



**BOLETIN SEMESTRAL DE ACTIVIDAD DEL VOLCAN GALERAS
JULIO A DICIEMBRE DE 2006**

Edición:

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

San Juan de Pasto, Marzo de 2007

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
JULIO A DICIEMBRE DE 2006

Edición:

GRUPO DE TRABAJO OBSERVATORIO VULCANOLOGICO
Y SISMOLOGICO PASTO

San Juan de Pasto, Marzo de 2007

2. VOLCAN GALERAS

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	
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. VISITA A OTROS VOLCANES	
2.7. ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA	
2.8. OTRAS ACTIVIDADES	
2.8.1 VISITA AL VOLCÁN TUNGURAHUA	
2.9. CONCLUSIONES.	
2.10. BIBLIOGRAFÍA	
2.11. PERSONAL PARTICIPANTE	

TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1	Valores de amplitudes máximas y periodos asociados.
Tabla 2.2	Eventos volcáno-tectónicos reportados como sentidos los días 29 y 30 de julio de 2006.
Tabla 2.3	Mediciones de flujo de SO ₂ durante el segundo semestre de 2006.
Tabla 2.4	Cálculo del volumen del material emitido por las erupciones del 12 de julio de 2006 con base a las curvas Isópacas.
Tabla 2.5	Puntos de observación y muestreo para la elaboración del mapa de isópacas de las erupciones del 12 de julio de 2006.
Tabla 2.6	Observaciones de la actividad superficial de Galeras. Segundo semestre de 2006.
Tabla 2.7	Eventos de origen Tectónico Local, sentidos en algunos Municipios de Nariño.

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 periodo: 1: Anganoy, 2: Cráter2, 3: Urcunina, 4: Cobanegra3, 5: Obonuco, 6: Nariño2, 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: Urcunina e i4: 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 periodo, estaciones de banda ancha (CR2V, CUFV, CUFA), estación climatológica (CRWV, CRWD, CRTM, CRHM, CRPL, CRPR) e inclínómetros electrónicos (I-PELA, I-CRA2, I-URCU, I-CALA), para vigilancia de Galeras. Julio a diciembre de 2006.
- Figura 2.3 Registro sísmico del evento de Tremor asociado con el proceso eruptivo del 8 de julio de 2006, desde las 5:21 a.m. en las estaciones de corto periodo Anganoy y Cobanegra 3, en la estación de banda ancha Cufiño (componente vertical) y en el sensor de acústica de Calabozo.
- Figura 2.4 Registro sísmico digital del evento tipo tornillo registrado el 10 de julio a las 11:17 a.m. en la estación sísmica de corto periodo Anganoy, con su respectivo espectro (izquierda) y registro analógico en la estación Anganoy (derecha).
- Figura 2.5 Registro sísmico (arriba) y espectrograma (abajo) del 12 de julio de 2006, a partir de las 10:58 a.m., cuando ocurrió el primer evento eruptivo explosivo, hasta las 9:45 p.m. Adicionalmente se muestran los dos registros asociados a los episodios eruptivos que acontecieron el mismo día a las 2:32 p.m. y 9:02 p.m.
- Figura 2.6 Registros sísmicos digitales del evento eruptivo registrado el 12 de julio de 2006 a las 10:58 a.m. en la estación de corto periodo Anganoy, en la estación de banda ancha Cufiño (componente vertical) y registro acústico en el micrófono de Calabozo.
- Figura 2.7 Señal de infrasonido registrada por la estación LITE en Ecuador (Tomado del Infrasound Laboratory University of Hawaii), asociada con la erupción del 12 de julio de 2006.
- Figura 2.8 Registro digital y espectro de Fourier del evento tipo Tornillo registrado el 12 de julio de 2006, a las 12:39 p.m. en la estación de corto periodo Anganoy y en la estación de banda ancha Cufiño (componente vertical).
- Figura 2.9 Episodio eruptivo del 12 de julio de 2006, a las 2:32 p.m., registrado en la estación de corto periodo Anganoy, en la estación de banda ancha Cufiño (componente vertical) y en el sensor de acústica de Calabozo.
- Figura 2.10 Episodio eruptivo registrado el 12 de julio de 2006 a las 9:02 p.m., registrado en la estación de corto periodo Anganoy, en la estación de banda ancha Cufiño (componente vertical) y en el sensor de acústica de Calabozo.
- Figura 2.11 Gráfica comparativa de los registros sísmicos asociados a los eventos eruptivos del volcán Galeras entre 2004 y 2006, registrados en la estación de banda ancha Cufiño (componente vertical).
- Figura 2.12 Ocurrencia diaria y raíz de la energía diaria de eventos VT. Julio a diciembre de 2006.
- Figura 2.13 Distribución epicentral de sismos VT en el área de influencia de Galeras. Julio a diciembre de 2006.
- Figura 2.14 Ocurrencia diaria y raíz de la energía diaria de eventos LP. Julio a diciembre de 2006.
- Figura 2.15 Ocurrencia diaria y raíz de la energía diaria de eventos LP. Julio a diciembre de 2006. En la figura se aprecia el incremento en número de ocurrencia diaria de eventos LP entre el mes de agosto y noviembre.
- Figura 2.16 Número y energía diaria de eventos tipo Tornillo y Seudo-Tornillo, registrados a partir del 11 de noviembre hasta el 31 de diciembre de 2006.
- Figura 2.17 Evolución en el tiempo del comportamiento de las frecuencias dominantes en la estación sísmológica de corto periodo Anganoy de los eventos tipo Tornillo (rojo) y Seudo-Tornillo

- (azul), registrados desde el 11 de noviembre hasta el 31 de diciembre de 2006.
- Figura 2.18 Gráfica con un mayor detalle en el comportamiento de las frecuencias de los eventos tipo Tornillo (rojo) y Seudo-Tornillo (azul), registrados desde el 11 de noviembre hasta el 31 de diciembre de 2006, resaltando la tendencia de las frecuencias dominantes.
- Figura 2.19 Gráfica del comportamiento de las frecuencias de los eventos tipo Tornillo (azul) y Seudo-tornillos (rojo) registrados entre noviembre y diciembre de 2006, en la estación sismológica de coro periodo Anganoy..
- Figura 2.20 Comportamiento de las duraciones de los eventos tipo Tornillo y Seudo-Tornillo, registrados desde el 11 de noviembre hasta el 31 de diciembre de 2006.
- Figura 2.21 Distribución epicentral de sismos tipo LP localizados por el método de atenuación. Julio a diciembre de 2006.
- Figura 2.22 Ocurrencia diaria y raíz de la energía diaria de eventos tipo Híbrido. Julio a diciembre de 2006.
- Figura 2.23 Ocurrencia y raíz de la energía diaria de eventos tipo Híbrido. Julio a diciembre de 2006.
- Figura 2.24 Distribución epicentral de sismos tipo HYB en el área de influencia de Galeras. Julio a diciembre de 2006
- Figura 2.25 Ocurrencia diaria y energía diaria de episodios de Tremor. Julio a diciembre de 2006
- Figura 2.26 Distribución epicentral de episodios de Tremor (TRE) localizados por el método de atenuación. Julio a diciembre de 2006.
- Figura 2.27 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 2.28 Comportamiento de Vectores de Nivelación ubicados en el sector Norte del volcán. Los VN Popeye y Chiguaco no se ocuparon durante el 2006.
- Figura 2.29 Comportamiento de los Vectores de Nivelación ubicados en el sector Sur del volcán.
- Figura 2.30 Comportamiento de los Vectores de Nivelación ubicados en el sector Oriental del volcán.
- Figura 2.31 Comportamiento del Vector de Nivelación ubicado en el sector Occidental del volcán.
- Figura 2.32 Comportamiento de la red de inclinómetros electrónicos instalados en Galeras. **a.** Inclinómetro Cráter, **b.** Inclinómetro Peladitos, **c.** Inclinómetro Urcunina, **d.** Inclinómetro Calabozo.
- Figura 2.33 Vector resultante calculado para los inclinómetros electrónicos en diferentes periodos **a)** I. Cráter, **b)** I. Peladitos, **c)** I. Urcunina, **d)** I. Calabozo.
- Figura 2.34 Emisiones de SO₂, medidas con miniDOAS y scanDOAS (NOVAC). Segundo semestre de 2006.
- Figura 2.35 Emisiones de Rn-222, en la Línea Norte. Segundo semestre de 2006.
- Figura 2.36 Emisiones de Rn-222, en la Línea Circunvalar. Segundo semestre de 2006.
- Figura 2.37 Emisiones de Rn-222, en la Línea Galeras. Segundo semestre de 2006.
- Figura 2.38 Registro de concentración y dispersión de la columna de SO₂ emitida por la actividad del volcán Galeras el 8 de julio, entre las 2:18 y 2:21 p.m.
- Figura 2.39 Registro de concentración y dispersión de la columna de SO₂ emitida luego de la erupción del 12 de julio entre la 1:54 y 1:56 pm.
- Figura 2.40 Emisión de ceniza del 8 de julio de 2006, vista desde el sector de El Motilón, ubicado aproximadamente a 11 Km., hacia el sector NNW del cráter del volcán
- Figura 2.41 Emisión de ceniza del 8 de julio de 2006, vista desde el sector del municipio de Consacá (izquierda) y dispersión de la ceniza sobre el casco urbano del municipio (derecha).
- Figura 2.42 Emisión de ceniza del 8 de julio de 2006, sector NNW, captado desde sectores del albergue El Vergel.
- Figura 2.43 Proceso de emisión vapor de agua y otros gases del día 8 de julio de 2006, desde cráteres secundarios y campos fumarólicos del cono activo del volcán (izquierda). Evidencia de los depósitos de material emitido hacia el sector occidental del cono activo (derecha).
- Figura 2.44 Sobrevuelo del 10 de julio de 2006. A la izquierda: emisiones de gases y vapor de agua desde diferentes sectores del cono, principalmente, desde el sector occidental (6:45 a.m.) y a la derecha, vista de la ampliación del campo fumarólico de La Joya y El Paisita (8:37 a.m.).
- Figura 2.45 Mapa de isópacas para el evento de emisión del 8 de julio de 2006, encontrándose ceniza depositada hasta el sector del municipio de Samaniego.

- Figura 2.46 Seguimiento fotográfico de la erupción del 12 de julio de 2006. Columna eruptiva que inició a las 10:58 a.m., registrado con la cámara Web desde el observatorio de Pasto.
- Figura 2.47 Seguimiento fotográfico de la erupción del 12 de julio de 2006. Columna eruptiva de las 10:58 a.m., observada desde Nariño (Tomado de AP-Diario del Sur).
- Figura 2.48 Seguimiento fotográfico de la erupción del 12 de julio de 2006. Imágenes de la columna eruptiva de las 10:58 a.m., observadas desde el municipio de Chachagüí.
- Figura 2.49 Bloques eyectados durante la erupción del 12 de julio de 2006, a las 10:58 a.m.
- Figura 2.50 Incendios ocasionados en el sector norte, en la parte alta del volcán, por los bloques incandescentes de la erupción del 12 de julio.
- Figura 2.51 Caída de ceniza en el sector Santa Bárbara, al norte del volcán a 10 Km. al norte del cráter activo de Galeras.
- Figura 2.52 Representación gráfica de la dispersión de la columna de ceniza, observada y pronosticada para la actividad eruptiva de Galeras de las 10:58 a.m. del 12 de julio de 2006.
- Figura 2.53 Muestra de ceniza tamaño "arena fina a media" recogida en la vereda San Francisco del municipio de Linares (23 Km. al nor-oeste del cono activo).
- Figura 2.54 Microfotografías de las secciones delgadas de las muestras de bloques que cayeron aproximadamente a un kilómetro del cráter. **a)** y **b)** Nícoles cruzados y paralelos respectivamente, del mismo punto; **c)** y **d)** otro punto de la sección delgada, con nícoles cruzados y paralelos, respectivamente. Plag: plagioclasa; Cpx: clinopiroxeno; Mic: microlito.
- Figura 2.55 **a)** Imagen del 24 de junio de 2006 en donde se aprecia el domo con los contornos hundidos respecto al centro **b)** imagen del 16 de julio de 2006 en donde se observa algunas modificaciones de los contornos del domo.
- Figura 2.56 **a)** Imagen térmica del 29 de marzo de 2006 donde se observa tonalidades oscuras que indican zonas relativamente frías sobre el domo (menos de 30 °C). **b)** Imagen térmica del 17 de julio de 2006 con un relativo incremento de tonalidades claras que indican mayores temperaturas llegando a saturar (color blanco) el rango de operación de la cámara.
- Figura 2.57 **a).** Cráter de impacto cerca a la vía que conduce a la cima de Galeras. **b).** Cráter de impacto, en el corredor entre la base militar Galeras y la estación sísmica Anganoy. **c).** Rocas impactadas e inmediatamente fragmentadas. **d).** Roca preexistente impactada y fracturada por una roca emitida el 12 de julio de 2006.
- Figura 2.58 **a).** Incendio en la parte alta de la quebrada Maragato y del río Barranco. **b).** Capa de ceniza en el sector del nacimiento de los ríos Barranco y Chacaguaico. **c).** Fragmentos tamaño ceniza y lapilli, observados en la vegetación a lo largo del Camino Real. **d).** Acumulación de ceniza y lapilli en uno de los taludes del Camino Real.
- Figura 2.59 Mapa de isópacas de las erupciones del 12 de julio de 2006. Al extremo de cada isópaca se indica el espesor correspondiente en mm.
- Figura 2.60 Modelo del cono de Galeras con algunos de sus focos de emisión, en esta gráfica se observa el cráter principal sin que haya evidencias del domo de lava hacia finales de octubre de 2005.
- Figura 2.61 Modelo del cono de Galeras con algunos de sus focos de emisión y en verde se representa el domo de lava emplazado en el fondo del cráter hacia finales de marzo de 2006.
- Figura 2.62 Modelo del cono de Galeras con algunos de sus focos de emisión, en verde se presenta la evolución del domo de lava hacia finales de junio de 2006.
- Figura 2.63 Modelo del cono de Galeras con algunos de sus focos de emisión, en rojo se representa la redistribución del domo de lava, luego del proceso eruptivo del 12 de julio de 2006.
- Figura 2.64 Fotografías tomadas el 3 de agosto de 2006 desde el sureste, en el borde del anfiteatro de Galeras. En la foto de la izquierda se destaca el cráter El Viejo, al Sureste del cono activo, con una emisión no muy intensa de gases y en la foto de la derecha se aprecia el campo fumarólico de las Deformes ubicado al Sur del cono activo.
- Figura 2.65 Detalle del cráter adventicio "El Viejo", en donde se observa el orificio y el material depositado al frente.
- Figura 2.66 Sobrevuelo del 8 de septiembre de 2006 a algunos de los volcanes activos del Departamento de Nariño. **a).** Volcán Chiles, **b).** Volcán Cerro Negro, **c).** Volcán Cumbal, con actividad fumarólica baja y **d).** Volcán Azufral.
- Figura 2.67 Muestra gráfica del trabajo de campo adelantado por geólogos del INGEOMINAS en la región

del Volcán Doña Juana dentro de la fase inicial de caracterización de los depósitos geológicos que se encuentran en la zona de influencia de este volcán nariñense.

- Figura 2.68 Velocidad del viento en la cima. Julio a diciembre de 2006.
- Figura 2.69 Dirección del viento en la cima. Julio a diciembre de 2006.
- Figura 2.70 Temperatura ambiental en la cima. Julio a Diciembre de 2006.
- Figura 2.71 Precipitación en la cima. Julio a diciembre de 2006.
- Figura 2.72 Presión atmosférica en la cima. Julio a diciembre de 2006.
- Figura 2.73 Comisión interinstitucional que se desplazó a la región del volcán Tungurahua para adelantar actividades de reconocimiento de los fenómenos registrados durante las erupciones de agosto 16 – 17 de 2006.
- Figura 2.74 Seguimiento fotográfico de algunos de los aspectos relacionados con las erupciones de agosto 16 – 17 de 2006 del volcán Tungurahua durante la visita de septiembre 9 al 12.

RESUMEN

Tras el cambio de actividad a Nivel **II** a partir del 28 de marzo, el segundo semestre de 2006, estuvo marcado por la ocurrencia de la emisión de cenizas del día 8 de julio y la erupción del 12 de julio, lo que ocasionó el cambio del grado de actividad a Nivel **I**, permaneciendo así hasta el día 13, cuando se observó una disminución drástica en la ocurrencia y energía liberada por los sismos asociados con dinámica de fluidos al interior del sistema volcánico (tipo Largo Periodo LPS y Tremor TRE), debido a estas condiciones el día 17 de julio se cambió la actividad volcánica a Nivel **III**.

Adicionalmente se presentó la ocurrencia de dos eventos Volcano Tectónicos (VT) en los días 29 y 30 de julio, los cuales fueron reportados como sentidos en algunas poblaciones al noroeste del cono activo.

La ocurrencia de eventos tipo Tornillo los cuales se registraron a partir del día 18 de noviembre, hicieron que INGEOMINAS estableciera el Nivel **II**, a partir del día 22; hasta la fecha de cierre de este informe se han presentado un total de 63 eventos tipo Tornillo y 12 eventos Seudo-Tornillo. La evolución de las características de este tipo de eventos, sigue siendo similar a la que se ha presentado en otras épocas (1992, 1993, 2004, 2006) en los que los sismos tipo Tornillo se han registrado antes de periodos eruptivos explosivos de Galeras. Con la ocurrencia de este tipo de eventos, se notó una disminución en la ocurrencia de eventos tipo LPS y Tremor y un incremento en la ocurrencia de eventos tipo Híbrido HYB y eventos VT.

La actividad del proceso volcánico se mantuvo en Nivel **II** hasta el de cierre de este boletín.

INTRODUCCION

Durante el segundo semestre de 2006, INGEOMINAS a través del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto, cumplió con su tarea institucional de monitoreo y vigilancia continua y en tiempo real de las diferentes manifestaciones de la actividad volcánica de Galeras, permitiendo así, mantener informada a la comunidad y a las autoridades encargadas de tomar decisiones sobre el estado del Volcán.

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 funcionamiento de los equipos utilizados. Es importante resaltar el apoyo y colaboración de Instituciones como La Fuerza Aérea Colombiana (FAC), 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 de Nivel II de actividad (erupción probable en términos de días o semanas) a partir del 22 de noviembre, 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. 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, y a partir del 27 de julio se inició la medición de flujo de SO₂ con el equipo MiniDOAS (DOAS: Differential Optical Absorption Spectroscopy – Espectroscopia Óptica Diferencial de Absorción-), en virtud a la vinculación de INGEOMINAS al proyecto internacional NOVAC (*Network for Observation of Volcanic and Atmospheric Change* – Red de Observación de Cambios Atmosféricos y Volcánicos).

Los datos y la información contenidos en este boletín son una guía de consulta preliminar 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. VOLCÁN GALERAS

2.1 RED DE VIGILANCIA

La red de vigilancia de Galerás (Figura 2.1) tuvo algunos problemas durante el segundo semestre de 2006, que fueron difíciles de solucionar debido a la actividad volcánica, sin embargo la mayor parte de la red tuvo un tiempo de operación superior al 90% (Figura 2.2). Adicionalmente y para subsanar cualquier deficiencia, se contó a manera de préstamo con la red portátil de la Red Sísmica Nacional de Colombia RSNC.

