfiteatro no se vio este depósito y hacia la zona norte no se efectuó reconocimiento por factores de seguridad de los funcionarios.
15/02/06	07:10 a 09:00	En sobrevuelo efectuado el día de hoy, gracias a las condiciones climáticas, se observó que la dimensión lateral del domo de lava se incrementó y se estimó que su diámetro es un poco más de 4 veces el diámetro del cráter El Pinta. En la parte central del domo se observó incandescencia reflejado en el color rojo de las rocas, producto de las altas temperaturas (500 a 700 °C).
19/02/06	17:45	Se observó una columna de color gris oscuro, con una altura aproximada de 2,6 km, la cual se asoció con el registro de un sismo LP.
21/02/06	12:27	La comisión en la estación Cráter reportó que se observó salida de gases desde el cráter principal, El Paisita y el sector occidental. A las 12:57 reportaron una explosión que se asoció con el registro de un evento LP.
07/03/06	12:00	Se observó que una lluvia ligera en la ciudad de Pasto y sectores cercanos al volcán, precipitó ceniza volcánica de textura muy fina. Este material posiblemente se asoció con la salida de una columna de color oscuro, registrada el día lunes 6 de marzo cerca de las 06:00 pm, cuyo material por ser tan fino, quedó suspendido en la atmósfera y se precipitó favorecido por la acción de la lluvia del día siguiente.
15/03/06	17:30	Se observó una columna de color gris claro, con una altura de 1.000 m sobre la cima de Galeras, con dirección predominante hacia el suroccidente del volcán.
16/03/06	01:30	La señora María Rodríguez desde El Chorrillo-Nariño reportó ruido proveniente del volcán Galeras y salida de una nube espesa de ceniza. A las 15:52 se hizo un sobrevuelo en el cual se observó salida de gas en forma continua desde varios sectores del cono, dificultando la visual hacia el domo de lava el cual se pudo apreciar sólo parcialmente, se notó olor a azufre y ceniza en la columna.
30/03/06	17:35	Personal de la Policía Nacional, reportó desde El Chorrillo un fuerte olor a azufre, similar a huevos podridos. En horas de la tarde, personal de INGEOMINAS en una aeronave de la Policía Nacional, llevó a cabo un sobrevuelo para tomar algunas fotografías térmicas al cono de Galeras y al domo de lava, en las que se observó que gran parte de la superficie del domo ya se encuentra fría y las partes más calientes (Temperatura superior a 30°C) se encuentran en la periferia del domo y en la grieta del mismo. Los sitios de emisión de gases también exhibieron temperatura mayor.
02/04/06	07:33	A las 07:33 se observó una pequeña emisión de tonalidad amarilla, que alcanzó una altura de 460 m. Esta emisión se asoció con los eventos LP ocurridos a las 07:25 y 07:26 hora local. A las 11:04 se reportó desde sectores de La Florida y Barranco, que se percibía un fuerte olor a huevo podrido.
06/04/06	07:03	En sobrevuelo se observó la salida de gas de color gris claro desde el domo, el cual se pudo correlacionar con el registro sísmico de eventos LP y Tremor.
11/04/06	05:45	Se observó una columna de gas de color gris claro, con aproximadamente 400 m de altura, dirigida hacia el SW, después cambió su altura hasta alcanzar 1.000 m sobre la cima de Galeras y

		permaneciendo hasta las 07:28 de la mañana.
12/04/06	13:43	Se registró una avalancha en el río Azufral, se empezó a registrar en las estaciones más cercanas a la cima de Galeras, como una señal de tremor, segundos después, esta señal se empezó a registrar en las estaciones lejanas Nariño2 y Calabozo. En esta última alcanzó una amplitud máxima de 126 $\mu\text{m/s}$ (14:09). Se informó de esto al Comité Local de Emergencias de Consacá. A las 14:40 el coordinador del CLE de Consacá, reportó la ocurrencia de una pequeña avalancha en el río Azufral, la cual subió el nivel del agua entre 4 y 5 m respecto al nivel normal, bajo el puente Alfonso López Pumarejo.
19-Abr	18:00	A las 6:30 de la mañana se hizo sobrevuelo, en el cual se pudo observar una columna de color blanco, pues gracias a las fuertes lluvias en la región y la interacción de las mismas con el sistema térmico del volcán, permiten la formación de columnas cuyo contenido es principalmente vapor de agua lo que le da una tonalidad blanca. No fue posible apreciar el domo de lava pero se logró percibir que las emisiones de vapor de agua y gas provienen de su contorno y de campos fumarólicos en las paredes internas del cráter. Durante horas de la tarde se recibieron reportes de la percepción de olores a azufre desde diferentes sectores de la ciudad, principalmente los sectores más cercanos al Galeras. Las emisiones de gases son procesos normales de un volcán activo, que al combinarse con el agua lluvia forman ácidos muchos mas perceptibles y molestos para el olfato y se propagan mas rápidamente con la lluvia y con los vientos, hechos que ocasionaron el fenómeno mencionado.
26-Abr	07:00	La cima se veía despejada, tanto desde Pasto como desde Consacá (según reporte). Se hizo el ascenso a las 08:00, por el Sur, pero las nubes se formaron muy rápido, impidiendo una buena visión de la cima. Aunque las condiciones no eran buenas para la observación, se pudo notar que está saliendo gas desde el cráter principal, asumiendo que es por el contorno del domo, que al parecer, no se ha sellado completamente. También se observó salida de gases en bastante cantidad y a manera de borbotones desde el Paisita y el sector occidental. Desde El Pinta sale en menor cantidad. El color del gas era blanco y no se percibió olores azufrados.
11-May 20-May	07:00	En los sobrevuelos del 11 y 20 de mayo se observó, en baja cantidad y presión, emisiones de gases de color blanco, saliendo alrededor del domo de lava y por algunas fumarolas y cráteres secundarios ubicados en la parte alta del cono activo. En general, la presión de salida era relativamente baja. En el recorrido del 11 de mayo ocurrió un evento asociado con movimiento de fluidos tipo LP, que se correlacionó con un incremento en la salida de gases por un sector lateral del domo. Ocasionalmente fue posible observar el domo de lava dentro del cráter principal dependiendo de la dispersión de los gases.
26-may	12:07	Se registró una señal de tremor y pocos segundos después se observó una emisión de cenizas asociada, la cual tuvo una columna que alcanzó los 700 m de altura sobre la cima y fue visible desde la ciudad de Pasto y otras poblaciones de la zona de influencia del volcán. Esta emisión se dispersó hacia el occidente y noroccidente del volcán cayendo ceniza en pequeñas cantidades en las poblaciones de Consacá y Sandoná. A las 16:55 se registró otro evento sísmico tipo tremor asociado también con emisión de cenizas conforme a los reportes que se recibieron desde sectores ubicados al noriente y norte tales como Villa María, El Vergel, Fontibón, Puyitopamba y Nariño. Estos dos episodios tuvieron también correlación con el registro de señales acústicas en la estación Calabozo.
28-may 30-may	07:00	Aunque las condiciones climáticas del 28 de mayo no fueron óptimas, el sobrevuelo de ese día permitió establecer que la emisión de gases tenía una baja presión de salida. En el sobrevuelo del día 30 se observó bastante gas, mayoritariamente de color blanco, la cantidad emitida no permitió ver el domo de lava.
01-jun 15-jun		Registro de enjambres de eventos híbridos que desencadenaron episodios de Tremor, con formación de columnas de ceniza. Este proceso se inició en mayo 26 y se prolongó hasta junio 15 de 2006. Las emisiones fueron observadas desde diferentes sectores alrededor del volcán, con alturas de columna entre 400 hasta 1400 m sobre la cima de Galeras. Algunos de estos eventos generaron registro en el sensor de acústica ubicado a 7 km al occidente del volcán.
12-jun	17:43	En sobrevuelo del día 12 se notó evidencias de que las emisiones de ceniza estuvieron asociadas con la ampliación de un foco de emisión localizado hacia la pared oriental del cono activo, llamado

		Urcunina y no propiamente del domo de lava.
24-jun	07:57	En sobrevuelo se notó que el gas emitido es muy poco. El punto de mayor emisión es El Paisita, desde donde sale el gas con poca presión y de color blanco. En los otros puntos apenas se ven halos tenues de gas.

Gracias al apoyo de la Fuerza Aérea Colombiana y en algunas ocasiones de La Policía Nacional de Colombia, personal del INGEOMINAS pudo tomar registro fotográfico y filmico de la actividad superficial de Galeras. Este permanente registro fotográfico y filmico se almacena en sus correspondientes bases de datos, pero parte de este material es seleccionado y se coloca en la página Web del observatorio, para que el público en general pueda tener acceso directo a este tipo de información gráfica. Una galería de fotos tomada durante este semestre se presenta a continuación:



Figura 2.29. Primera observación del domo de lava, dentro del cráter principal, enero/13/09:00 LT



Figura 2.30. Fotografía del domo de lava y de la emisión de gases desde varios puntos del cono activo, nótese que el tamaño del domo es mayor que el observado en enero. Febrero/15/07:21 LT



Figura 2.31. Emisión de gases en el domo de lava y en diversos puntos del cono. Marzo/03/07:07 LT