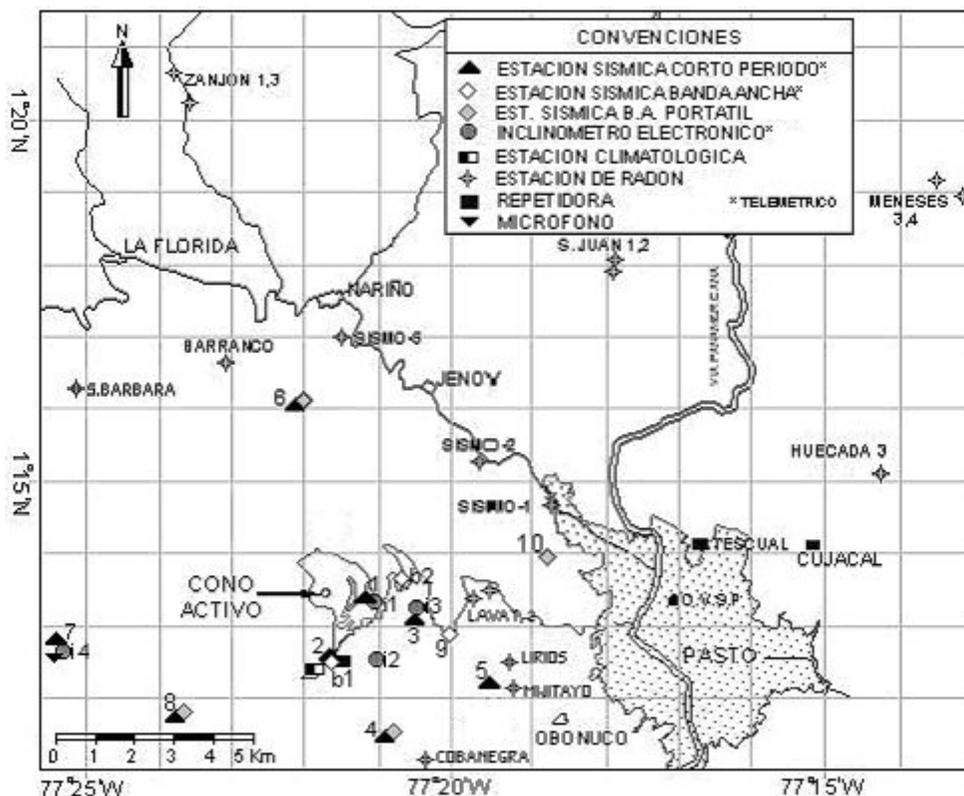


Figura 2.1. Zona de influencia del Volcán Galerás y su red de monitoreo telemétrica y de toma directa de datos en campo, que funcionó durante el primer semestre de 2006. Estaciones sísmicas de corto periodo: 1: Anganoy, 2: Cráter, 3: Urcunina, 4: Cobanegra, 5: Obonuco, 6: Nariño, 7: Calabozo y 8: Cónдор. 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. Inclinómetros electrónicos: i1: Cráter, i2: Peladitos, i3: Urcunina e i4: Calabozo. Las estaciones de Radón-222, la estación climatológica y el microfono, se indican directamente sobre el mapa.

Las estaciones de la red de Galerás, básicamente fueron afectadas por problemas en la alimentación, inconvenientes electrónicos (Interferencia) y también dos de las estaciones fueron objeto de saqueo, tal es el caso de la estación sísmica COBANEGRA y la estación para el proceso de muestreo de gas Radón, denominada MIJITAYO. Se contó con una red portátil de sismómetros

de Banda Ancha con la cual apoyó la RSNC a la vigilancia de Galeras, específicamente se instalaron 5 estaciones (Cobanegra, Cónдор, Obonuco Nariño y Fontibón) en las dos primeras semanas de mayo y trabajaron hasta la primera semana de agosto.

El histograma de la figura 2.2 ilustra el 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 segundo semestre de 2006.

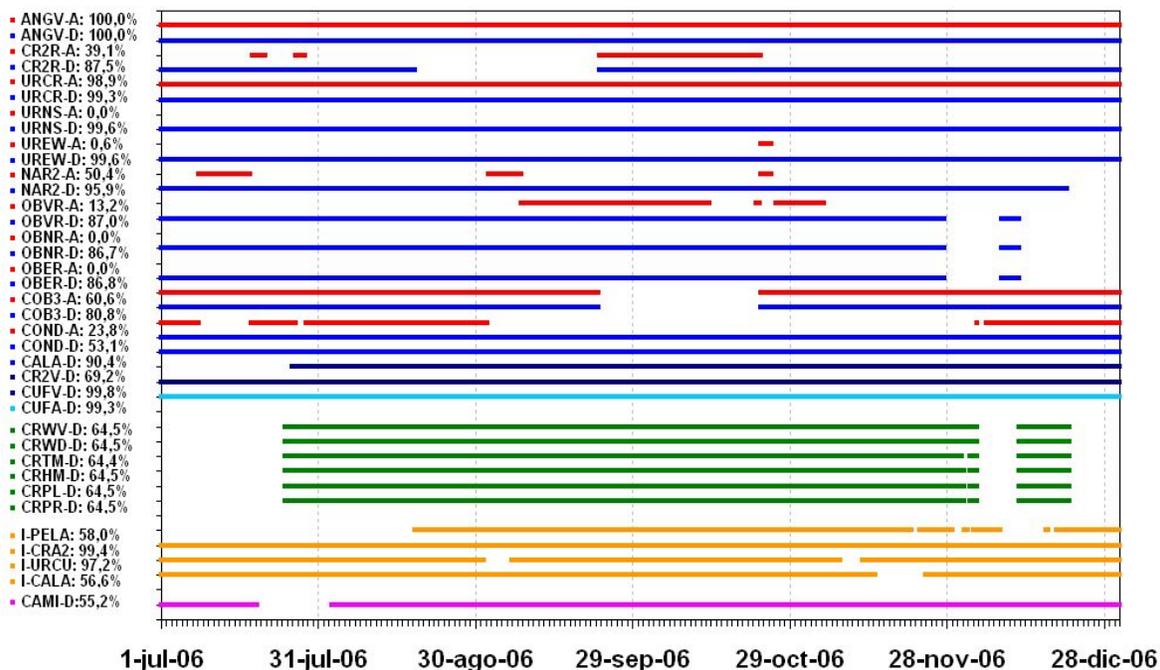


Figura 2.2. Histograma de funcionamiento y respectivos porcentajes de operación de las estaciones de corto periodo, estaciones de banda ancha (CR2V, CUFV, CUFA), estación climatológica (CRWV, CRWD, CRTM, CRHM, CRPL, CRPR) e inclinómetros electrónicos (I-PELA, I-CRA2, I-URCU, I-CALA), para vigilancia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

Los hechos más importantes que afectaron las estaciones durante el segundo semestre de 2006 se describen a continuación:

- A inicios del mes de agosto se desinstalaron las cinco estaciones sísmicas triaxiales de banda ancha: Nariño, Obonuco, Fontibón, Cobanegra, Cónдор y Parques, las cuales se obtuvieron en calidad de préstamo por parte de la Red Sísmológica Nacional de Colombia (RSNC).
- La estación sísmológica Cráter banda ancha, la estación climatológica y el inclinómetro Peladitos, que estaban fuera desde el 9 de abril, se reinstalaron el 19 de julio y el 18 de agosto respectivamente después de retornar al Nivel **III** de actividad.
- La estación sísmológica Cráter corto periodo, se retira a partir del 18 de agosto debido a problemas con el VCO (Oscilador controlador de voltaje), hacia el día 24 del mismo mes se pone

en prueba esta estación, pero se decide retirarla el día 31 de agosto para ser reparada en la sede del OVSP ya que la estación continúa con problemas; finalmente entra en funcionamiento normal a partir del día 22 de septiembre.

- Hacia las 12:30 p.m. del día 22 de septiembre, la estación Cobanegra fue objeto de saqueo, por lo cual sale de funcionamiento; horas más tarde se verificó que fue hurtada la antena transmisora, tras este hecho, la estación cobanegra se transportó hacia la sede del OVSP para revisar posibles daños; esta estación entró en funcionamiento nuevamente a partir del 23 de octubre.
- En el mes de septiembre en una de las revisiones técnicas a las estaciones de muestreo de gas Radón, se detecta que la estación Mijitayo fue objeto de robo por lo que fue necesario instalar un nuevo sensor en un sitio cercano al original.
- El día 25 de octubre se instala una nueva estación de Radón denominada Santa Bárbara en el sector Nor-Occidente del edificio volcánico a 8,2 Km del cráter activo, quedando a la fecha una red conformada por 16 estaciones para la toma de muestreo de este gas.
- En el mes de diciembre la estación sismológica de Corto Periodo presentó problemas de funcionamiento, desde la sede del OVSP se recibió señal portadora pero sin registro sismológico. Debido al nivel II de actividad volcánica y al hecho de que la estación se encuentra en zona de amenaza alta, no se realizó mantenimiento a esta estación hasta final del semestre. En este mismo mes la estación climatológica presentó problemas, funcionó de manera intermitente, posiblemente debido a bajos voltajes de la batería.

2.2 SISMOLOGIA

Todos 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. tienen integrados los registros de eventos sísmicos obtenidos con las estaciones de corto periodo y de banda ancha.

En general, durante el segundo semestre de 2006 hubo una disminución de la sismicidad, específicamente, la ocurrencia de eventos relacionados con movimiento de fluidos (LPS) disminuyó notoriamente; respecto a sismos relacionados con fractura de material cortical, hubo un incremento, se resalta la ocurrencia de dos sismos Volcano Tecónicos (VT) el 29 y 30 de agosto, los cuales fueron sentidos, el evento tectónico local (TLO) registrado el 16 de octubre y el enjambre de eventos TLO que se presentaron en los días 25 y 26 de noviembre, que fueron sentidos en varias zonas del departamento de Nariño (Anexo 1).

Los eventos más importantes estuvieron relacionados con procesos eruptivos, uno el día 8 y el siguiente en el día 12 de julio, éste último fue precedido por la presencia de un evento tipo Tornillo,

el cual ocurrió el 10 de julio. En cuanto a los valores de energía liberada se apreció una disminución para todos los tipos de eventos.

El número de sismos registrados fue aproximadamente seis veces menor que los registrados en el semestre anterior. En total hubo 3472 eventos de diferentes tipos, VT, LP e HYB, es decir disminuyeron en un 83,4%. Los episodios tipo TRE sumaron un total de 1008 eventos, es decir, disminuyeron su número en un 78,8%, 4,7 veces menor a los episodios registrados en el primer semestre de 2006. La energía liberada por la totalidad de eventos VT, LP e Híbridos fue de $1,27 \times 10^{14}$ ergios, la cual es 923,3 veces menor que la registrada en el primer semestre. Los eventos de tremor liberaron una energía total de $2,40 \times 10^{14}$ ergios, siendo 6,64 veces menor a la energía liberada correspondiente al periodo comprendido entre enero y junio.

Como se ha mencionado, entre los hechos de mayor importancia que ocurrieron durante el segundo semestre de 2006 se encuentran los episodios eruptivos ocurridos los días 8 y 12 de julio, por tanto, se realiza una descripción detallada de dichos eventos.

Al inicio del semestre (julio), las tasas de ocurrencia y de energía liberada fueron cuantitativamente bajas, destacándose un leve incremento en número y nivel energético el día 5 de julio, cuando ocurrieron siete eventos Volcano Tectónicos clasificables, siendo el más energético el registrado a las 12:27 p.m., con una magnitud local de 1,7, ubicado a unos 5 Km al noreste del cono activo y a una profundidad de 8 Km.

En la madrugada del 8 de julio, a las 5:21 a.m., se inició el registro de una señal sísmica, tipo Tremor, relacionada con procesos de movimiento de fluidos al interior del sistema volcánico, que se prolongó hasta el final del día. Durante este proceso, los episodios con mayores variaciones en los niveles energéticos, estuvieron comprendidos entre las 5:21 a.m. a 6:30 a.m., 7:02 a.m. a 8:00 a.m. y de 4:00 p.m. a 5:00 p.m. (Figura 2.3) y se asociaron con emisiones de ceniza, la cual se dispersó principalmente hacia el sector noroccidental del cono activo del volcán, debido a la dirección de los vientos.

Los episodios mencionados anteriormente, fueron los de mayor duración; los niveles energéticos aportados por esta actividad, con un valor máximo de 8×10^{12} ergios, sobrepasan los niveles energéticos de los procesos de emisión que se presentaron entre el 26 de mayo y el 15 de junio de 2006.

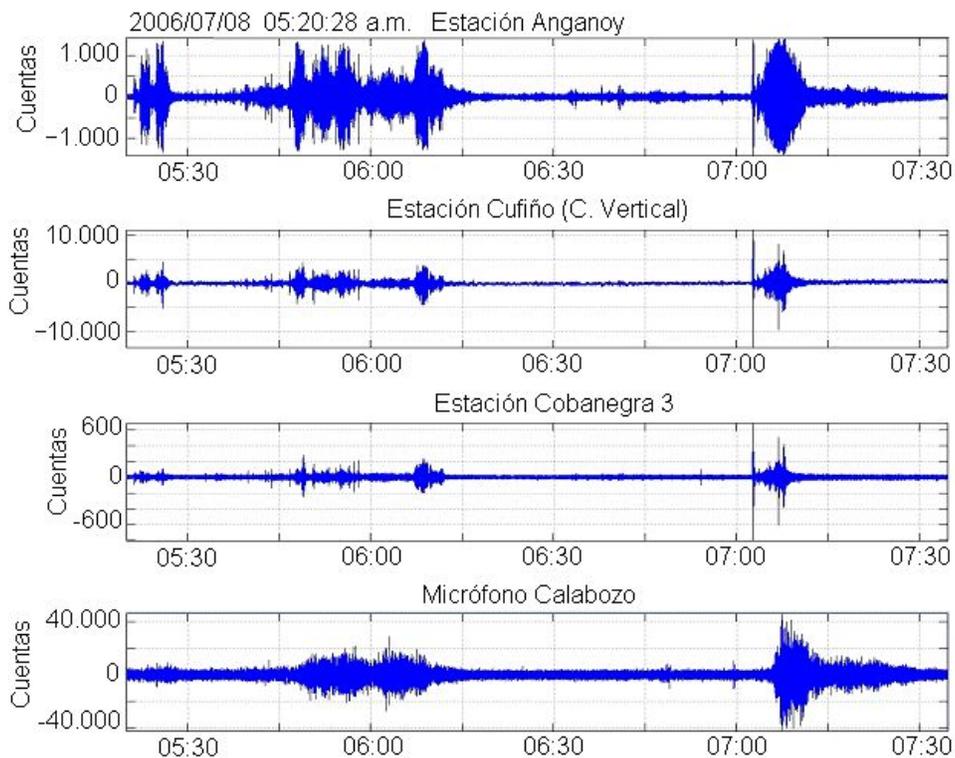


Figura 2.3. Registro sísmico del evento de Tremor asociado con el proceso eruptivo del 8 de julio de 2006, desde las 5:21 a.m. en las estaciones de corto periodo Anganoy y Cobanegra 3, en la estación de banda ancha Cufiño (componente vertical) y en el sensor de acústica de Calabozo.

En la madrugada del 10 de julio se inició el registro de un enjambre de eventos tipo Híbrido (HYB), que corresponden a una mezcla de procesos asociados con movimiento de fluidos y procesos de fractura de rocas en el interior del volcán. Adicionalmente, a las 11:16 a.m. se registró un evento tipo Tornillo. El enjambre se prolongó hasta el 12 de julio, a las 10:58 a.m., cuando se registró el primer episodio eruptivo de ese día. Posterior a este episodio, el enjambre continuó, contabilizándose para el día 12 un total de 886 eventos.

El evento tipo Tornillo registrado el 10 de julio, cobró gran importancia dentro del desarrollo del proceso de actividad volcánica, teniendo en cuenta que este tipo de eventos ya han sido precursores en anteriores procesos eruptivos de Galeras, como es el caso de la actividad eruptiva entre 1992-1993 y la erupción de noviembre de 2005. Estos eventos pueden explicarse por un alto contraste de impedancia entre el fluido y la roca circundante. La duración del evento fue de aproximadamente 30 segundos, con una frecuencia dominante de 3 Hz, una energía sísmica liberada de $1,78 \times 10^{10}$ ergios y un desplazamiento reducido para onda de cuerpo de 5 cm^2 (Figura 2.4).

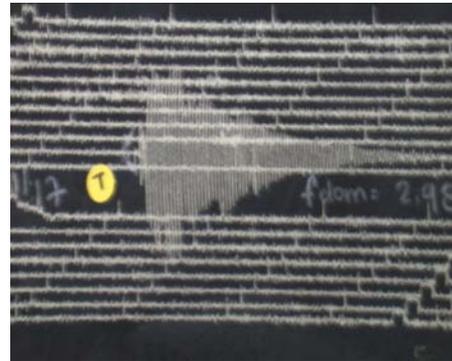
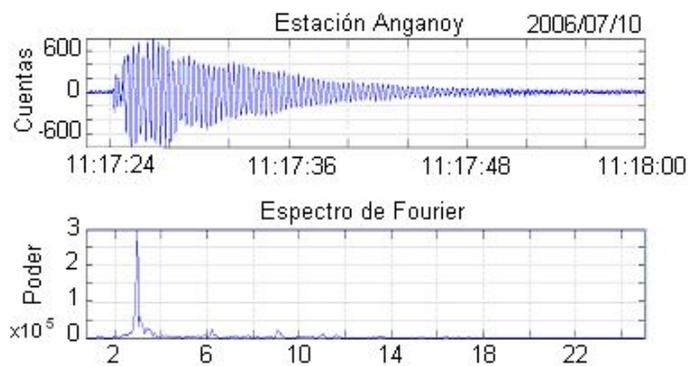


Figura 2.4. Registro sísmico digital del evento tipo tornillo registrado el 10 de julio a las 11:17 a.m. en la estación sísmica de corto periodo Anganoy, con su respectivo espectro (izquierda) y registro analógico en la estación Anganoy (derecha).

El 12 de julio de 2006 a las 10:58:38 a.m., el volcán Galeras produjo una erupción de carácter explosivo. Este evento tuvo asociada una señal sísmica que fue registrada por toda la red de sismógrafos de Galeras. En las estaciones de corto periodo la señal sísmica saturó; en la estación de banda ancha de Cufiño ubicada a 1,9 Km al este del cráter activo, mostró una amplitud máxima de 786 $\mu\text{m/s}$, con un desplazamiento reducido asociado de onda de cuerpo de 171 cm^2 y una duración aproximada de 3 minutos (Figura 2.5). Aproximadamente 20 segundos después del inicio del evento principal, el arreglo de micrófonos de la estación CAMI, ubicada a 7 Km. al oeste del cráter, registró una señal que saturó en amplitud. El nivel de saturación correspondió a 1,4 Pa (Figura 2.6).

A 120 Km. de Galeras, en el arreglo de la estación de infrasonido LITE, ubicada en Ecuador a $\sim 247^\circ$ de acimut, considerando como centro Galeras, se registró también una señal asociada a esta erupción, con una amplitud máxima de 2 Pa (Figura 2.7).

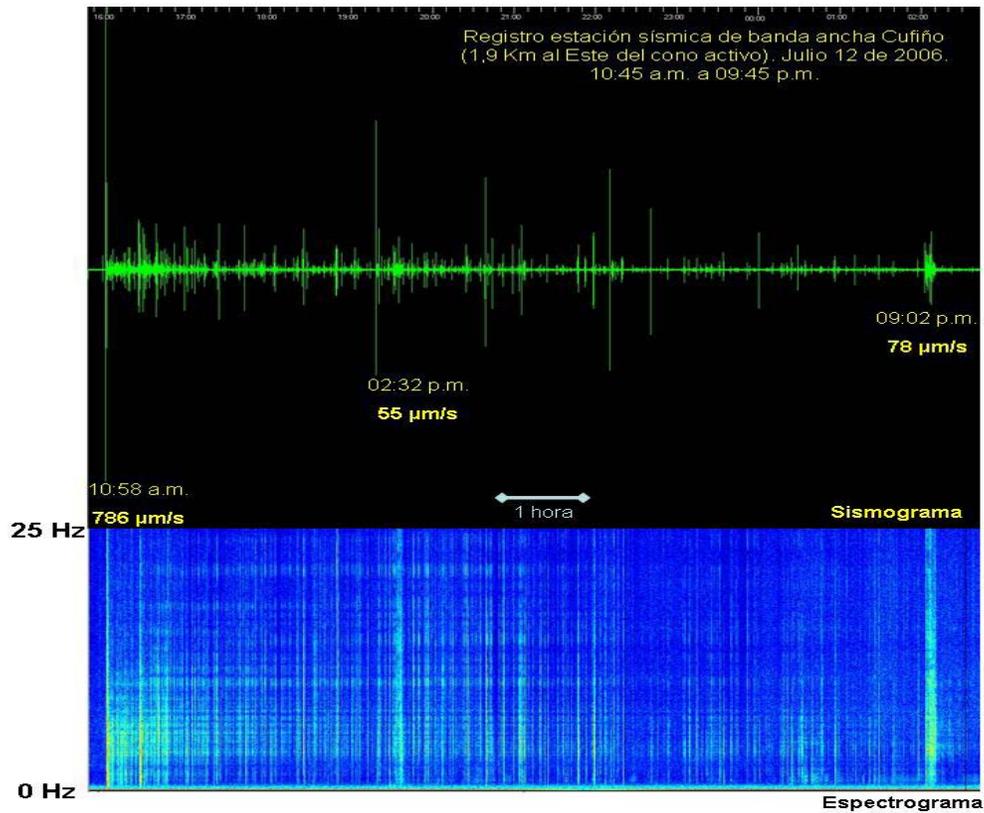


Figura 2.5. Registro sísmico (arriba) y espectrograma (abajo) del 12 de julio de 2006, a partir de las 10:58 a.m., cuando ocurrió el primer evento eruptivo explosivo, hasta las 9:45 p.m. Adicionalmente se muestran los dos registros asociados a los episodios eruptivos que acontecieron el mismo día a las 2:32 p.m. y 9:02 p.m.