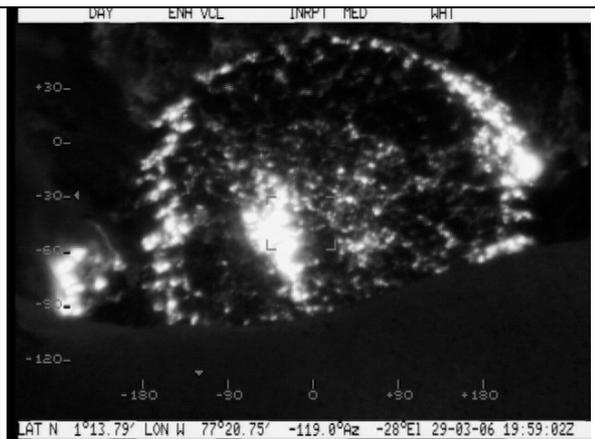


Figura 2.32. Fotografía térmica del domo, las partes claras son zonas con temperaturas superiores a 30°C y las partes oscuras son zonas frías. Foto cortesía de La Policía Nacional. Marzo/30/14:59 LT

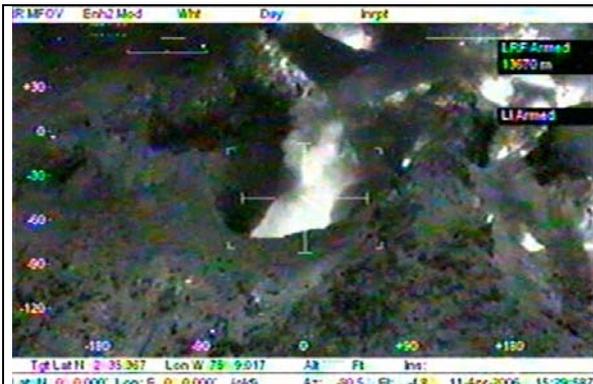


Figura 2.33. Foto térmica del sector del Pinta, abril/11/10:29 LT. Cortesía Policía Nacional.



Figura 2.34. Domo de lava y emisión de gases desde la periferia. Mayo/11/07:04 LT.



Figura 2.35. Fotografía de una emisión de cenizas, tomada desde sobrevuelo. Junio/4/07:29 LT.



Figura 2.36. Fotografía del cráter principal, nótese el nuevo cráter Urcunina. Junio/12/17:43 LT



Figura 2.37. Disminución marcada de la cantidad de gas emitido. Junio/24/07:57 LT.

2.6 ESTACION CLIMATOLOGICA

Datos de la estación climatológica (1,6 km S del cráter activo), solamente se registraron hasta abril 9, pues la estación fue afectada por un rayo y como se comentó previamente, debido al nivel de

actividad de Galeras, no fue posible restablecer su señal durante el resto del primer semestre de 2006.

Los datos de velocidad del viento evidenciaron una pequeña temporada de vientos fuertes que alcanzaron los 97 km/hora a finales del mes de enero (Figura 2.38). Los valores de velocidad del viento fluctuaron entre 1,3 y 97 km/hora; estos valores en particular fueron registrados respectivamente en enero 8 y enero 25 de 2006. Otro pico significativo en la velocidad del viento de cerca de 75 km/h se registró el 29 de marzo de 2006 (Figura 2.38).

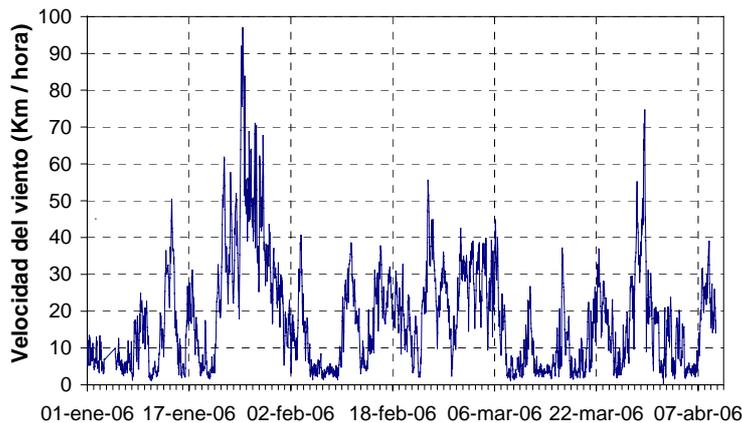


Figura 2.38. Velocidad del viento en la cima. Enero a junio de 2006

La dirección predominante de los vientos durante el tiempo de funcionamiento de la estación se mantuvo entre 270° y 290° de azimut, dirigido hacia un caserío denominado Olaya Herrera entre las poblaciones de Sandoná y Consacá, al occidente y noroccidente del volcán (Figura 2.39). En una visión más general del comportamiento, en este periodo fue usual registrar la dirección del viento entre los 230° y los 360° de azimut, o sea barriendo los cuadrantes del suroccidente al norte y sólo en contadas ocasiones apuntó hacia el sur (Figura 2.39).