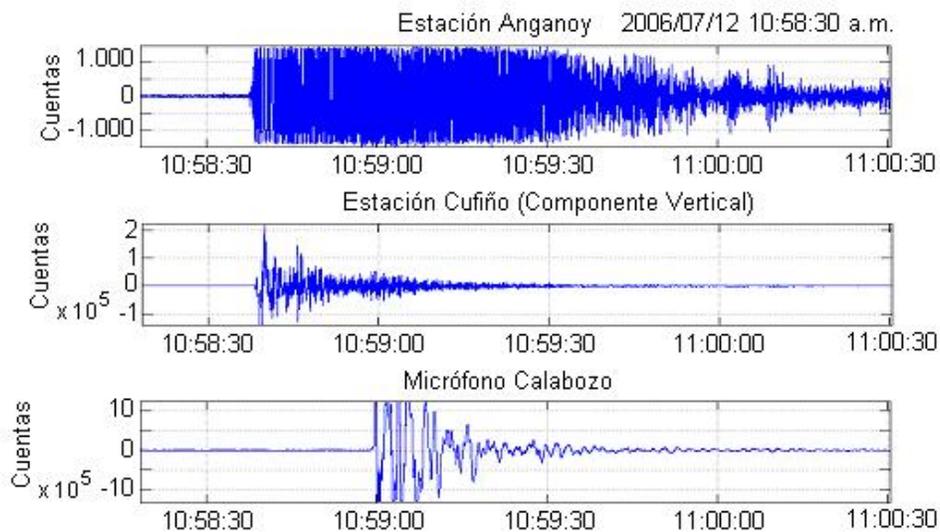


Figura 2.6. Registros sísmicos digitales del evento eruptivo registrado el 12 de julio a las 10:58 a.m. en la estación de corto periodo Anganoy, en la estación de banda ancha Cufiño (componente vertical) y registro acústico en el micrófono de Calabozo.

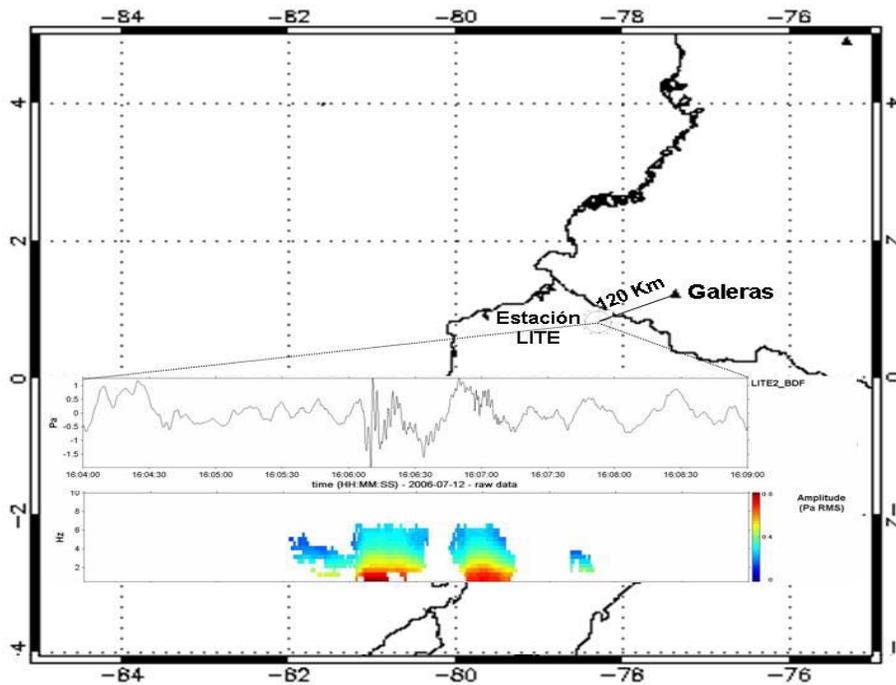


Figura 2.7. Señal de infrasonido registrada por la estación LITE en Ecuador (Tomado del Infrasound Laboratory University of Hawaii), asociada con la erupción del 12 de julio de 2006.

Luego de la erupción de las 10:58 a.m., cuando el nivel energético de la señal comenzó a disminuir, empezó el registro de una secuencia de sismos, asociados con dinámica de fluidos tipo Largo periodo (LPS) y principalmente con liberación de gases. Adicionalmente, hacia las 12:39 p.m., se tuvo el registro de un evento LPS tipo Tornillo de carácter monocromático, con una frecuencia dominante de 7.4 Hz y con duración de 17 segundos (Figura 2.8).

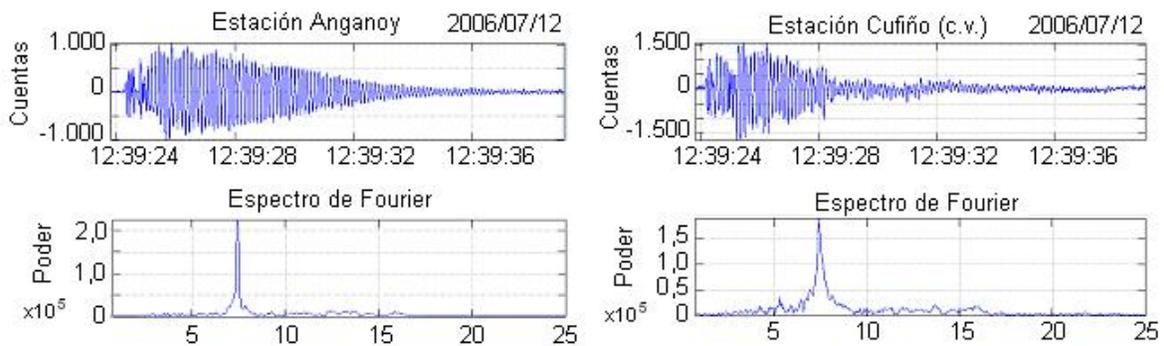


Figura 2.8. Registro digital y espectro de Fourier del evento tipo Tornillo registrado el 12 de julio de 2006, a las 12:39 p.m. en la estación de corto periodo Anganoy y en la estación de banda ancha Cufiño (componente vertical).

El mismo día, se registraron otros dos episodios eruptivos a las 2:32 p.m. y a las 9:02 p.m. Los dos episodios estuvieron asociados con registros de señal sísmica de tremor y registro acústico (Figuras 2.9 y 2.10).

La señal sísmica de las 2:32 p.m. tuvo una duración estimada de 6 minutos y alcanzó una amplitud máxima de $55 \mu\text{m/s}$ con un desplazamiento reducido de onda de cuerpo de $4,4 \text{ cm}^2$.

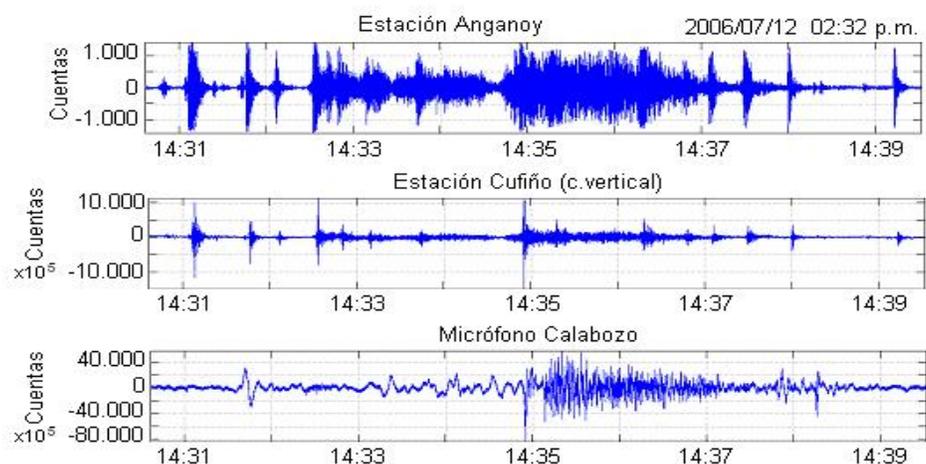


Figura 2.9. Episodio eruptivo del 12 de julio de 2006 a las 2:32 p.m., registrado en la estación de corto periodo Anganoy, en la estación de banda ancha Cufiño (componente. vertical) y en el sensor de acústica de Calabozo.

En la emisión de las 9:02 p.m., se registró una señal sísmica de tremor en la red de vigilancia del Observatorio Vulcanológico de Pasto (Figura 2.10). La amplitud máxima de la señal sísmica fue de $78,3 \mu\text{m/s}$ con un desplazamiento reducido de onda de cuerpo de $11,8 \text{ cm}^2$ y tuvo una duración aproximada de 10 minutos.

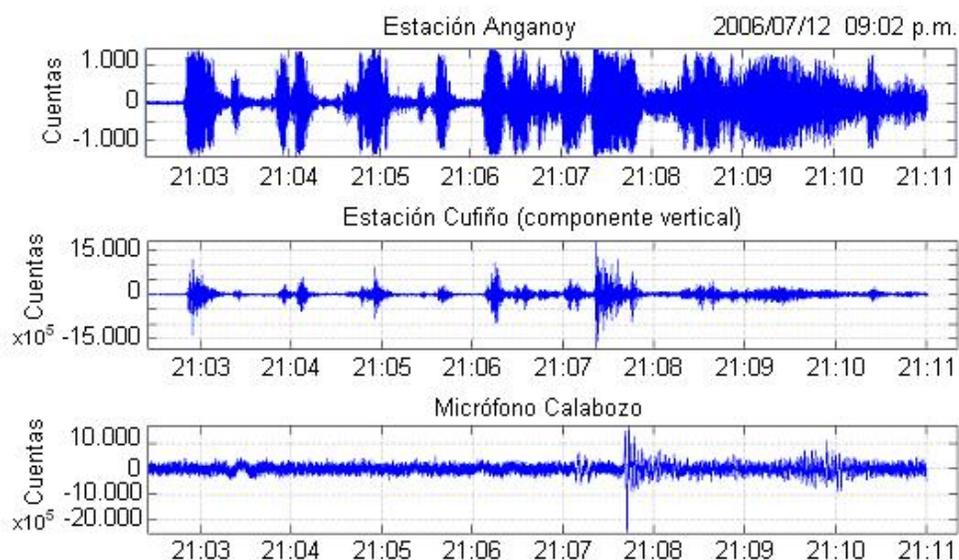


Figura 2.10. Episodio eruptivo registrado el 12 de julio de 2006 a las 9:02 p.m., registrado en la estación de corto periodo Anganoy, en la estación de banda ancha Cufiño (componente. vertical) y en el sensor de acústica de Calabozo.

En una comparación de las señales sísmicas asociadas a eventos eruptivos, en términos de los valores máximos de amplitud en la estación de banda ancha Cufiño (a 1,9 Km. al este del cono activo), desde el año 2004 hasta la fecha, se aprecia que el episodio del 21 de noviembre de 2004, tiene el mayor nivel energético. El evento eruptivo de las 10:58 a.m. del 12 de julio de 2006, corresponde a la tercera erupción más energética de las 6 registradas en estos dos años (Tabla 2.1 y Figura 2.11). Cabe aclarar que en los registros sísmicos de las erupciones del 12 de agosto y el 21 de noviembre de 2004, las mayores amplitudes de las señales se deben posiblemente a proyectiles balísticos que cayeron cerca de la estación sísmica de banda ancha Cufiño.

Tabla 2.1. Valores de amplitudes máximas y periodos asociados.

	Fecha y Hora	Amplitud Máxima ($\mu\text{m/s}$)	Período (s)	Droc (cm^2)	Dror (cm^2)	Frecuencia (Hz)
1	11/08/2004 11:49 p.m.	928,0	0,19	94,3	41,1	5,3
2	12/08/2004 00:02 a.m.	343,3	0,16	29,4	11,7	6,6
3	21/11/2004 03:44 p.m.	1291,8	0,33	227,9	130,9	3,0
4	24/11/2005 02:46 a.m.	72,4	0,22	8,5	4,00	4,6
5	08/07/2006 05:21 a.m.	49,0	0,11	3,0	1,0	8,8
6	12/07/2006 10:58 a.m.	786,0	0,41	170,9	109,0	2,5

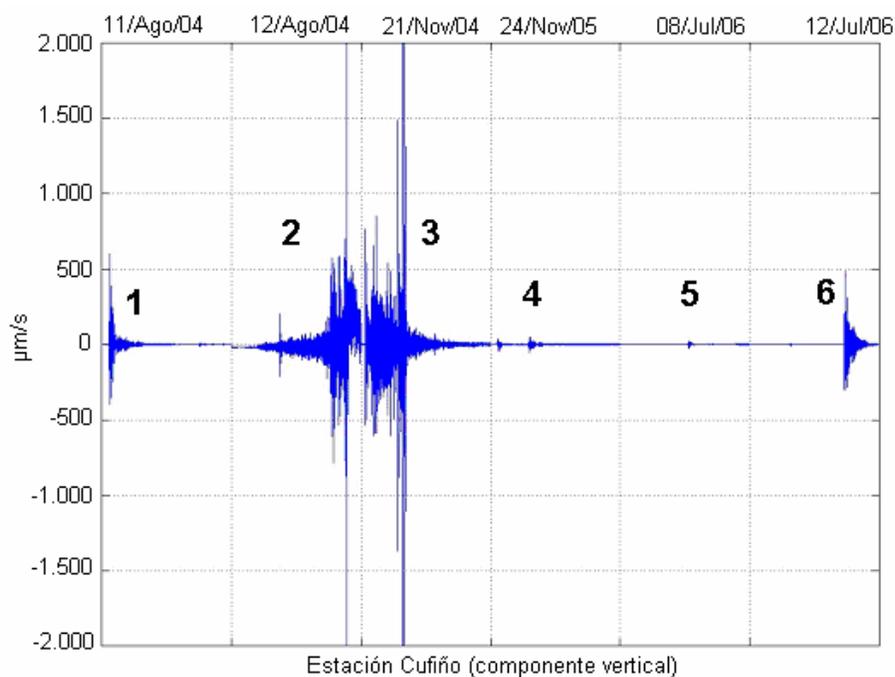


Figura 2.11. Gráfica comparativa de los registros sísmicos asociados a los eventos eruptivos del volcán Galeras entre 2004 y 2006, registrados en la estación de banda ancha Cufiño (componente vertical).

A partir del día 13 de julio se observó una disminución drástica en ocurrencia y energía liberada por los sismos asociados con dinámica de fluidos al interior del sistema volcánico (tipo LPS y TRE), manteniéndose así hasta finales del mes.

Respecto a la sismicidad asociada con el fracturamiento de material sólido (VT), en el transcurso del segundo semestre de 2006 el número de eventos fue de 304, que es 1,4 veces mayor al obtenido en el semestre anterior, es decir aumentó en un 39%. La energía liberada por los eventos VT fue de $2,85 \times 10^{13}$ ergios (Figura 2.12), que es 9 veces mayor que la registrada en el primer semestre. De este tipo de eventos fue posible la localización de 303 (Figura 2.13). El mayor aporte energético de este tipo de eventos lo presentan los eventos registrados los días 29 y 30 de julio, eventos que fueron sentidos en algunas poblaciones del departamento; los sismos presentaron un valor de energía liberada igual a $6,19 \times 10^{12}$ ergios, para el evento ocurrido el día 29 a las 7:54 p.m. y $1,04 \times 10^{13}$ ergios para el ocurrido el 30 de julio a las 12:34 a.m. (Tabla 2.2).

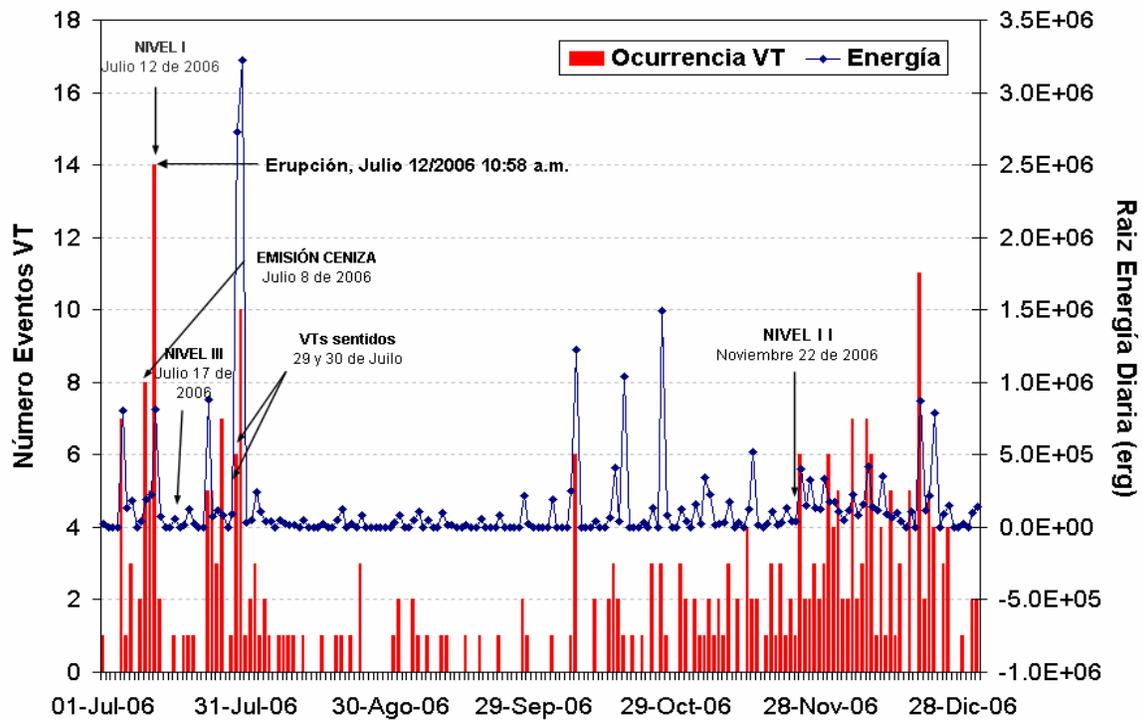


Figura 2.12. Ocurrencia diaria y raíz de la energía diaria de eventos VT. Julio a diciembre de 2006.

Tabla 2.2. Eventos volcano-tectónicos reportados como sentidos en los días 29 y 30 de julio de 2006.