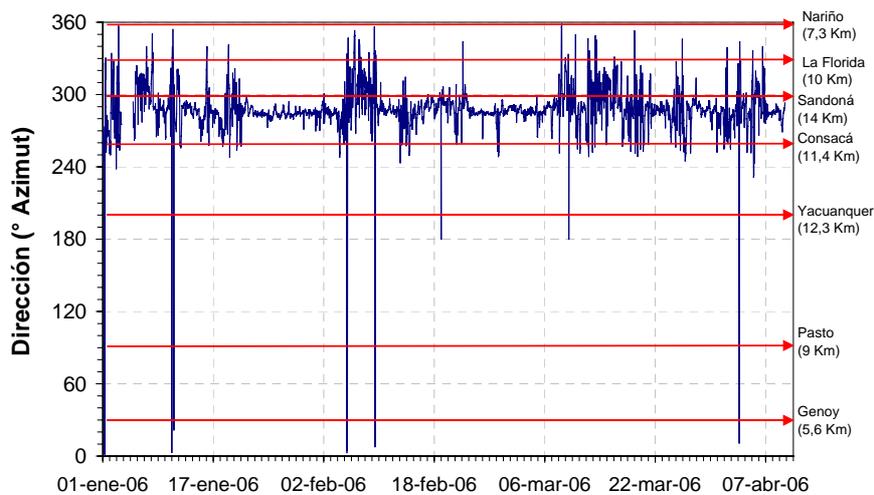


Figura 2.39 Dirección del viento en la cima. Enero a junio de 2006

De similar forma que en temporadas anteriores, la temperatura ambiente en la cima osciló entre $-0,5^{\circ}\text{C}$ y $12,6^{\circ}\text{C}$ (Figura 2.40). Predominantemente, los valores de temperatura oscilaron entre 3°C y 4°C (Figura 2.40).

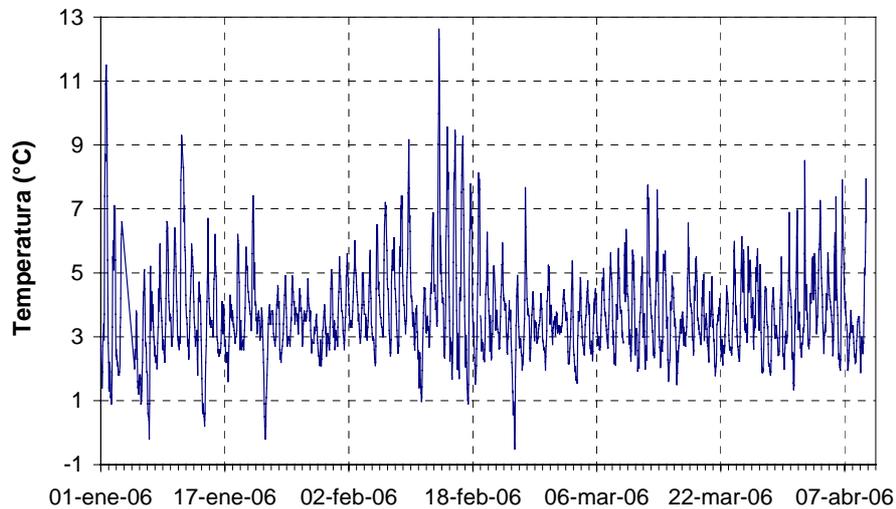


Figura 2.40. Temperatura ambiental en la cima. Enero a junio de 2006

Con los datos disponibles, se observó que la época de mayor precipitación en la cima, fue marzo y se alcanza a manifestar el comienzo de la época de lluvias a principios de abril con un pico de precipitación diaria de 56 mm, registrado en abril 5 (Figura 2.41). Los días de ausencia de precipitación fueron muy escasos, pues debido a las extremas condiciones atmosféricas de la cima, es muy común que esté nublada y se presenten lluvias, lloviznas, tormentas y en algunas ocasiones granizo.

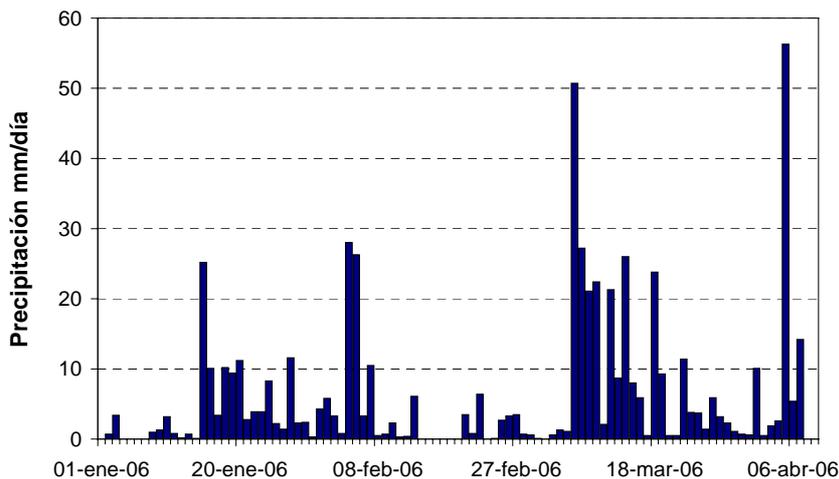


Figura 2.41. Precipitación en la cima. Enero a junio de 2006

En general los datos de presión atmosférica mostraron una tendencia relativamente estable, con un promedio de 631 hPa (Figura 2.42). El rango de valores de presión en la cima, osciló entre 627 y

634 HPa concordantes con las condiciones de la altura a la cual se encuentra localizada la estación(Figura 2.42).

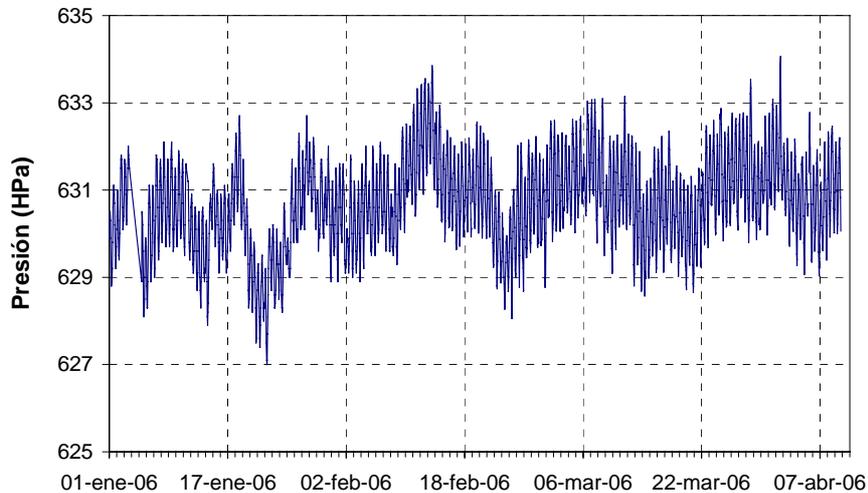


Figura 2.42. Presión atmosférica en la cima. Enero a junio de 2006

2.7 SEGUIMIENTO DEL DOMO DE LAVA

Desde el punto de vista de la evolución y seguimiento de la actividad eruptiva del Volcán Galeras, un hecho significativo correspondió a la observación en el fondo del cráter principal, de un cuerpo de lava viscoso, a manera de domo. Esta observación fue realizada en enero 13 de 2006, fecha en la cual el volcán se despejó después de varios días de estar cubierto por nubes.



Figura 2.43. Fotografía del domo de lava de Galeras (cuyo borde externo se resalta en negro), tomada durante el sobrevuelo realizado en marzo 3 de 2006 por personal del OVSP-INGEOMINAS, en el helicóptero Hughes de la Fuerza Aérea Colombiana

En términos del seguimiento instrumental que el Observatorio ha hecho de Galeras desde 1989, se tuvo un proceso similar en la actividad eruptiva de este volcán ocurrida entre 1989 y 1995, con la extrusión de un domo de lava observado por primera vez en octubre 9 de 1991, con un volumen cercano a los 200.000 m³, creciendo hasta cerca de los 400.000 m³ aproximadamente hasta el 23 de octubre de ese año.

Posteriormente se presentó un proceso de estabilización, enfriamiento y cristalización de ese cuerpo, que tomó cerca de 9 meses desde su extrusión y la posterior ocurrencia de varios eventos eruptivos explosivos registrados entre 1992 y 1993, el primero de los cuales ocurrió en julio 16 de 1992, destruyendo entre el 60 y el 70% de la expresión superficial del domo de aquella época. El volumen total de material depositado por las erupciones de 1992 – 1993 fue estimado en cerca de 2'800.000 m³ correspondiendo entonces a cerca de 7 veces el volumen estimado para el domo de lava.

Gracias al georeferenciamiento de varios sectores del cono activo y del cráter principal, se pudo realizar un proceso detallado de seguimiento del crecimiento del domo de lava actual de Galeras a través de la combinación de registro fotográfico con modelos en 3D. De acuerdo con el sobrevuelo de enero 13 de 2006 y el posterior análisis de la información, al domo se le estimó un volumen cercano a los 700.000 m³ que luego creció hasta cerca de 1.300.000 m³ a partir de los datos recopilados en febrero 15 de 2006, indicando entonces un volumen mayor al estimado en 1991.

De acuerdo con los cambios observados en parámetros como sismicidad y deformación, se asume que muy probablemente el ascenso final del domo o emplazamiento de este cuerpo en el fondo del cráter, se presentó en los primeros días de enero de 2006, particularmente teniendo en cuenta el sobrevuelo efectuado en diciembre 29 de 2005, fecha en la cual, no es clara la existencia de este cuerpo en el cráter.