Fecha	Hora Local	Magnitud Local	Distancia al cráter (Km.)	Dirección respecto al cráter (Km.)	Profundidad (Km.)	Sitios donde fue sentido
29/Jul/2006	7:54 p.m.	2,6	5	NNE	9,0	Veredas: El Edén, Puyitopamba, Nueva Campiña y Charguayaco (Corregimiento de Genoy)
30/Jul/2006	12:34 a.m.	2,7	4	NNE	8,8	Veredas: El Edén, Puyitopamba, Charguayaco y Villa María (Corregimiento de Genoy)

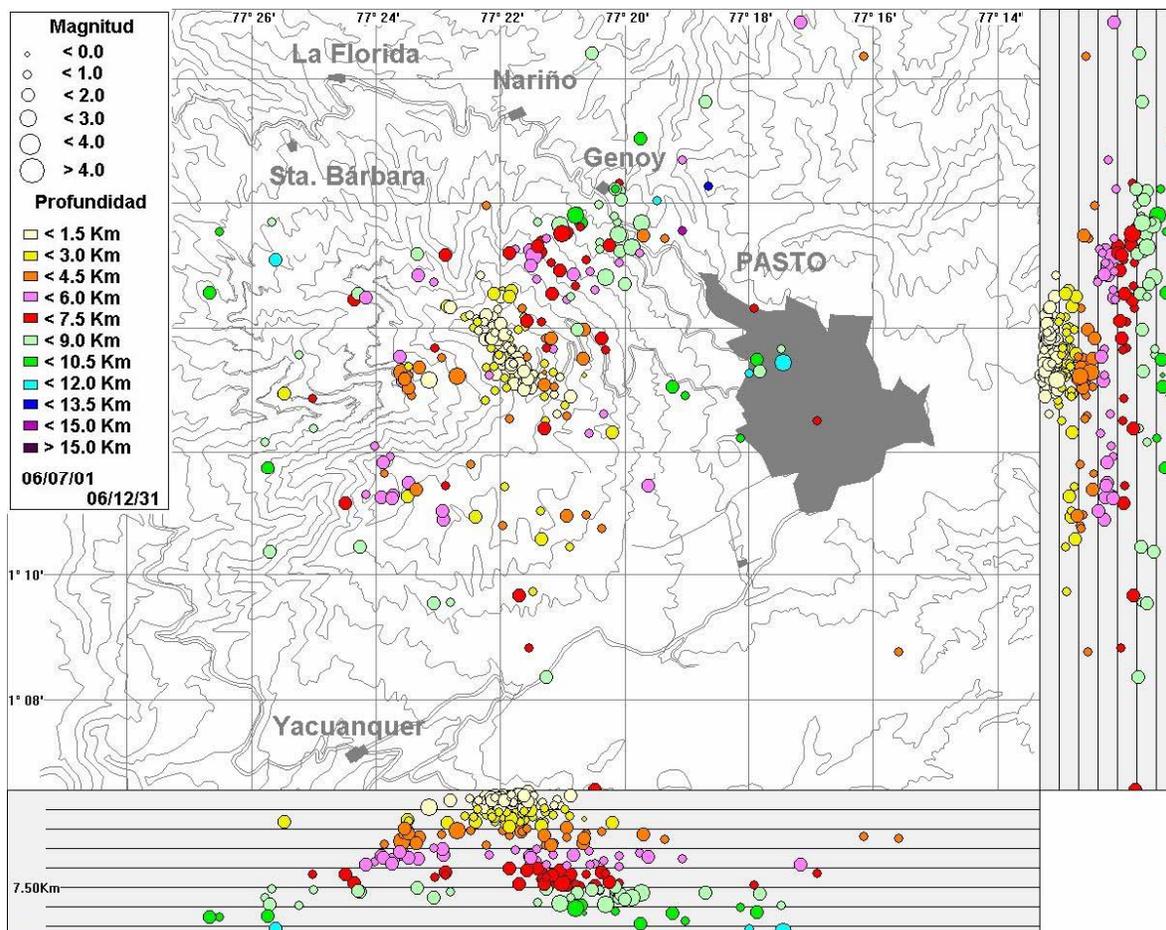


Figura 2.13. Distribución epicentral de sismos VT en el área de influencia de Galeras. Julio a diciembre de 2006.

En cuanto a los sismos localizados en este semestre, las magnitudes locales variaron entre 0,2 y 2,7 grados en la escala de Richter y sus profundidades oscilaron entre 0,21 Km y 15 Km con respecto a la cima de Galeras (4270 msnm). Epicentralmente, estos sismos se ubicaron en diferentes fuentes, aunque en mayor número se encuentran hacia el noroccidente y suroriente 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 noroccidente de Galeras. Otros epicentros se distribuyeron de manera dispersa en la zona de influencia de Galeras (Figura 2.13).

En cuanto al número de ocurrencia, El mayor aporte en sismicidad, provino de los eventos asociados con dinámica de fluidos de tipo LP, pues durante el segundo semestre de 2006 se registraron 1781 eventos, de los cuales 65 pertenecen a eventos tipo Tornillo y 12 a tipo SeudoTornillo. Comparando con el número de eventos LP ocurridos en el primer semestre (15499) se aprecia que disminuyeron en un 88.5%. Estos eventos liberaron una energía total de $4,29 \times 10^{13}$ ergios, la cual es 56,4 veces menor que la registrada por este tipo de eventos en el semestre anterior (Figura 2.14).

El pico diario energético se presentó el 12 de Julio con una energía de $3,26 \times 10^{13}$ ergios, en este día también se presentó el pico de ocurrencia, registrándose un total de 423 eventos, de los cuales un 90% ocurrieron durante el enjambre de eventos LP entre las 11:00 a.m. y las 10:35 p.m., el cual se dio después de la erupción de las 10:58 a.m. (Figura 2.14).

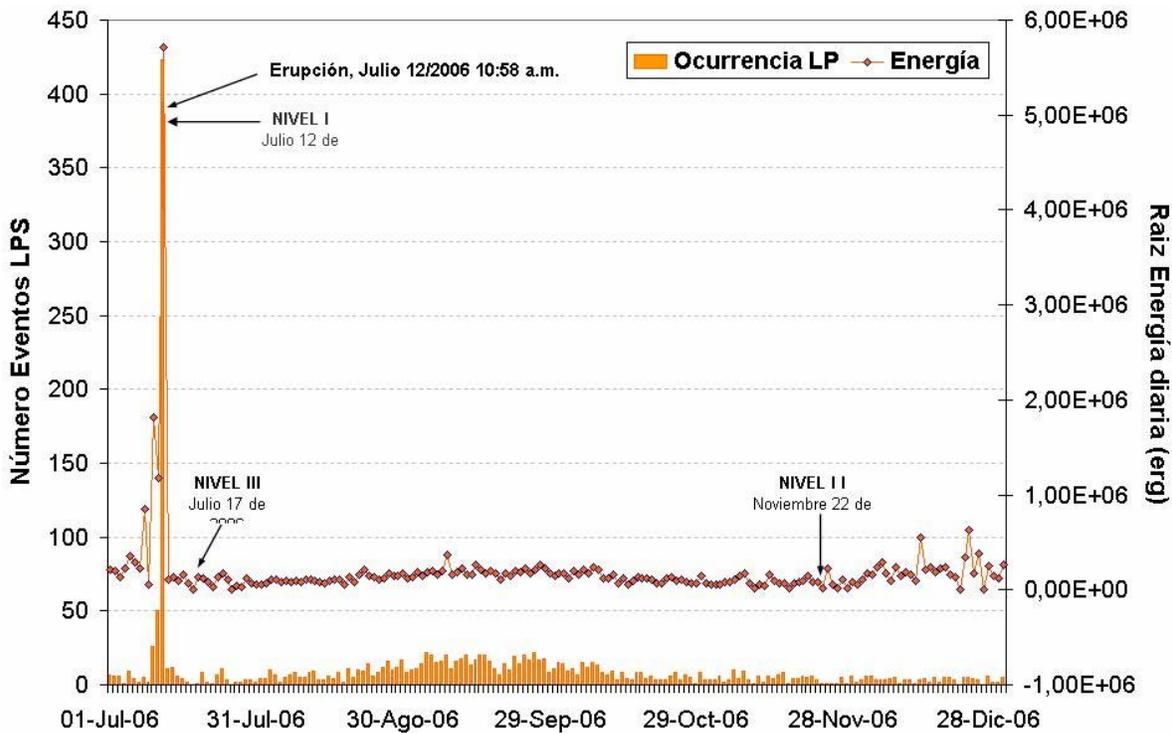


Figura 2.14. Ocurrencia diaria y raíz de la energía diaria de eventos LP. Julio a diciembre de 2006.

Luego del episodio eruptivo, se notó una disminución respecto a la ocurrencia y a la energía liberada por este tipo de eventos permaneciendo así hasta finales del mes de julio, a partir de los primeros días de agosto se empieza a notar un leve incremento en el número de eventos LP, el cual continuó hasta mediados de noviembre (Figura 2.15), días en los cuales se inicia el registro de eventos tipo Tornillo y SeudoTornillo, estos eventos cobran gran importancia en la actividad volcánica porque han precedido seis de las ocho erupciones explosivas que se generaron en Galeras entre 1992 y 2006. Adicionalmente porque el estudio y seguimiento de las características de estos eventos, como el comportamiento de las frecuencias, las duraciones y su recurrencia en el tiempo, combinado con los demás parámetros utilizados en la vigilancia volcánica, han permitido plantear un modelo de probabilidad de escenario eruptivo, por cuanto reflejan condiciones especiales en las propiedades físicas, relacionadas con el incremento en la fase gaseosa del magma y la presencia de un contraste de impedancia significativo entre la roca sólida y el fluido (magma, gas).

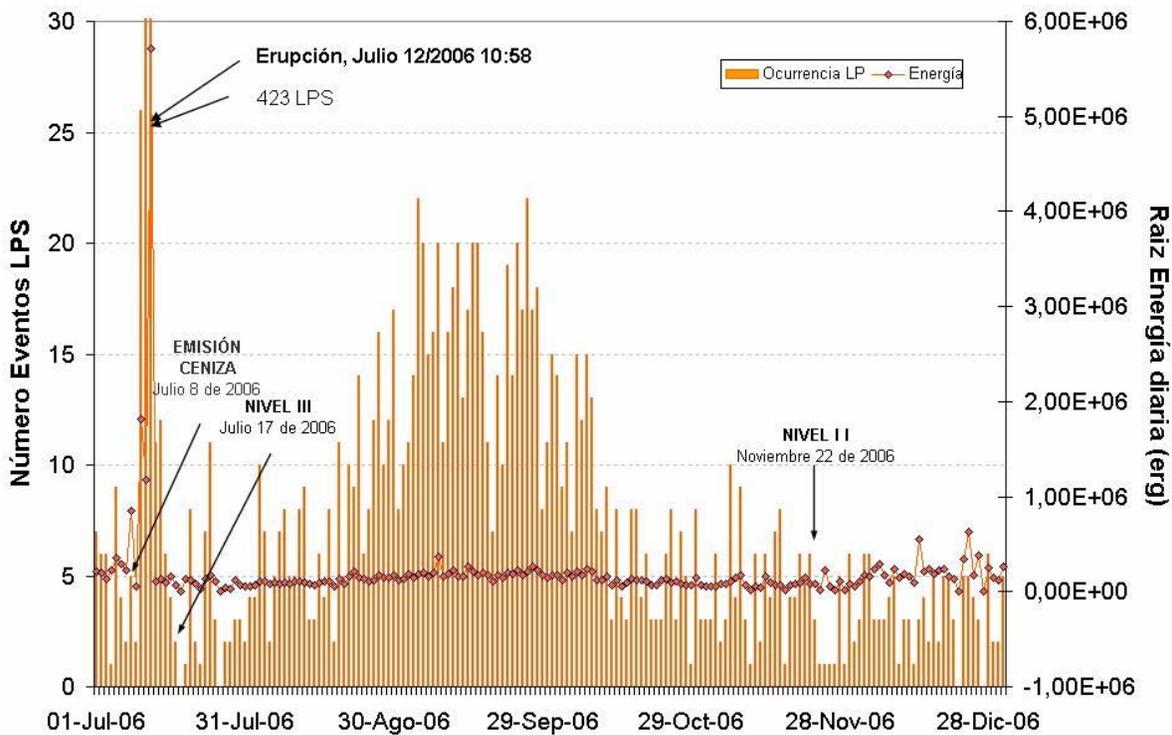


Figura 2.15. Ocurrencia diaria y raíz de la energía diaria de eventos LP. Julio a diciembre de 2006. En la figura se aprecia el incremento en número de ocurrencia diaria de eventos LP entre el mes de agosto y noviembre.

Desde mediados de noviembre y hasta el 31 de diciembre de 2006, se han registrado 63 eventos tipo Tornillo y 12 Seudo-Tornillo. El número diario máximo se presentó el día 28 de diciembre, con cuatro eventos de este tipo y el mayor aporte de energía liberada por parte de estos eventos se presentó el día 14 de diciembre, con un valor de $3,00 \times 10^{11}$ ergios (Figura 2.16). Los primeros eventos registrados, no mostraron una tendencia específica en el comportamiento de sus frecuencias dominantes, mostrando valores de hasta 16,8 Hz para las frecuencias dominantes y de hasta 19 Hz para la frecuencia subdominante. Sin embargo, progresivamente, las frecuencias fueron mostrando una tendencia decreciente, que para finales de diciembre tiende a estabilizarse en un valor alrededor de 1,25 Hz (Figuras 2.17 y 2.18). Algunos eventos han presentado además de la frecuencia dominante de seguimiento, otros valores llamados generalmente como armónicos o subdominantes, con valores generalmente mayores. Es interesante ver que las frecuencias de los armónicos muestran la misma tendencia descendente y la estabilización observada en las frecuencias dominantes, (Figuras 2.19). Las duraciones de los eventos tipo Tornillo han mostrado un comportamiento aleatorio, con una ligera tendencia ascendente. Los valores de las duraciones se encuentran entre 13 y 330 segundos (Figura 2.20).

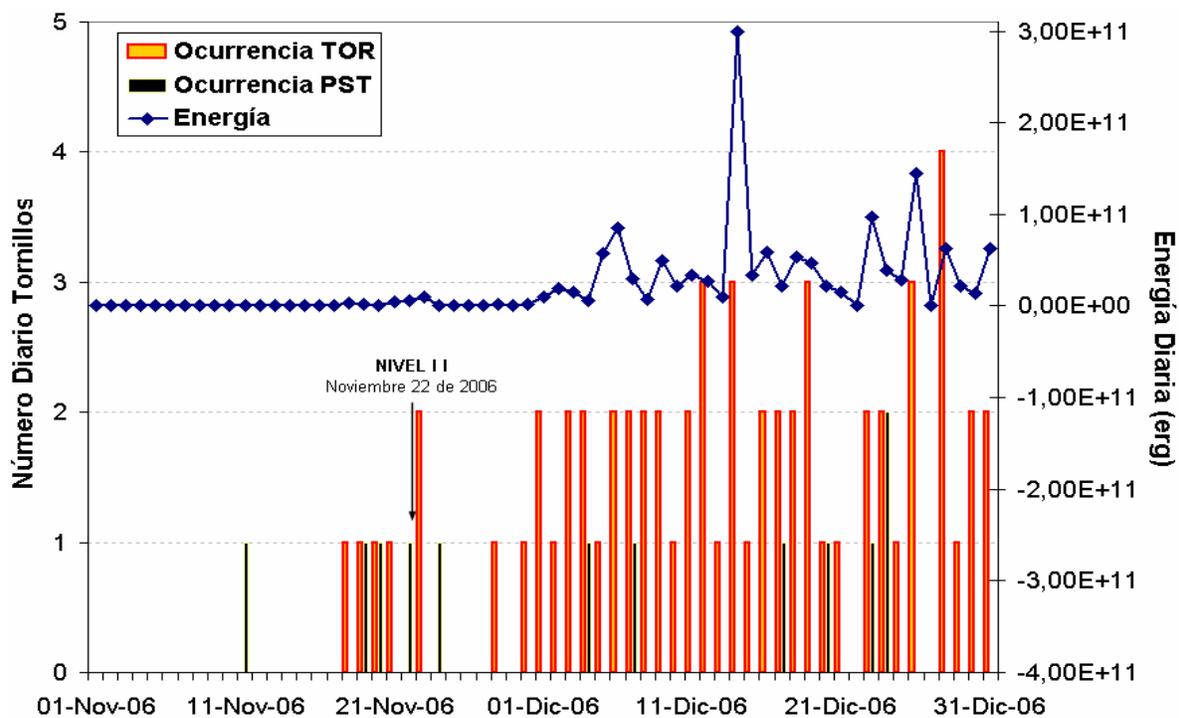


Figura 2.16. Número y energía diaria de eventos tipo Tornillo y Seudo-Tornillo, registrados a partir del 11 de noviembre hasta el 31 de diciembre de 2006.

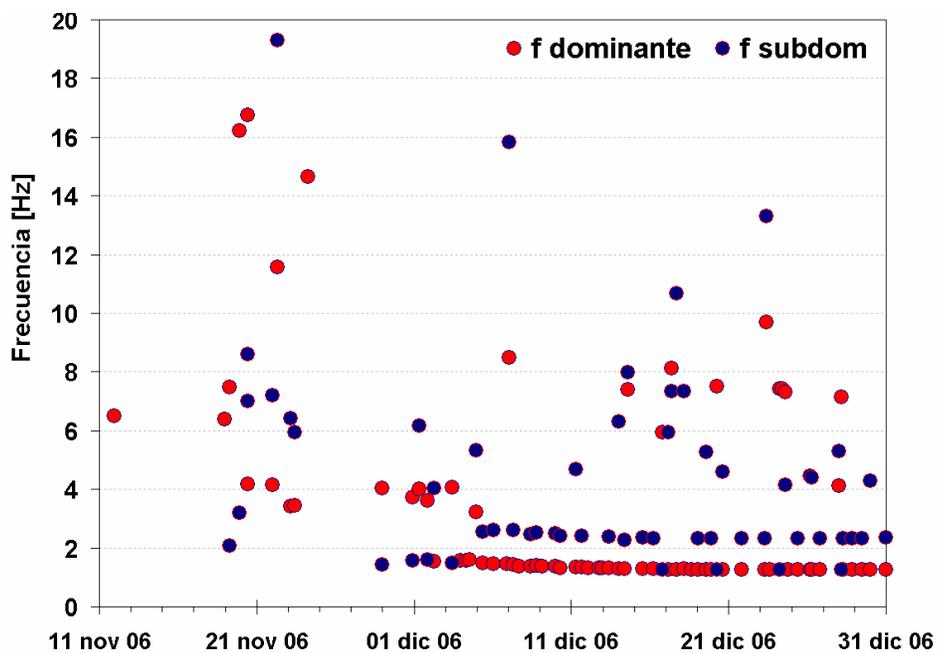


Figura 2.17. Evolución en el tiempo del comportamiento de las frecuencias dominantes en la estación sísmológica de corto periodo Anganoy de los eventos tipo Tornillo (rojo) y Seudo-Tornillo (azul), registrados desde el 11 de noviembre hasta el 31 de diciembre de 2006.

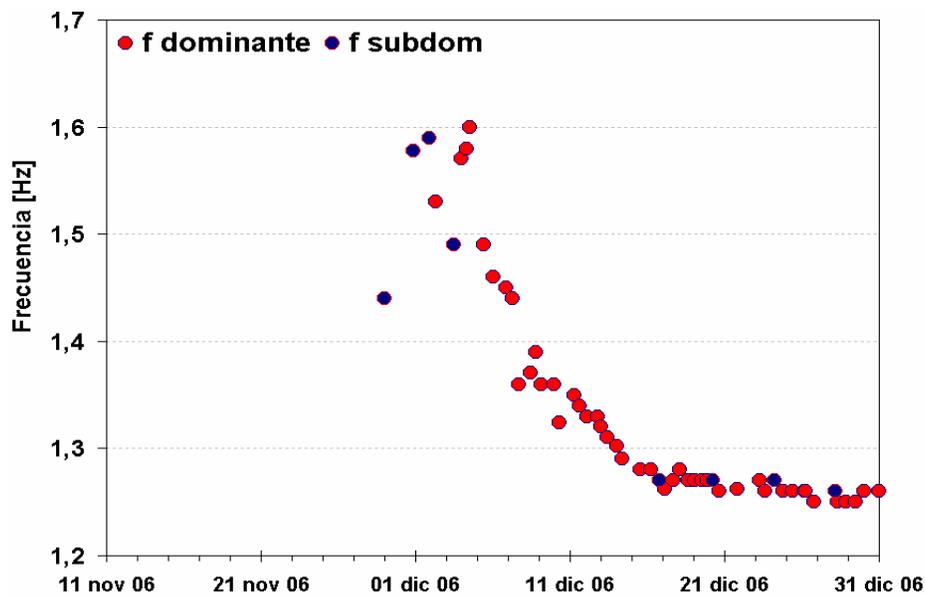


Figura 2.18. Gráfica con un mayor detalle en el comportamiento de las frecuencias de los eventos tipo Tornillo (rojo) y Seudo-Tornillo (azul), registrados desde el 11 de noviembre hasta el 31 de diciembre de 2006, resaltando la tendencia de las frecuencias dominantes.