Con base en lo anterior, los 700.000 m³ de material magmático fueron extruídos en un lapso cercano a 15 días, lo cual permite establecer los siguientes estimativos, que deben usarse como un referente y no como valores absolutos.

- ◆ Asumiendo un crecimiento regular del domo en ese periodo de tiempo, la tasa de aumento de material estuvo cercana a los 46.000 m³/día. El crecimiento del domo emplazado en 1991, se estableció con una tasa aproximada de 12.000 m³/día.
- ◆ La tasa de crecimiento del domo 2006 indicaría un aporte de material cercano a los 0,5 m³/s. El domo de 1991, correspondió a una tasa cercana a 0,1 m³/s. De acuerdo con experiencias observadas en otros volcanes con crecimientos rápidos de domos de características similares, esas tasas pueden estar entre 1,0 y 10,0 m³/s (Randall White – USGS, comunicación verbal) por lo cual el crecimiento de los domos de Galeras es considerado como lento.

Teniendo en cuenta el crecimiento del domo hasta febrero, se puede mencionar que para los dos periodos de tiempo ya referenciados, el crecimiento de material se produjo a unas tasas más o menos similares que estuvieron entre 11.000 y 16.000 m³/día, siendo ligeramente mayores las calculadas para el domo actual (Tabla 2.4).

Tabla 2.4. Tabla comparativa de las tasas de crecimiento y promedio diario de los domos del Volcán Galeras, emplazados en 1991 y 2006.

Fecha de referencia	Volúmenes de material (m ³)	variables del crecimiento		
		tiempo (días)	volumen (m ³)	Tasas crecimiento (m ³ /día)
09/Oct/1991	240000	14	160000	11429
23/Oct/1991	400000			
13/Ene/2006	710000	33	515000	15606
15/Feb/2006	1225000			

Con las incertidumbres y factores de error que pueden existir en las medidas y cálculos, se deduce que cerca del 60 % del material del domo hasta ahora detectado, se emplazó en el fondo del cráter principal en un período de tiempo que puede estar entre los 15 – 20 días, mientras que el 40 % de material restante, lo hizo a una tasa menor de crecimiento y durante un lapso, un poco mayor a los 30 días. Los sobrevuelos realizados en marzo y el resto del semestre, permitieron observar que el domo comenzó a solidificarse, notándose que las tasas de crecimiento se tornaron muchísimo más lentas, con lo cual se pudieron hacer las siguientes apreciaciones:

- ◆ Utilizando georeferenciones y modelamientos tridimensionales del interior del cráter principal, se estableció que el domo de lava tiene un volumen estimado de 3'000.000 m³. Este domo tiene forma irregular, niveles con diferentes espesores, se ajusta a la morfología del cráter y en su base tiene una dimensión mayor de cerca de 260 m por 170 m en el otro sentido y una altura aproximada de 100 m (Figuras 2.44 y 2.45).

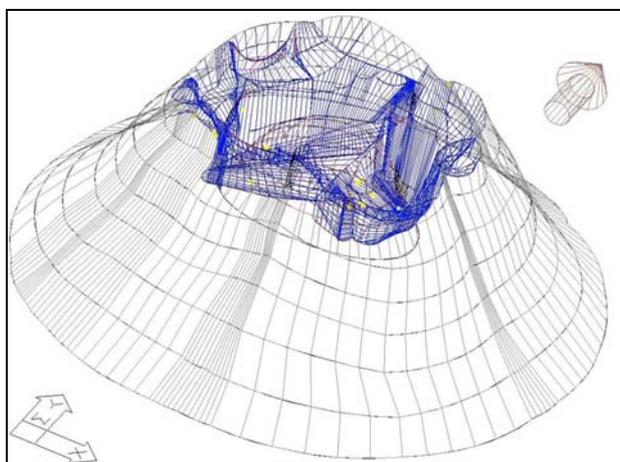


Figura 2.44. Imagen de un modelo tridimensional del cono activo del volcán Galeras. La flecha a la derecha indica el norte geográfico y los puntos amarillos son puntos fumarólicos georeferenciados.

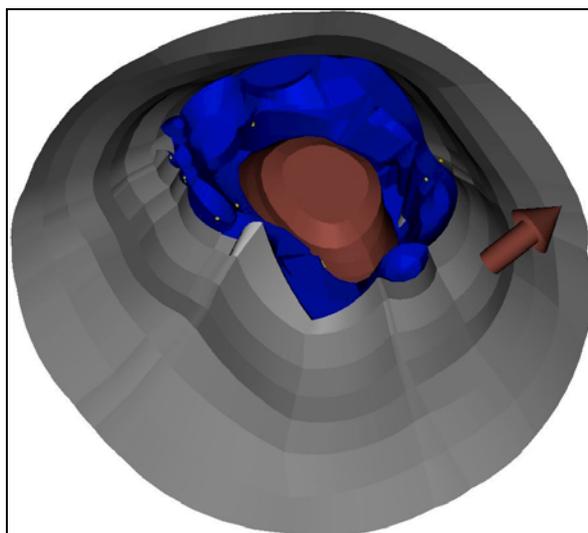


Figura 2.45. Detalle de contornos del modelo tridimensional del cono activo del volcán Galeras, detallando el interior del cráter principal y el domo de lava (en color café), emplazado en el fondo del cráter principal, que se usó como base para el cálculo de volúmenes.