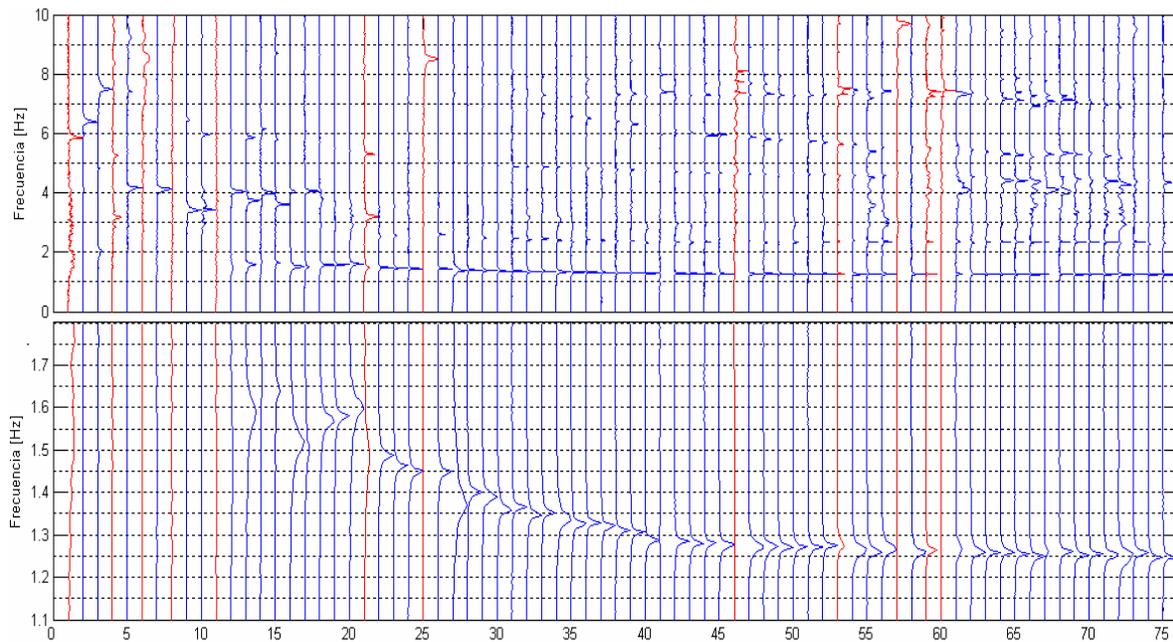


Figura 2.19. Gráfica del comportamiento de las frecuencias de los eventos tipo Tornillo (azul) y Seudo-tornillos (rojo) registrados entre noviembre y diciembre de 2006, en la estación sísmológica de coro periodo Anganoy. La figura superior muestra el comportamiento de las frecuencias tanto dominante como subdominante; se observa la tendencia descendente en ellas. En la figura inferior se muestra un detalle de frecuencias entre 1,1 y 1,7 Hz, en esta se aprecia la tendencia descendente y la estabilización en el valor de 1,25 Hz de la frecuencia dominante.

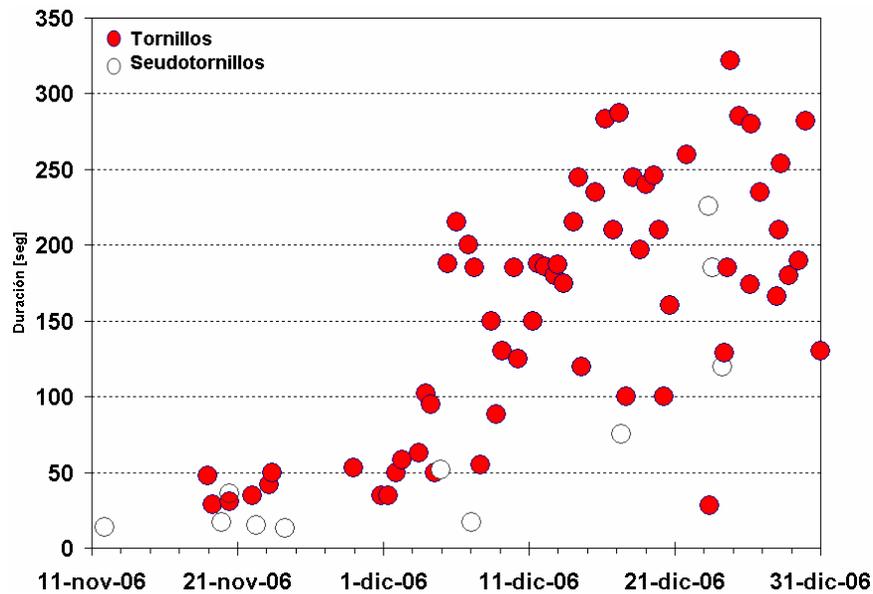


Figura 2.20. Comportamiento de las duraciones de los eventos tipo Tornillo y Seudo-Tornillo, registrados desde el 11 de noviembre hasta el 31 de diciembre de 2006.

En este semestre, de los 1781 eventos tipo LP se localizaron 579, utilizando la metodología de atenuación por distancia de la amplitud sísmica, los epicentros de este tipo de sismos se distribuyeron básicamente en las vecindades del cráter principal, preferencialmente hacia el sector noroccidental y en menor número hacia el sector suroriental del cráter activo (Figura 2.21).

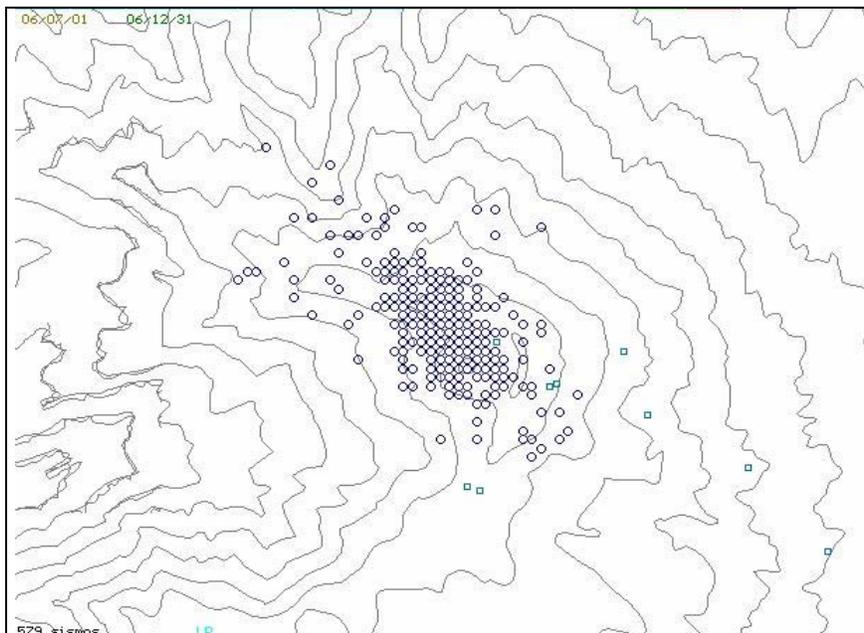


Figura 2.21. Distribución epicentral de sismos tipo LP localizados por el método de atenuación. Julio a diciembre de 2006. Los círculos azules hacen referencia a los eventos que fueron localizados por el método de atenuación mientras que los círculos verdes a la ubicación de las estaciones sísmicas.

El aporte de los eventos de tipo Híbrido (HYB) en este semestre, aumentó con relación al registrado en el semestre pasado; en total se presentaron 1387 eventos, número que es tres veces mayor al presentado en el semestre anterior. A pesar de que la ocurrencia de este tipo de eventos fue mayor, el valor de energía liberada fue menor, obteniéndose para este semestre un valor igual a $5,57 \times 10^{13}$ ergios, valor que es 2,4 veces menor al anterior semestre. El pico diario de ocurrencia de eventos híbridos se registró el 12 de julio, presentándose un total de 430 eventos, los cuales liberaron una energía de $2,09 \times 10^{13}$ ergios, este valor corresponde también al pico diario energético en este semestre (Figura 2.22).

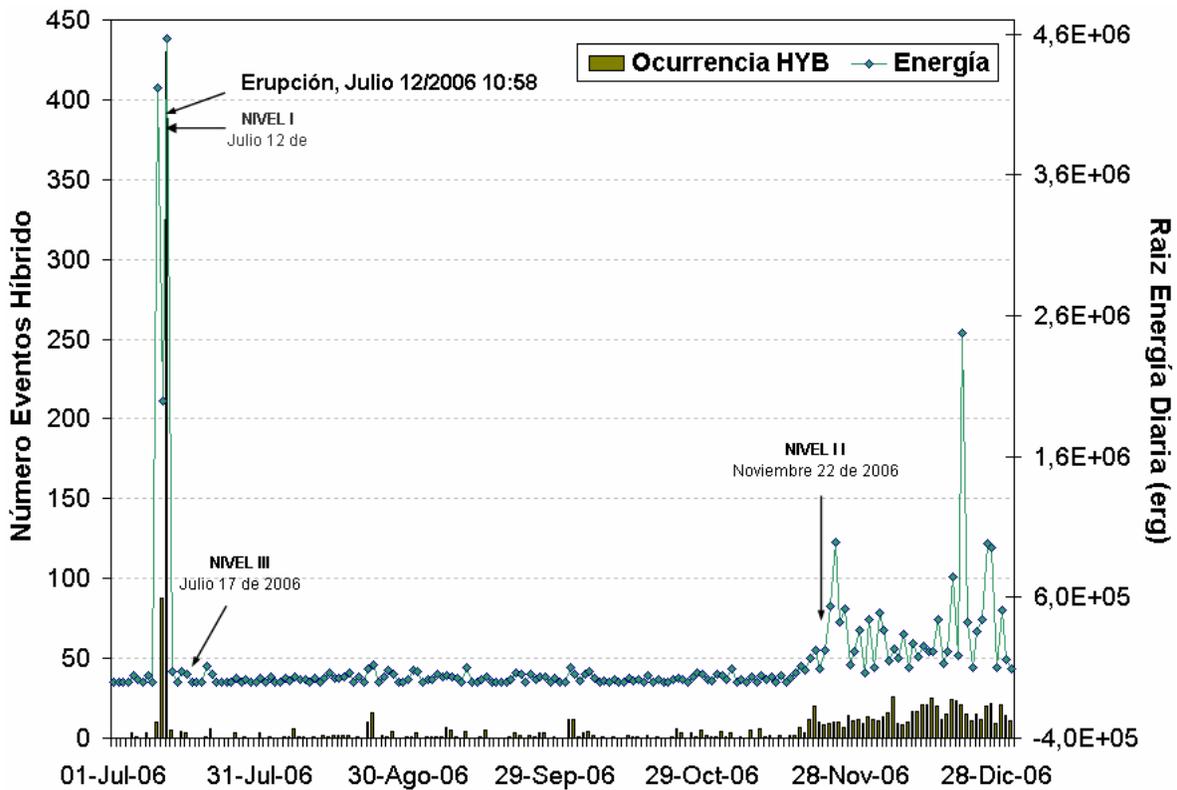


Figura 2.22. Ocurrencia diaria y raíz de la energía diaria de eventos tipo Híbrido. Julio a diciembre de 2006.

Respecto a este tipo de eventos, a finales del semestre (desde el 20 de noviembre), se notó un aumento en el número de ocurrencia diaria y en los valores de energía liberada; para este periodo (noviembre 20 a diciembre 31), el mayor número de sismos tipo Híbrido se presenta el día 7 de diciembre con un total de 26 eventos, y el mayor valor de energía liberada se presenta el 21 de diciembre, con un valor de $6,13 \times 10^{12}$ ergios (Figura 2.23).

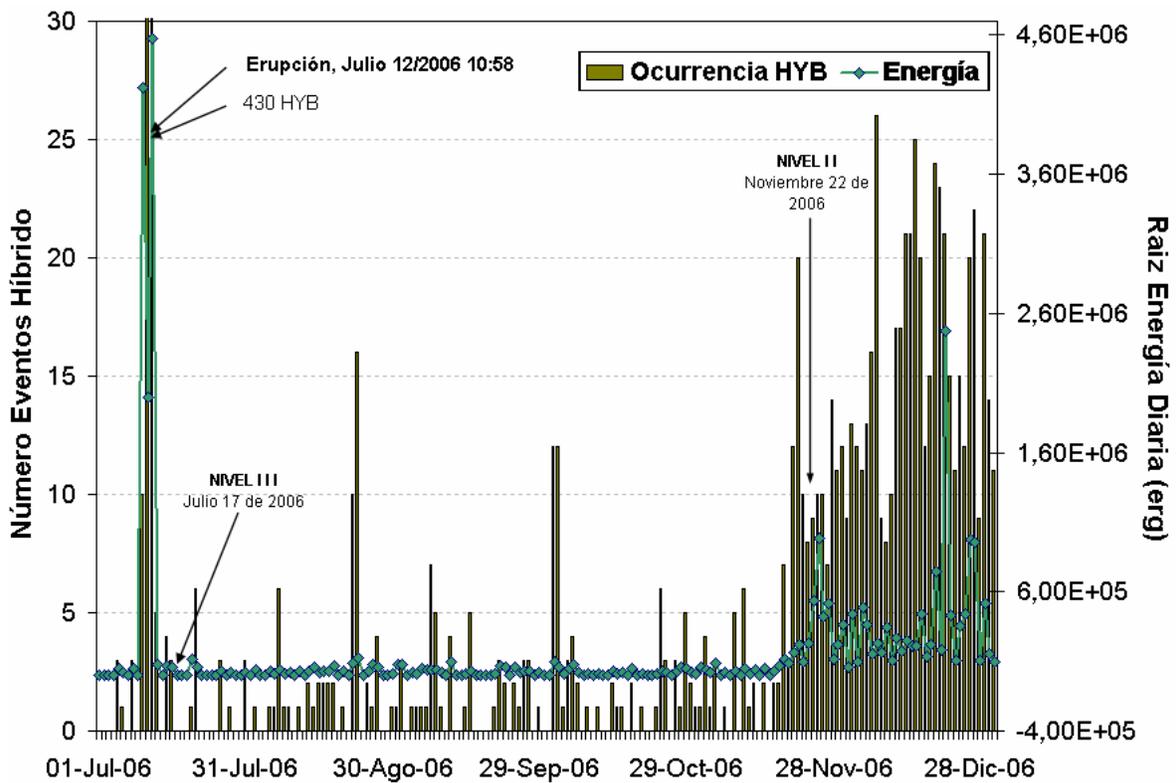


Figura 2.23. Ocurrencia y raíz de la energía diaria de eventos tipo Híbrido. Julio a diciembre de 2006. En la figura se aprecia el incremento en número y energía liberada de este tipo de eventos a finales del mes de noviembre hasta el final de semestre.

En cuanto a los sismos tipo Híbrido, se logró la localización de 245 eventos cuyas magnitudes locales variaron entre 0,2 y 2,9 grados en la escala de Richter y sus profundidades oscilaron entre 0,09 Km y 7,48 Km con respecto a la cima de Galeras (4270 msnm), cabe aclarar que la mayoría de eventos que se presentaron a final del semestre se localizaron a profundidades relativamente superficiales (menores a 2 Km.). En términos generales los epicentros de los sismos se distribuyeron en las vecindades del cráter principal con radios comprendidos entre 0,06 y 5,38 Km., predominando el sector noroccidental y en menor número el sector suroriental (Figura 2.24).

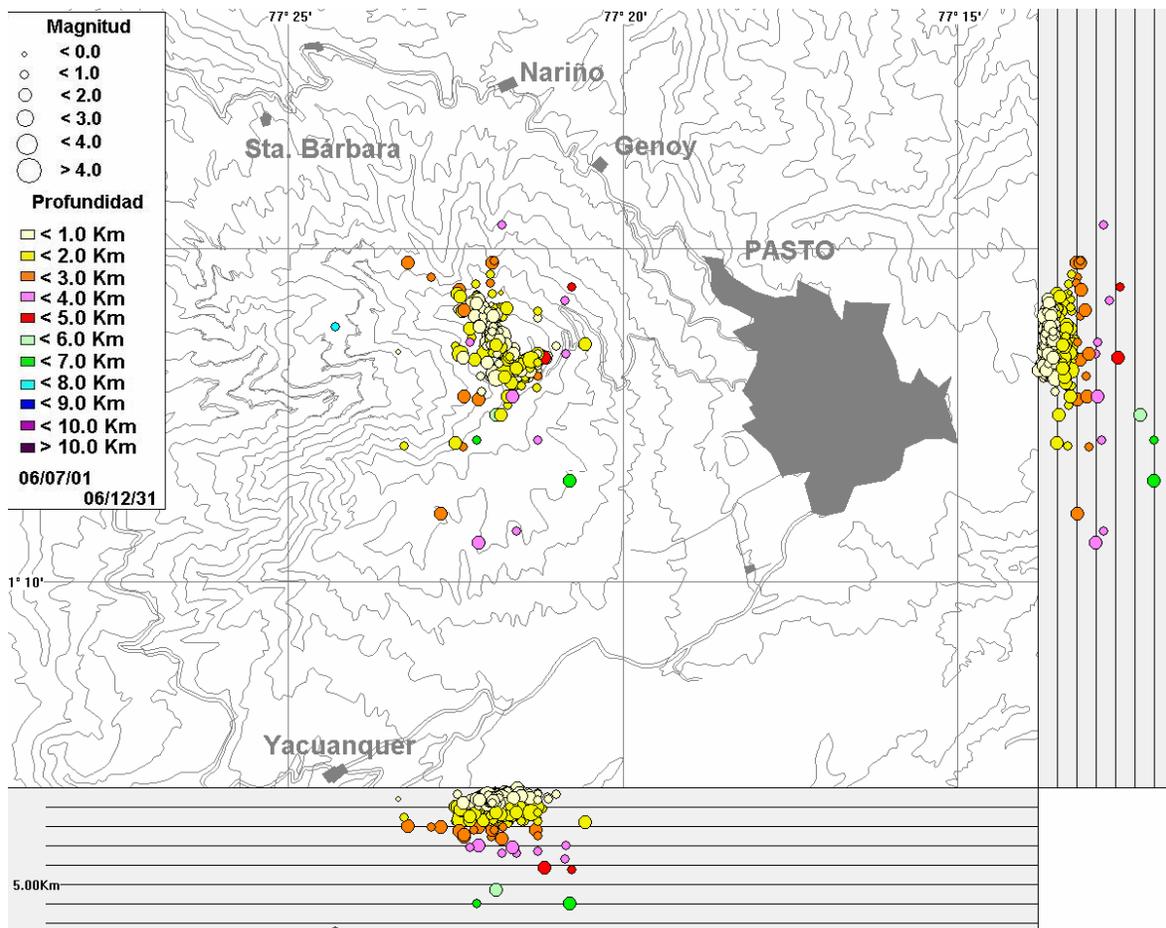


Figura 2.24. Distribución epicentral de sismos tipo HYB en el área de influencia de Galeras. Julio a diciembre de 2006.

En cuanto a los episodios de temblor, su recurrencia y energía fueron muy importantes dentro de la actividad volcánica del segundo semestre de 2006, algunos de ellos estuvieron asociados con emisiones de ceniza visibles desde la ciudad de Pasto y desde varios puntos de la zona de influencia del volcán Galeras, especialmente las emisiones ocurridas el 8 de Julio y los eventos eruptivos del 12 de Julio. En total se registraron 1008 episodios de temblor, que es 4,7 veces menor que al registrado en el semestre anterior. La energía total de los episodios del temblor del semestre fue de $2,40 \times 10^{14}$ ergios, la cual es 6,6 veces menor que la registrada en el semestre anterior. Por el nivel energético alcanzado, el episodio de temblor más destacado se presentó en Julio 12 a las 10:58 a.m. (15:58 UTC), con una energía de $4,21 \times 10^{12}$ ergios; este temblor tuvo una duración de 2,5 minutos y estuvo asociado a evento eruptivo. El pico diario de ocurrencia de episodios de temblor se registró el 26 de Agosto con un total de 22 eventos, los cuales liberaron una energía de $1,93 \times 10^{10}$ ergios, mientras que el pico diario de energía corresponde al día 12 de Julio, día en el cual este tipo de eventos liberó una energía de $2,24 \times 10^{14}$ ergios, con un total de 19 eventos, los cuales en conjunto tuvieron una duración de 9,86 horas (Figura 2.25). El episodio de temblor de mayor duración en este semestre se presentó el 8 de julio a las 9:01 a.m., este evento duró 14,18 horas y liberó un energía de $1,57 \times 10^{12}$ ergios.