- ◆ En forma particular y teniendo en cuenta los episodios de sismos VT (asociados con fractura de la roca debida a la inyección de magma desde la parte inferior de la corteza), registrados en agosto de 2005 (50 sismos, 14 con magnitud mayor de 3 y seis con magnitud entre 4 y 4,7) y en febrero de 2006 (40 sismos, 6 con magnitud mayor de 2,5 y uno con magnitud 4,8), se efectuaron cálculos del posible volumen del material causante de la intrusión y rompimiento de la corteza volcánica, obteniendo un volumen estimado en 10'000.000 m³. Una parte de este volumen correspondería entonces al estimado para el domo de lava emplazado en la superficie a principios del 2006. Desde que INGEOMINAS inició el monitoreo continuo de Galeras en 1989, ésta cifra corresponde al mayor volumen de material magmático detectado a partir del análisis de la información instrumental.
- ◆ Los profesionales de INGEOMINAS pueden establecer comparaciones del comportamiento instrumental de la sismicidad y demás parámetros que sirven para monitorear la actividad del volcán Galeras, desde 1989 hasta la actualidad, ya que desde esa fecha se inició el monitoreo continuo y sistemático. Entre 1989 y 1995 Galeras mostró diferentes procesos asociados con "limpieza" de conductos volcánicos, emplazamiento de un domo de lava de volumen estimado en 400.000 m³, luego la destrucción explosiva de este cuerpo de lava y la posterior generación de cinco eventos eruptivos explosivos entre enero y junio de 1993.
- ◆ El volumen correspondiente al domo que se emplazó en 1991 se estimó en un total de 400.000 m³, lo cual significa que el domo de lava de 2006 es aproximadamente 7,5 veces mayor que el domo de 1991.
- ◆ El volumen total mínimo de material volcánico emitido por Galeras durante las erupciones explosivas registradas entre 1992 y 1993 fue estimado en 2'800.000 m³ lo que indica que el

volumen del domo fue tan sólo una parte del material volcánico que fue expulsado por la actividad eruptiva, es decir una décima parte del total de material eruptado.

- ◆ El volumen total mínimo emitido por el volcán Galeras durante los procesos eruptivos registrados entre el 2004 y el 2005 es de cerca de 3'000.000 m³, particularmente durante las erupciones explosivas de agosto 11-12 de 2004, noviembre 21 de 2004 y noviembre 24 de 2005, lo que corrobora que en el actual proceso, hay mayores volúmenes involucrados que en el lapso 1992-1993.
- ◆ Lo observado entre 1989 y el 2006, nos ubica ante un volcán cuya dinámica eruptiva varía tanto en la forma del proceso eruptivo, como en la evolución temporal y normalmente un volcán como Galeras puede registrar no solo una sino varias erupciones explosivas durante este proceso. El episodio eruptivo anterior se inició en 1989 y se extendió hasta finales de 1995 (cerca de 7 años), con al menos 6 erupciones de tipo explosivo registradas particularmente entre 1992 y 1993. Entre el 2004 y el presente, Galeras ha registrado un proceso eruptivo que está por completar dos años, con el registro hasta la fecha de 4 erupciones explosivas y el emplazamiento de un domo de lava de proporciones mayores a lo registrado instrumentalmente entre 1989 y 2006.

2.8 CONCLUSIONES

- En general se notó un aumento tanto en la ocurrencia de los eventos sísmicos como en su energía liberada, en relación con los registros del semestre anterior.
- El suceso más importante de la actividad volcánica fue la salida, emplazamiento y degasificación de un domo de lava en el cráter principal.
- Por las tasas de crecimiento que se calcularon, se deduce que la lava que compone el domo es relativamente viscosa y su crecimiento era bastante lento, comparado con otros volcanes que tienen construcciones de domo en sus periodos de actividad.
- Otros dos sucesos importantes fueron los enjambres sísmicos de febrero.
- El enjambre de febrero 12 se asoció con la mayor tasa de degasificación del domo de lava y fue importante por la forma del registro, a manera de eventos seguidos uno detrás de otro con amplitudes y duraciones similares y por la ocurrencia de los eventos, con una tasa horaria cercana a los 200 sismos por hora. Estos eventos fueron de tipo LP.
- El segundo enjambre fue de sismos de fractura, ocurrió en febrero 26 y fue asociado con una intrusión magmática a una profundidad entre 3 y 5 km, su energía fue la mayor de toda la actividad sísmica de Galeras durante el semestre. Se estima que hasta finales de este primer semestre, no es claro el reflejo en superficie de este posible nuevo aporte de material.
- Dos eventos del enjambre de febrero 26 fueron sentidos en la ciudad de Pasto y algunos poblados de la zona de influencia de Galeras.
- En varias ocasiones se generaron columnas con alturas entre 200 y 1.500 m sobre la cima de Galeras, la mayoría de ellas cargadas con partículas de ceniza, asociadas con registros de señales de tremor espasmódico y también con registro en el sensor de acústica.