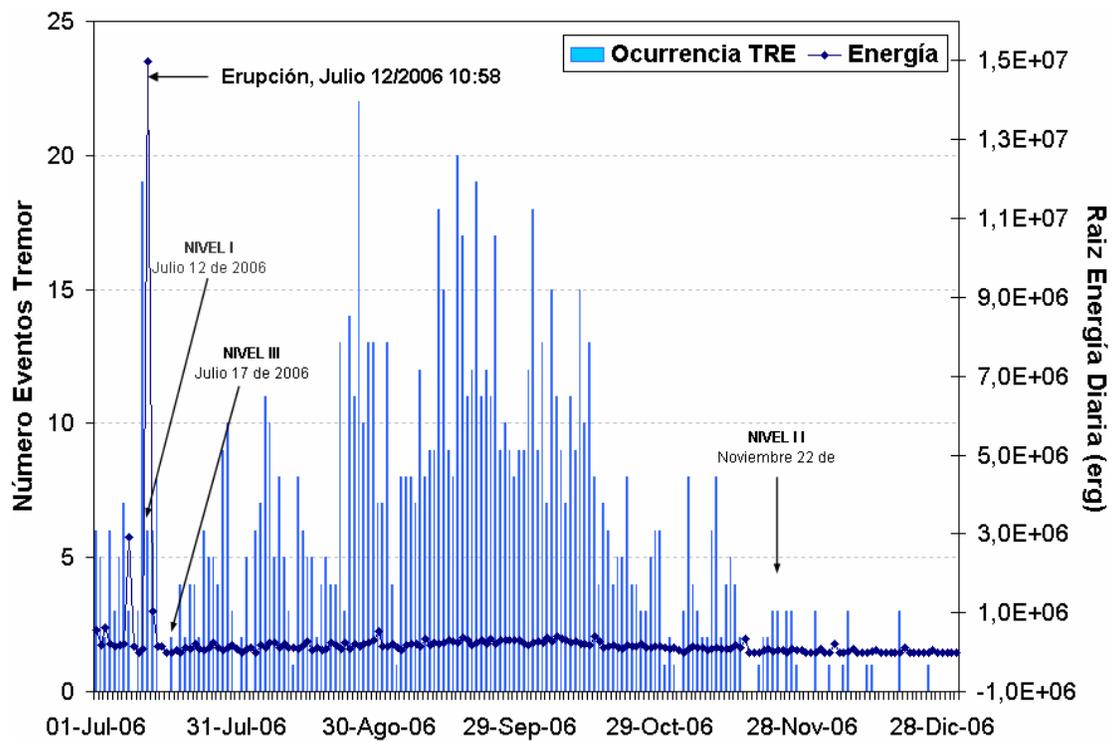


Figura 2.25. Ocurrencia diaria y energía diaria de episodios de Tremor. Julio a diciembre de 2006

De los 1008 episodios de tremor se localizaron 218 por el método de atenuación (Figura 2.26), los epicentros de estos episodios se distribuyeron básicamente en las vecindades del cráter principal, preferencialmente hacia el sector noroccidental.

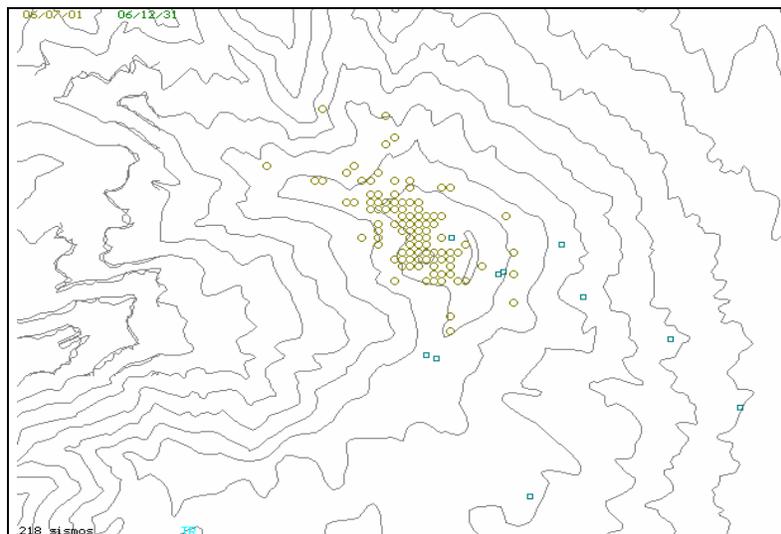


Figura 2.26. Distribución epicentral de episodios de Tremor (TRE) localizados por el método de atenuación. Julio a diciembre de 2006. Los círculos amarillos hacen referencia a los eventos que fueron localizados por el método de atenuación mientras que los círculos azules a la ubicación de las estaciones sísmicas.

2.3 DEFORMACION

La red de deformación para el volcán Galeras durante el segundo semestre de 2006, estuvo conformada por 4 inclinómetros electrónicos y se ocuparon 12 de los 14 Vectores de Nivelación (Figura 2.27).

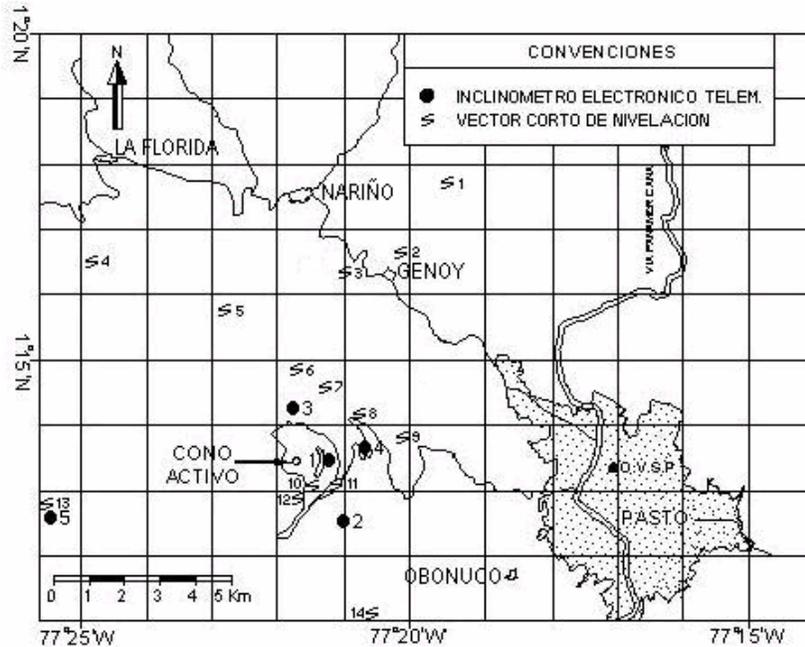


Figura 2.27. Red de vigilancia en Deformación del Volcán Galeras. Inclinómetros electrónicos: 1: Cráter, 2: Peladitos, 3: Huairatola, 4: Urcunina, 5: Calabozo. Vectores de nivelación: 1: Puyito, 2: Lindero, 3: Chorrillo, 4: Chacaguaico, 5: Barranco, 6: Chiguaco, 7: Popeye, 8: Piedras, 9: La Mica, 10: La Y, 11: Inclinómetro, 12: Telecom, 13: La Quebrada, 14: Cobanegra.

2.3.1 Vectores de nivelación

La red de 14 Vectores de Nivelación (VN), construida alrededor de Galeras, fue ocupada en su mayoría en el mes de octubre. La limitación en la toma de datos, en el segundo semestre del 2006, se debió a los fuertes vientos que se presentaron durante los meses de julio, agosto y parte de septiembre; posteriormente la actividad de Galeras que condujo al cambio de nivel de actividad de **III** a **II** en noviembre 22, impidió continuar con la ocupación de los vectores.

En el sector norte, se ubican los VN, Puyito, Chorrillo, Chacaguaico, Lindero, Barranco, Popeye y Chiguaco (los dos últimos no se ocuparon durante el 2006). Los VN Lindero y Popeye tienen una dirección tangencial al cráter del volcán, los restantes son radiales. El vector Lindero por su ubicación de fácil acceso y por estar en zona de amenaza baja, pudo ser ocupado en dos ocasiones, los restantes tienen una medida en el semestre. Analizando las medidas realizadas durante el año, se observa que los vectores Chorrillo, Barranco y Chacaguaico muestran un comportamiento similar, con una tendencia descendente, acumulando en el año, menos de 1 μ rad. Por otra parte Lindero y Puyito, ubicados muy cerca el uno del otro, mostraron en el año un comportamiento similar hasta

octubre de 2006, con un valor acumulado de cerca de 0,5 μ rad, con tendencia ascendente, el ultimo dato de Lindero cambia de comportamiento con un valor de 1,1 μ rad (Figura 2.28).

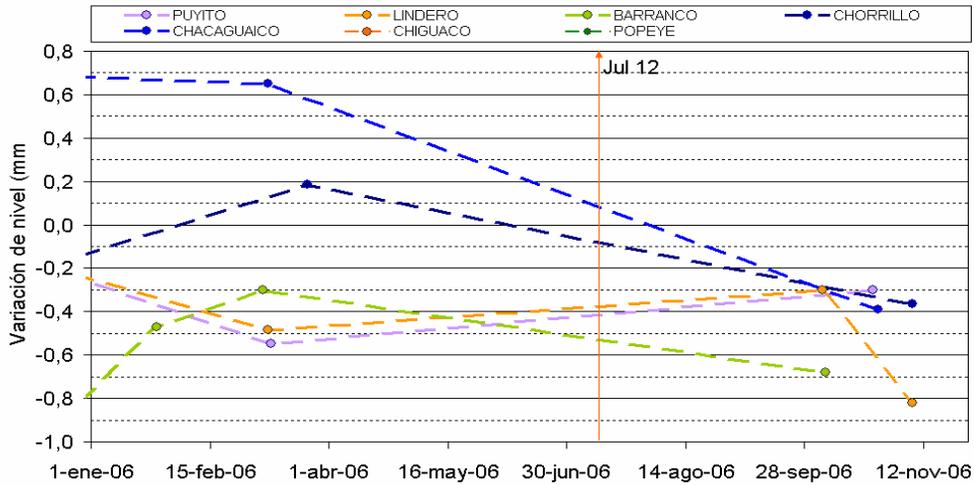


Figura 2.28. Comportamiento de Vectores de Nivelación ubicados en el sector Norte del volcán. Los VN Popeye y Chiguaco no se ocuparon durante el 2006.

En el sector sur están ubicados los Vectores, Cobanegra, La Y y Telecom, los dos los últimos son los vectores mas cercanos al cono de Galeras (menos de 1,1 Km), pese a no ser ocupado durante casi ocho meses mostraron un comportamiento estable con variaciones de menos de 0,1 μ rad. Por su parte el vector Cobanegra, ubicado a 5,2 Km en zona de amenaza baja, fue ocupado en cuatro oportunidades, mostrando hasta el primer semestre una tendencia descendente con una variación de unos 2 μ rad, posteriormente cambio de tendencia con un valor acumulado hasta octubre de 1,7 μ rad (Figura 2.29).

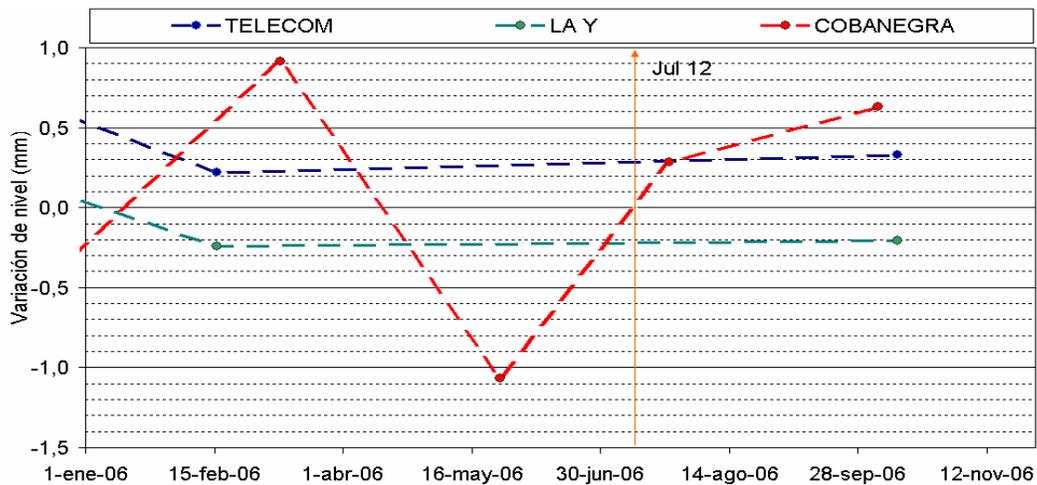


Figura 2.29. Comportamiento de los Vectores de Nivelación ubicados en el sector Sur del volcán.

En el sector oriental de Galeras y en zona de amenaza alta, se cuenta con los vectores El Inclinómetro, Piedras y La Mica, ubicados respectivamente con relación al cráter a 1,2 Km, 1,9 Km y 3,1 Km. El vector tangencial Piedras, mostró una tendencia estable con una variación de menos de 0,1 μ rad. El vector La Mica, cambio su tendencia a ascendente con una variación hasta agosto de 0,7 μ rad. El vector el Inclinómetro fue de los que mayores cambios registró durante el segundo semestre del 2006, con un valor de 1,7 μ rad. (Figura 2.30).

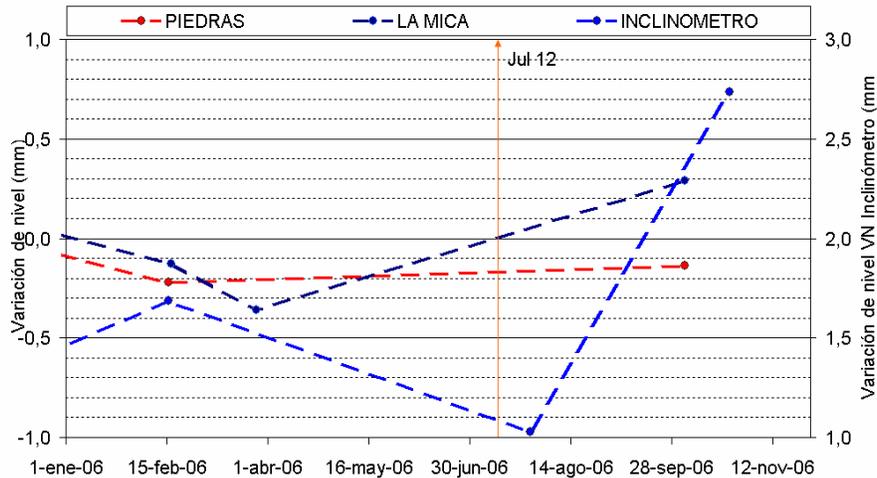


Figura 2.30. Comportamiento de los Vectores de Nivelación ubicados en el sector Oriental del volcán.

En el sector occidental y en zona de amenaza baja, se cuenta con el vector La Quebrada, ubicado a 7,3 Km del cráter, con una dirección radial al mismo; las condiciones climáticas de la zona, así como la facilidad del acceso, permitieron durante el año tomar cuatro medidas. Hasta la ocupación del 30 de agosto de 2006, este vector tuvo un comportamiento ascendente, con un valor acumulado de 2,7 μ rad; posteriormente su tendencia cambio con un valor de 0,6 μ rad (Figura 2.31).

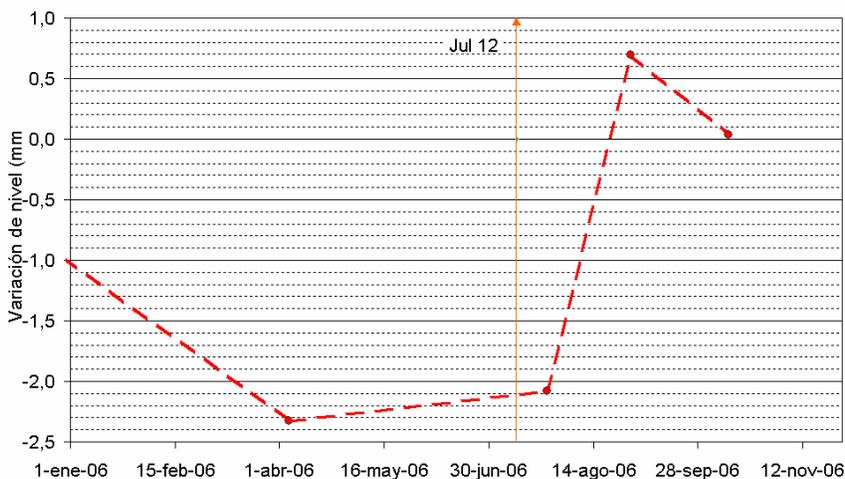


Figura 2.31. Comportamiento del Vector de Nivelación ubicado en el sector Occidental del volcán.

2.3.2 Inclinómetros electrónicos

La red de inclinómetros electrónicos, para el segundo semestre de 2006, estuvo conformada por cuatro inclinómetros: Cráter, Peladitos, Urcunina y Calabozo; el inclinómetro Peladitos se pudo recuperar el 18 de agosto, después que salió de funcionamiento en abril del 2006, a causa de una tormenta eléctrica, que dañó algunos de los circuitos que componen la tarjeta digitalizadora y de transmisión de datos; el inclinómetro Urcunina por problemas en la alimentación salió entre el 31 de agosto y el 6 de septiembre, y el inclinómetro Calabozo por la misma razón salió entre el 14 y el 23 de noviembre; el inclinómetro Cráter durante el segundo semestre tuvo un buen funcionamiento.

El inclinómetro electrónico Cráter (ubicado a 0,9 Km al este del cráter activo), desde mediados de julio hasta diciembre, tuvo una tendencia ascendente en su componente tangencial y estable en la radial, se le calculó un vector resultante de 13 μrad dirigido hacia el sursureste del cráter (Figura 2.32, 2.33).

En el inclinómetro electrónico Peladitos (ubicado a 1,4 Km al sureste del cráter principal) después de su reinstalación, se observó variaciones anómalas en el voltaje, por lo cual el 27 de octubre se revisó el equipo quedando en buenas condiciones, sin embargo en las dos componentes radial y tangencial, asociado a este cambio, se observa una ascenso que no se va a tener en cuenta. La componente tangencial del inclinómetro continuó mostrando la tendencia descendente que traía desde octubre de 2005, acumulando hasta el 26 de octubre de 2006, aproximadamente 300 μrad . Posteriormente cambio de tendencia, acumulando hasta el 31 de diciembre, 20 μrad , cuando continuó mostrando una tendencia estable. Por su parte, la componente radial mostró estabilidad con respecto al comportamiento que traía antes de salir de funcionamiento, y sus variaciones obedecen a la temperatura ambiente (Figura 2.32). Se calcularon dos vectores resultantes para los periodos comprendidos entre el 2 de enero y el 24 de octubre de 2006 y el segundo periodo entre el 24 de octubre de 2006, hasta el 31 de diciembre de 2006, los valores obtenidos fueron de 202 y 25 μrad respectivamente (Figura 2.33).

Para el segundo semestre de 2006, el inclinómetro Urcunina (ubicado a 2,3 Km al este del cráter) no mostró mayores fluctuaciones y los cambios observados obedecen a variaciones en temperatura (Figuras 2.32). El vector resultante para el segundo semestre de 2006 muestra un valor acumulado de 40 μRad (Figuras 2.33).