- Los vectores cortos de nivelación no se pudieron ocupar una cantidad suficiente de veces debido a la actividad volcánica, por lo cual no hubo suficiente información para establecer tendencias en su comportamiento.
- Los inclinómetros mostraron notables variaciones, especialmente con las componentes tangenciales, indicando un foco de deformación hacia el suroriente del cono activo.
- Durante el emplazamiento del domo de lava en el cráter principal, las concentraciones de SO₂ fueron altas, con relación a los valores que se tuvieron en el resto del semestre, exceptuando los días siguientes a marzo 28 cuando un episodio de eventos de tremor energéticos elevaron un poco las concentraciones, en esa fecha se cambió el nivel de actividad de Galeras a II.
- Las emisiones de Radón-222 tanto en la Línea Norte como en la Línea Circunvalar fueron en general, menores de 4.000 pCi/L.
- Las emisiones de las estaciones del sector de las lavas fisurales de San Cayetano mostraron un descenso brusco en sus emisiones a mediados del semestre, lo cual se mantuvo durante el resto del mismo.
- Desde reconocimientos aéreos se observaron emisiones de gases, que a principios del semestre se distribuían en la superficie del domo y en la periferia del cono volcánico, pero a medida que se solidificaba el domo, las emisiones comenzaron a concentrarse en la periferia del domo y en la periferia del cono activo, especialmente en el sector occidental.
- Los sucesos de la actividad volcánica acontecidos en el primer semestre de 2006 se enmarca dentro de un proceso que el OVSP ha designado como DOMICO.
- La evaluación general de la actividad indica un claro progreso en el desarrollo del proceso volcánico de Galeras, que se ha correlacionado mediante el seguimiento de los diferentes parámetros de monitoreo. En ese seguimiento, el hecho destacable es el emplazamiento de un domo de lava con dimensiones mucho mayores que el que se emplazó en 1991 y con indicios de que el volumen que actúa internamente es también mayor que lo que se presentó entre 1989 y 1993. El comportamiento del volcán está mostrando un patrón similar al observado en el periodo de reactivación anterior, en el que se reduce la sismicidad, se presenta enfriamiento en la parte superficial del domo, se reducen las tasas de emisión de gases, etc. indicando una alta probabilidad de que se puedan generar eventos eruptivos de características explosivas.
- Por otro lado, el comportamiento eruptivo de Galeras (en términos de su geología e historia) muestran que se han registrado erupciones explosivas con generación de fenómenos tan peligrosos como los flujos piroclásticos, lo que implica un estado especial de atención en el seguimiento del fenómeno y la insistencia para que las autoridades y la comunidad activen sus planes de contingencia, especialmente de aquellas personas que habitan en la zona de amenaza volcánica alta demarcada en rojo en el mapa de amenazas.

2.9 BIBLIOGRAFIA

Instituto Colombiano de Geología y Minería, INGEOMINAS. Boletín Semestral de Actividad de los Volcanes Colombianos, julio a diciembre de 2005. Informe inédito. Pasto. Febrero 2005.

Instituto Colombiano de Geología y Minería, INGEOMINAS. Reportes Mensuales de Actividad del Volcán Galeras. Meses de enero a junio de 2006. Varios autores. Informes inéditos. Pasto. 2006.

2.10 PERSONAL PARTICIPANTE

Personal Observatorio Vulcanológico de Pasto

Gómez Martínez Diego Mauricio	Ponce Villarreal Anita Patricia
Laverde Castaño Carlos Andrés	Silva Parra Betty
Narváez Medina Lourdes	Torres Corredor Roberto Armando
Ortega Estupiñán Adriana Micaela	Grupo de Estudiantes

Personal INGEOMINAS otras sedes

Alvaro Pablo Acevedo	Gloria Patricia Cortés
Milton Ordóñez	John Makario Londoño
Jaime Raigosa Arango	Carlos Eduardo Cardona
Dra. Marta Lucía Calvache	Gustavo Garzón Valencia
Dra. Mónica Arcila	Carlos Alberto Rey
Fernando Gil Cruz	Marcelo García