El inclinómetro Calabozo (localizado a 7 Km. al suroeste del cráter principal) se instaló el 25 de mayo de 2006. Para el periodo comprendido entre el 10 de junio y el 30 de septiembre, tanto la componente radial como la tangencial mostraron una tendencia ascendente con valores acumulados de 60 y 195 μrad , respectivamente. Mas adelante, finalizando octubre las dos componentes tendieron a estabilizarse. Hasta el 13 de diciembre, la componente tangencial cambio de tendencia, mostrando un descenso marcado de 240 μrad , posteriormente su comportamiento fue estable, con una tendencia ligeramente ascendente, hasta finalizar diciembre. La componente radial, entre el 1 y el 14 de noviembre tuvo una tendencia descendente de 30 μrad ; una vez se reestableció la señal, el 23 de noviembre, su tendencia nuevamente fue ascendente y hasta el 31 de diciembre se le calculó un cambio de 100 μrad (Figura 2.32). Para el cálculo del vector resultante y considerando las variaciones principales en las dos componentes se consideran tres periodos, entre el 10 junio y el 8

de octubre, entre el 8 de octubre y el 13 de diciembre y el último entre el 13 y el 31 de diciembre, los valores obtenidos respectivamente fueron de, 213, 254 y 21 μrad (Figura 2.33).

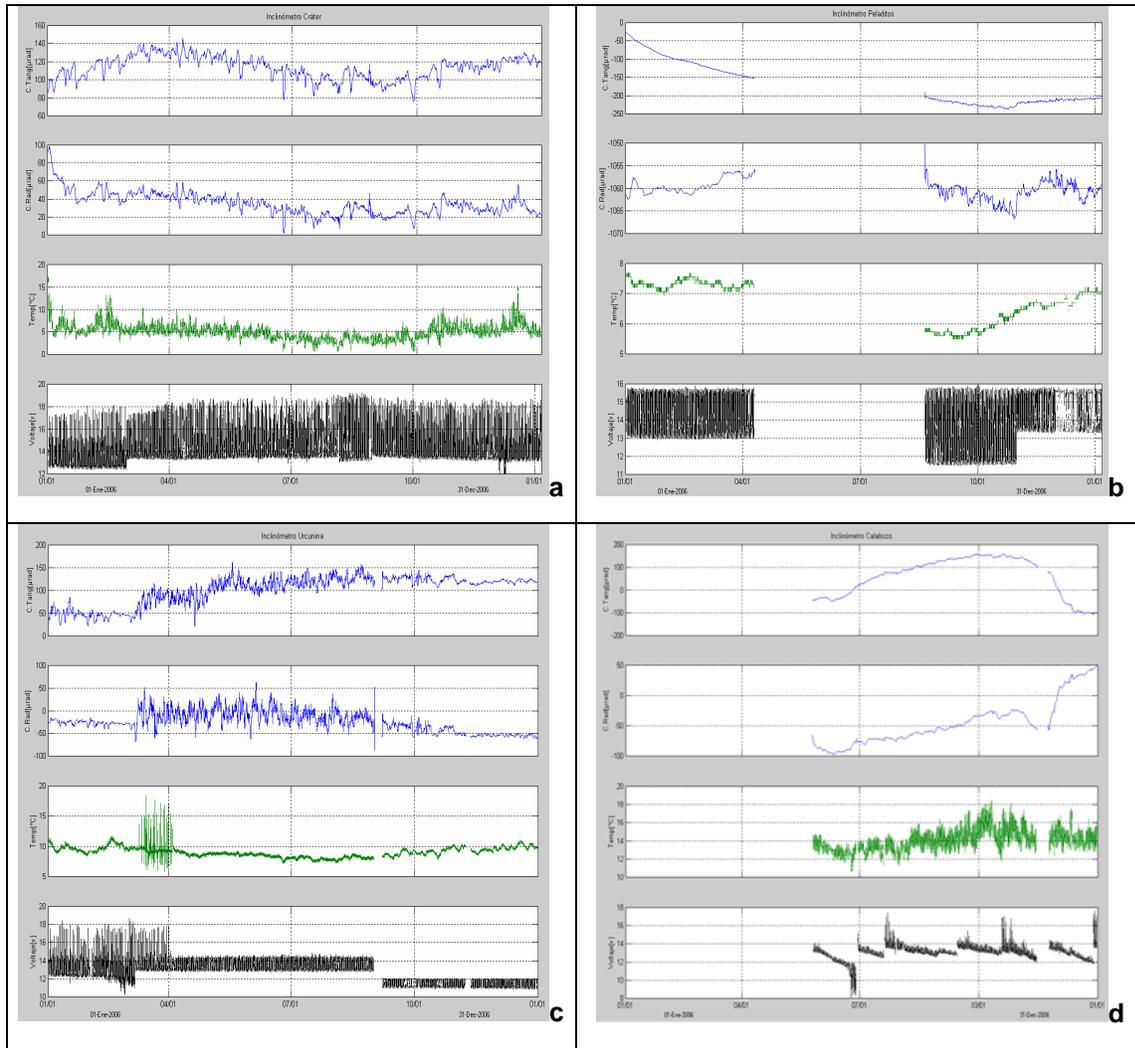
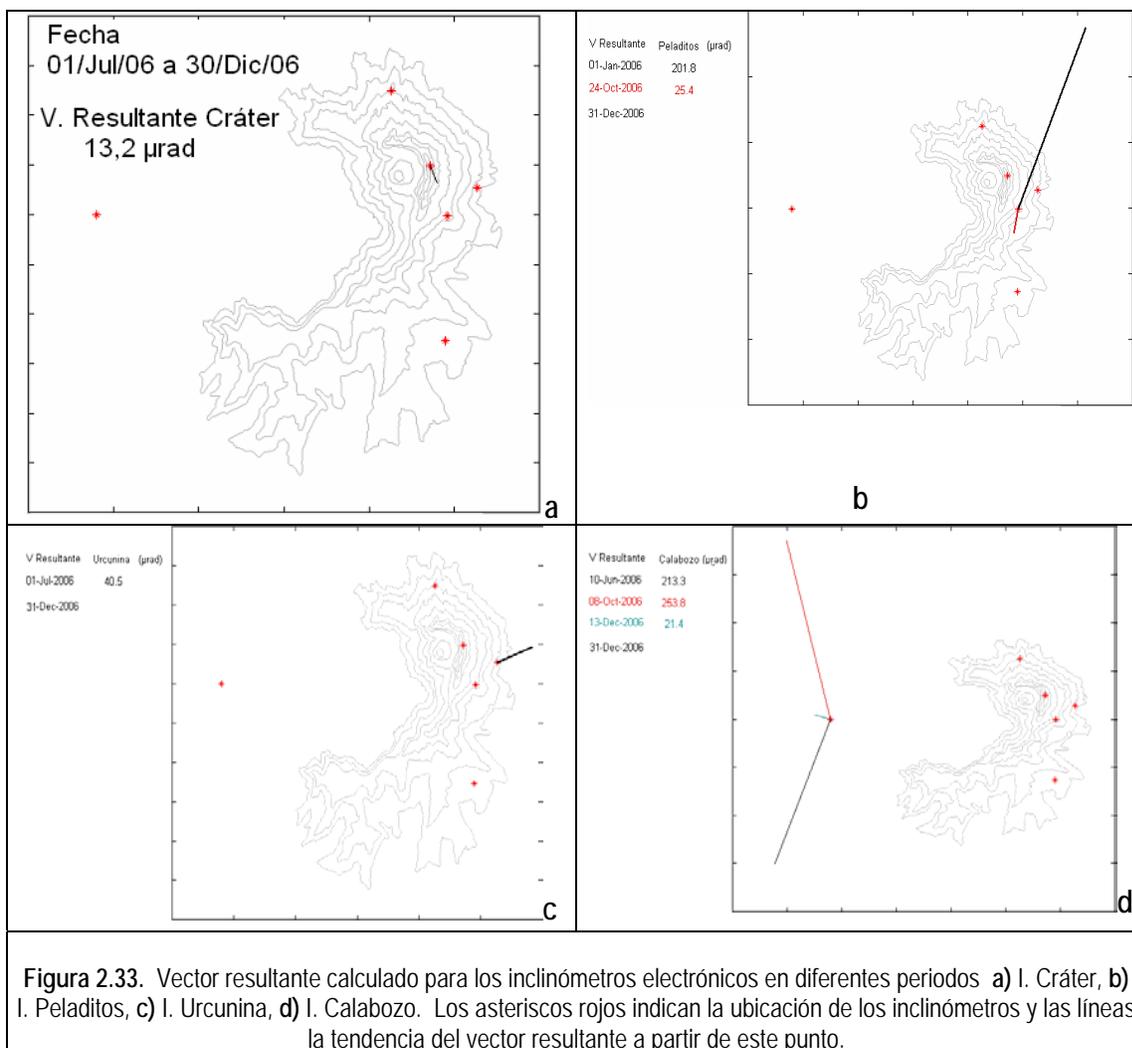


Figura 2.32. Comportamiento de la red de inclinómetros electrónicos instalados en Galeras. **a.** Inclinómetro Cráter, **b.** Inclinómetro Peladitos, **c.** Inclinómetro Urcunina, **d.** Inclinómetro Calabozo. Las líneas de color azul indican la componente tangencial y radial, las de color verde el comportamiento de la temperatura y el negro el voltaje.



2.4 FISICOQUIMICA

Durante el segundo semestre de 2006, se hicieron mediciones de contenido de SO_2 en el aire y de emisiones de Rn-222 en suelos. El SO_2 se midió mediante el método Móvil-DOAS y Scan-DOAS (DOAS: Differential Optical Absorption Spectroscopy -Espectroscopía Óptica Diferencial de Absorción) con los prototipos del Proyecto NOVAC (Network for Observation of Volcanic and Atmospheric Change).

Después de la erupción del 12 de julio, a finales del mes ya fue posible hacer mediciones de flujo de SO_2 sobre la carretera circunvalar a Galeras con el mini-DOAS móvil que permite hacer mediciones sobre una ruta. También se hicieron mediciones desde algunos sitios determinados, especialmente desde la población de Ancuya (17 km WNW del cráter activo) con el scan-DOAS, que es un instrumento para hacer medidas en un sitio fijo. La mayoría de las veces se encontraron valores muy bajos de flujo de SO_2 .

En la tabla 2.3 se pueden apreciar los valores de flujo de SO₂ medidos durante el segundo semestre de 2006 y en la figura 2.34 se puede apreciar el comportamiento de éstos valores con relación a lo medido en el primer semestre de 2006.

Tabla 2.3 Mediciones de flujo de SO₂ durante el segundo semestre de 2006

FECHA	HORA	DIRECCION	VELOCIDAD SO ₂		RECORRIDO	INSTRUMENTO
			VIENTO (m/s)	Ton/día		
27/07/2006	11:30	N283	6,30	605	Sandoná – Consacá	MINIDOAS
27/07/2006	12:45	N279	6,30	650	Consacá - Sandoná	MINIDOAS
28/07/2006	14:38	N279	6,10	700	Sandoná – Consacá	MINIDOAS
30/07/2006	11:00	N287	12,00	920	Nariño – Consacá	MINIDOAS
31/07/2006	10:30	N292	11,40	404	Nariño – Consacá	MINIDOAS
09/08/2006	10:00	N283	9,70	264	Sandoná – Consacá	MINIDOAS
15/08/2006	12:00	N307	6,20	208	Sn. José (Sand.) - Piarán (Cons.)	MINIDOAS
22/08/2006	9:00	N290	19,10	281	Ancuya	SCANDOAS
30/08/2006	14:00	N290	5,00	118	Ancuya	SCANDOAS
05/09/2006	10:00	N294	10,00	87	Ancuya	SCANDOAS
07/09/2006	14:30	N290	7,30	162	Ancuya	SCANDOAS
08/09/2006	12:00	N292	7,60	120	Ancuya	SCANDOAS
09/09/2006	12:00	N285	8,20	149	Ancuya	SCANDOAS
10/09/2006	14:00	N285	5,20	59	Ancuya	SCANDOAS
11/09/2006	14:00	N284	9,60	299	Ancuya	SCANDOAS
29/09/2006	12:00	N293	11,00	116	Consacá – El Ingenio	MINIDOAS
04/10/2006	12:00	N300	6,50	19	Consacá – El Ingenio	MINIDOAS
11/10/2006	11:00	N287	4,70	12	Sn. José (Sand.) – Pasto	MINIDOAS
25/10/2006	11:00			0	Circunvalar Galeras	MINIDOAS
02/11/2006	11:00			0	Circunvalar Galeras	MINIDOAS
21/11/2006	11:00	N310	5,80	27	La Florida – Sandoná	MINIDOAS
21/11/2006	12:00	N320	5,40	25	Sandoná - La Florida	MINIDOAS
29/11/2006	10:00			0	Circunvalar Galeras	MINIDOAS
04/12/2006	10:00	N110	4,00	0,42	Pasto – Consacá	MINIDOAS
13/12/2006	12:00	N101	1,00	3	Lirios (Pasto)	SCANDOAS
13/12/2006	15:30	N263	1,00	5	Churupamba (Consacá)	SCANDOAS
15/12/2006	11:03	N101	2,40	17	Lirios (Pasto)	SCANDOAS
15/12/2006	12:46	N104	2,40	4	Cobanegra (Pasto)	SCANDOAS
15/12/2006	13:25	N135	2,40	6	Gualmatán (Pasto)	SCANDOAS
20/12/2006	9:52	N101	2,00	11	Lirios (Pasto)	SCANDOAS
20/12/2006	11:13	N104	2,00	2	Cobanegra (Pasto)	SCANDOAS
11/01/2007	10:33	N101	12,20	27	Lirios (Pasto)	SCANDOAS
11/01/2007	11:50	N104	12,20	26	Cobanegra (Pasto)	SCANDOAS
11/01/2007	13:09	N135	12,20	32	Gualmatán (Pasto)	SCANDOAS
16/01/2007	10:16	N263	12,40	18	Churupamba (Consacá)	SCANDOAS
16/01/2007	13:00	N104	12,40	22	Cobanegra (Pasto)	SCANDOAS
16/01/2007	15:29	N101	12,40	115	Lirios (Pasto)	SCANDOAS
23/01/2007	11:31	N263	10,00	36	Churupamba (Consacá)	SCANDOAS
23/01/2007	13:24	N280	7,60	28	Piarán (Consacá)	SCANDOAS

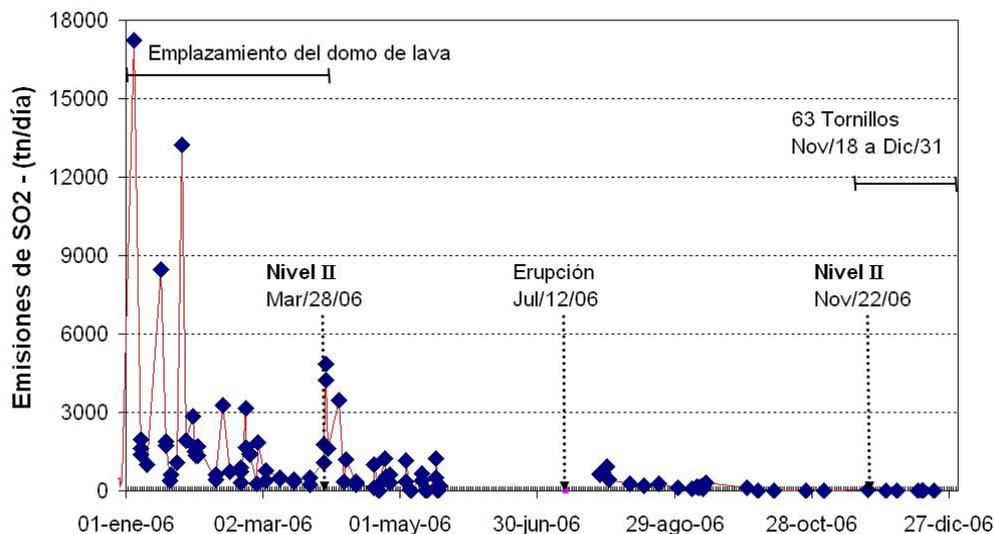


Figura 2.34. Emisiones de SO₂, medidas con miniDOAS y scanDOAS (NOVAC). Segundo semestre de 2006

Por su parte, la red de estaciones de monitoreo de Rn-222 en suelos (Figura 2.1), se vio afectada por el cambio de nivel de actividad, pues fue necesario retirar las estaciones que se encuentran en zona de amenaza alta o que es necesario atravesarla para llegar a ellas. Comenzando el segundo semestre de 2006, Galeras se encontraba en Nivel II hasta la ocurrencia de la erupción del 12 de julio y luego nuevamente se estableció el Nivel II a partir del 22 de noviembre, por lo cual algunas estaciones solamente funcionaron pocos meses.

La Línea Norte contó con 6 estaciones (figura 2.35), de las cuales la estación Zanjón1 solamente funcionó entre agosto 22 y noviembre 16. La Línea Circunvalar trabajó con 5 estaciones (figura 2.36), pero la estación Barranco solamente trabajó entre agosto 23 y noviembre 17. Y de las estaciones de las lavas fisurales de San Cayetano (figura 2.37) solamente Lava1 funcionó durante todo el semestre, Lava 2 funcionó entre agosto 22 y noviembre 16.

Con el objetivo de optimizar la vigilancia geoquímica de Galeras, se instalaron varias estaciones de medición de emisiones de Radón-222 en sitios cercanos a la cima y se trató de ubicarlas fuera de la zona de amenaza alta, para evitar problemas cuando hubiera episodios de aumento de la actividad volcánica. El nuevo arreglo se denominó Línea Galeras y junto con los puntos de las lavas fisurales de San Cayetano tiene en total 6 estaciones.

De las nuevas estaciones la primera en ser instalada fue Lirios1, con coordenadas de 1°12,55'N, 77°19,60'W y 3080 msnm, localizada a 4,2 Km al ESE del cono activo. Luego se instaló Cobanegra en las coordenadas 1°10,70'N, 77°20,71'W y 3460 msnm, localizada a 5,4 Km al SSE del cono activo. La estación Mijitayo se instaló en las coordenadas 1°12,15'N, 77°19,38'W y 3030 msnm, localizada a 5 Km al ESE del cono activo. Finalmente se instaló la estación Santa Bárbara en las coordenadas 1°16,41'N, 77°25,05'W y 2600 msnm, ubicada a 8,3 Km al NW del cono activo de Galeras. Las ubicaciones de éstas nuevas estaciones se muestran en la figura 2.1.

Los valores de las emisiones de Rn-222 en las estaciones de la Línea Norte fluctuaron entre 116 pCi/L y 5000 pCi/L, registrados respectivamente en las estaciones de Meneses3 y San Juan1 (Figura 2.35). El pico de emisión se registró en la semana comprendida entre el 2 y el 7 de octubre de 2006. Los valores mayores de emisión de Rn-222 en ésta línea se registraron aproximadamente un mes antes de comenzar el registro de los eventos de tipo Tornillo.

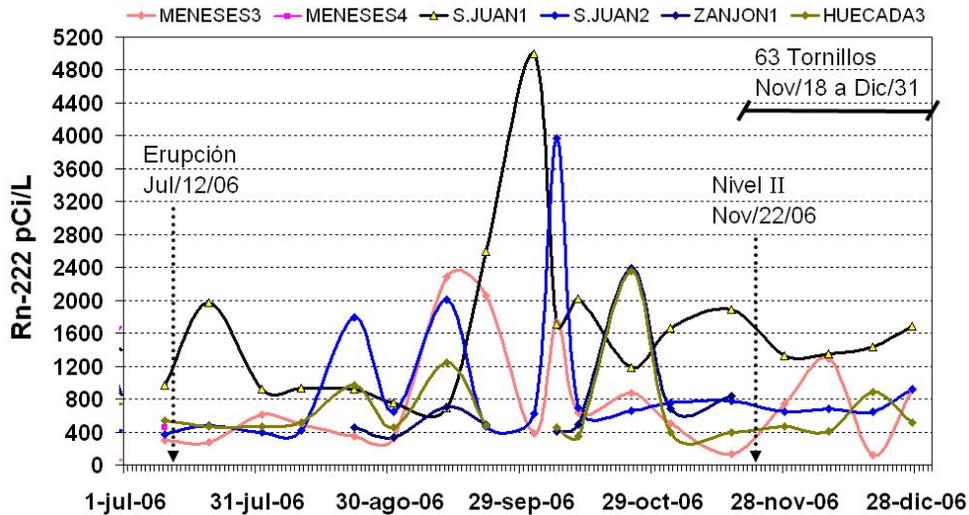


Figura 2.35. Emisiones de Rn-222, en la Línea Norte. Segundo semestre de 2006.

El rango de emisiones en la Línea Circunvalar osciló entre 270 pCi/L y 3934 pCi/L, registrados respectivamente en las estaciones San Francisco y Ancuva (Figura 2.38). El pico de emisión fue medido en la semana entre el 29 de diciembre de 2006 y el 10 de enero de 2007. Durante el semestre se observó una tendencia general ascendente en el comportamiento de la estación Ancuva (Figura 2.36).

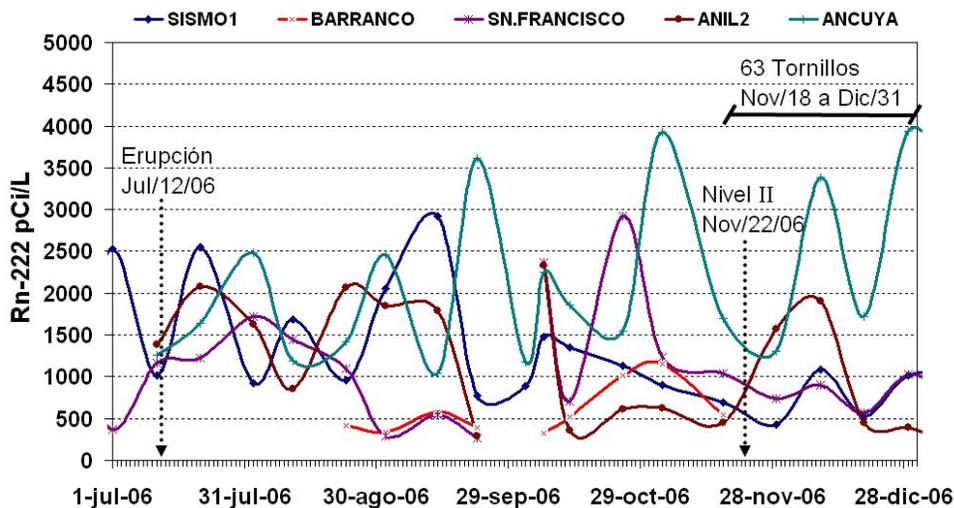


Figura 2.36. Emisiones de Rn-222, en la Línea Circunvalar. Segundo semestre de 2006.

Las estaciones más recientes instaladas son las de la Línea Galeras. Lava1 y Lava2, las cuales ya venían trabajando desde 2005 y las otras estaciones nuevas empezaron a registrar a partir de la segunda mitad de este semestre. Los valores de ésta línea oscilaron entre 0 pCi/L y 5157 pCi/L, registrados respectivamente en las estaciones Cobanegra y Santa Bárbara (Figura 2.37). El pico de emisión se registró en la semana entre el 24 de octubre y el 2 de noviembre de 2006. En ésta línea también se observó que los mayores valores se registraron aproximadamente un mes antes de comenzar el registro de los tornillos. De la misma forma, a partir de la segunda mitad del semestre se observó un aumento marcado en las emisiones de la estación Lava1.

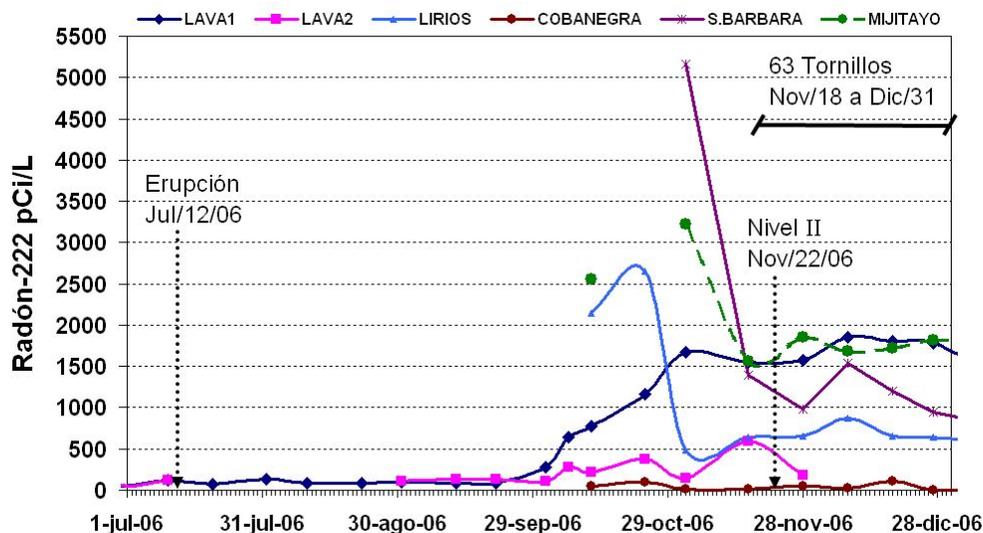


Figura 2.37. Emisiones de Rn-222, en la Línea Galeras. Segundo semestre de 2006.

Gracias a la información enviada por Santiago Arellano, del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador, se contó con imágenes del SO_2 lanzado a la atmósfera en las emisiones de ceniza de Galeras del 8 de julio de 2006, obtenidas del instituto de Monitoreo Instrumental de Ozono – OMI, el cual efectúa un seguimiento satelital de las concentraciones de SO_2 relacionadas con la actividad eruptiva de los volcanes ecuatorianos y otros volcanes activos en el mundo. En las imágenes se representan los volcanes con triángulos negros y las nubes de SO_2 en colores de acuerdo con una escala ubicada en la derecha de la imagen, las nubes corresponden a los volcanes Galeras en Colombia y Tungurahua en Ecuador. En lo que respecta a nuestro volcán, se observó en dichas imágenes una emisión sostenida de SO_2 para el día 8 de julio, entre las 02:18 y 02:21 pm, la cual se estimó en un valor de aproximadamente 2000 Ton y con dispersión hacia el WNW de Galeras, llegando hasta el océano Pacífico (Figura 2.38).

Para los episodios eruptivos explosivos del 12 de julio, se obtuvo una imagen con información entre las 01:54 y 01:56 pm que mostró una emisión de 1000 Ton de SO_2 (Figura 2.39) de acuerdo con el OMI (Cortesía del Dr. Simon Carn). Según esta imagen y para el caso de Galeras, la mayor concentración del gas en términos de masa de SO_2 se presentó hacia el oriente del volcán en límites con el vecino departamento del Putumayo. Otros pulsos de SO_2 se dispersaron hacia el noroccidente y suroccidente (Figura 2.39).

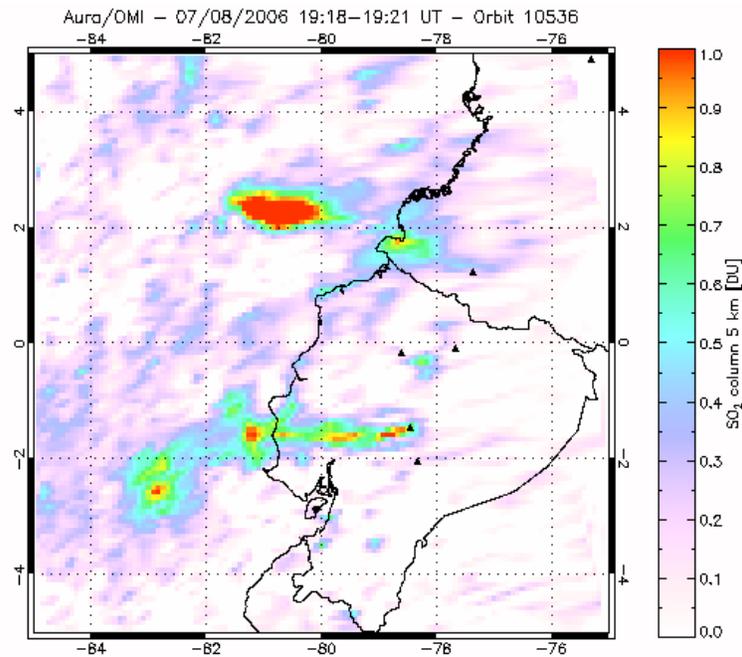


Figura 2.38. Registro de concentración y dispersión de la columna de SO₂ emitida por la actividad del volcán Galeras el 8 de julio entre las 2:18 y 2:21 p.m. Imagen cortesía de IG-ESPONA y OMI.

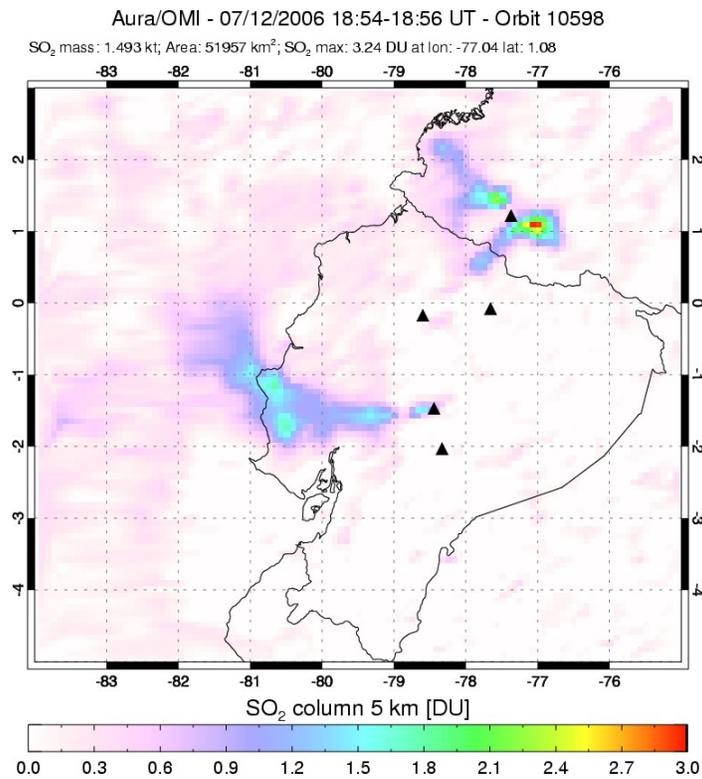


Figura 2.39. Registro de concentración y dispersión de la columna de SO₂ emitida luego de la erupción del 12 de julio entre la 1:54 y 1:56 pm. Imagen cortesía del Dr. Simon Carn - OMI.

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, por sobrevuelos efectuados por personal del Observatorio en el helicóptero Hughes de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC), y en algunas ocasiones por material fotográfico brindado por la Policía Nacional de Colombia. Este permanente registro fotográfico y fílmico se almacena en sus correspondientes bases de datos, pero parte de este material es seleccionado y se coloca en la página Web del observatorio en las direcciones: (<http://intranet.ingeoquinas.gov.co/pasto/Fotograf%EDas> y <http://intranet.ingeoquinas.gov.co/pasto/Videos>), para que el público en general pueda tener acceso directo a este tipo de información gráfica.

Luego de la formación, emplazamiento y realizando un seguimiento al domo de lava, los valores obtenidos permitieron estimar un volumen máximo para el primer semestre de 2006 de aproximadamente 3'000.000 m³ (INGEOMINAS, 2006); el cual, en el mes de junio, este descendió aproximadamente un 10% del total con lo cual el volumen pasó a ser del orden de 2'700.000 m³. Este pequeño descenso se debió probablemente a pérdida de gases o reacomodo del material observado en los meses anteriores.

Algunos de los procesos de emisión del 8 de julio de 2006, fueron observados por pobladores en sectores aledaños al volcán, principalmente hacia el sector nor-oeste (Figura 2.40). Los eventos eruptivos fueron registrados por la cámara web, instalada en Consacá (Figura 2.41). Estos procesos se correlacionaron con episodios de temblor y sonidos similares a los de un avión. Se obtuvieron reportes de caída de ceniza en poblaciones como El Ingenio, Sandoná y Samaniego (esta última a 30 Km., en línea recta) (Figura 2.42).



Figura 2.40. Emisión de ceniza del 8 de julio de 2006, vista desde el sector de El Motilón, ubicado aproximadamente a 11 Km., hacia el sector NNW del cráter del volcán (Cortesía del señor Jonathan Delgado).

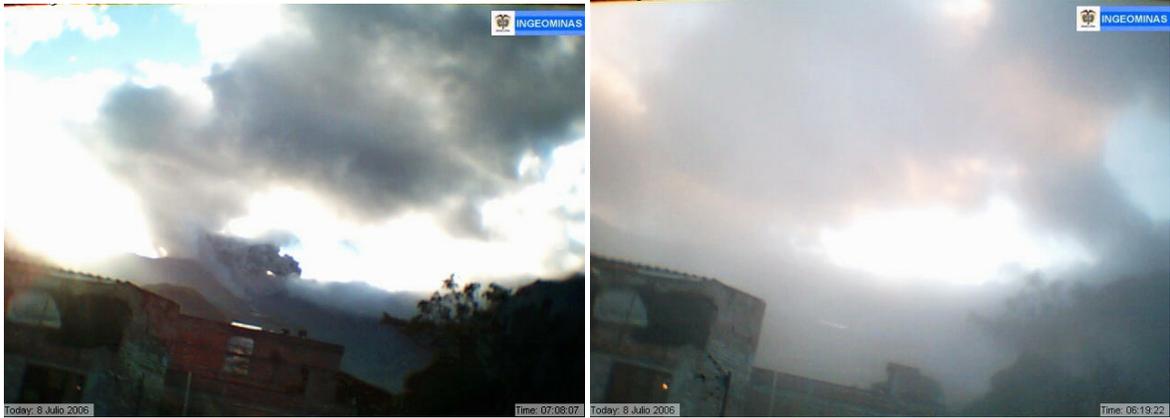


Figura 2.41. Emisión de ceniza del 8 de julio de 2006, vista desde el sector del municipio de Consacá (izquierda) y dispersión de la ceniza sobre el casco urbano del municipio (derecha).



Figura 2.42. Emisión de ceniza del 8 de julio de 2006, sector NNW, captado desde sectores del albergue El Vergel. (Cortesía Cruz Roja Colombiana).

El 8 y 10 de julio de 2006, se realizaron sobrevuelos en la zona de amenaza volcánica. En el sobrevuelo del 8 de julio, aunque las condiciones climáticas no fueron óptimas, se pudo apreciar un incremento, comparativamente con el sobrevuelo del 24 de junio de 2006, en la salida de vapor de agua y otros gases, desde los diferentes puntos de emisión del cono de Galeras. Se observaron varios puntos de emisión en la periferia del cráter principal, especialmente en el sector occidental, así como también la estela de ceniza y la huella de las emisiones, orientada por el viento, hacia el costado occidental superior del volcán (Figura 2.43). En el sobrevuelo del 10 de julio, entre las 06:35 y las 07:43 de la mañana, se observó nuevamente el cráter principal y los diferentes focos, con emisiones de gases y vapor de agua de coloración blanca. Los principales puntos de emisión fueron: El Paisita, Las Chavas y en las paredes internas del cráter principal. Se destaca el incremento de salida de gas en el sector de Las Joyas (Figura 2.44). Las condiciones del viento controlaron la dirección de la columna, hacia el sector noroccidental.



Figura 2.43. Proceso de emisión vapor de agua y otros gases del día 8 de julio de 2006, desde cráteres secundarios y campos fumarólicos del cono activo del volcán (izquierda). Evidencia de los depósitos de material emitido hacia el sector occidental del cono activo (derecha).

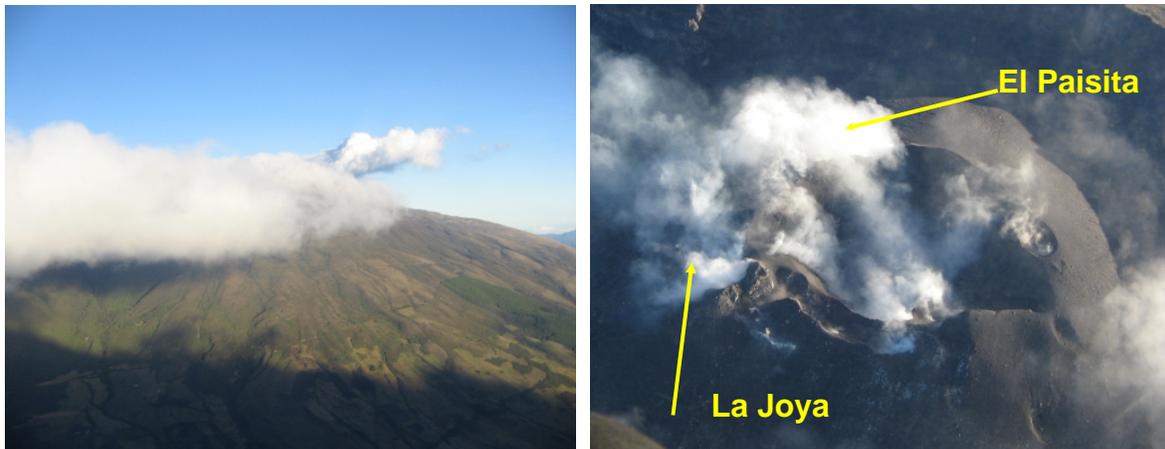


Figura 2.44. Sobrevuelo del 10 de julio de 2006. A la izquierda: emisiones de gases y vapor de agua desde diferentes sectores del cono, principalmente, desde el sector occidental (6:45 a.m.) y a la derecha, vista de la ampliación del campo fumarólico de La Joya y El Paisita (8:37 a.m.).

Con las medidas realizadas en campo, del espesor de material acumulado en diferentes sectores alrededor del volcán, se elaboró un mapa de isópacas. Esta dispersión estuvo dominada por la acción de los vientos y se realizó un estimativo del volumen de material emitido, el cual alcanzó un volumen no mayor a los 80.000 m³, (Figura 2.45).

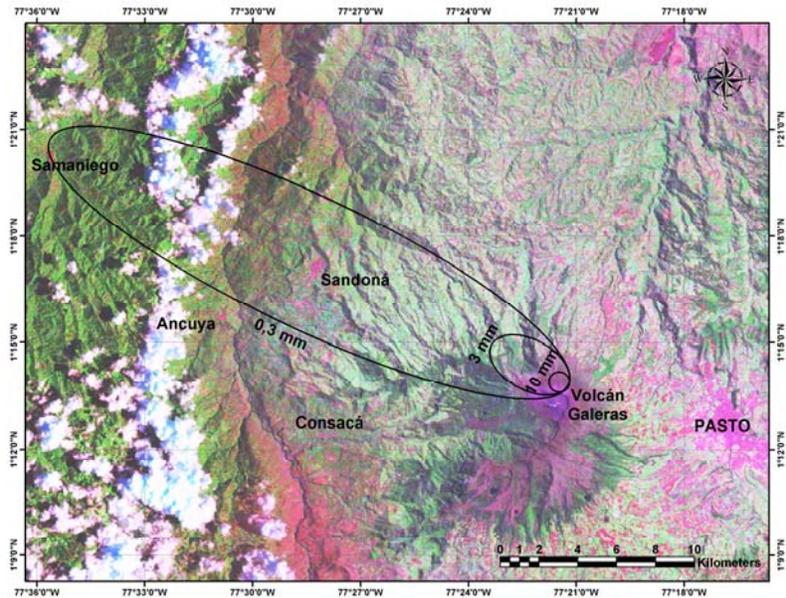


Figura 2.45. Mapa de isópacas para el evento de emisión del 8 de julio de 2006, encontrándose ceniza depositada hasta el sector del municipio de Samaniego. La dirección predominante de dispersión de la columna de emisión de ceniza fue hacia el sector NW del volcán.

Como se ha mencionado, los hechos más importantes que ocurrieron durante el segundo semestre de 2006 fueron los episodios eruptivos que se presentaron el día 12 de julio. Para este día, a las 10:58:38 a.m., el volcán Galeras produjo una erupción de carácter explosivo, que fue sentida desde diferentes sitios alrededor del volcán. Estuvo acompañada por el sonido y por una columna de aproximadamente ocho kilómetros de altura. Aún cuando el volcán permanecía cubierto por nubes, luego de unos minutos de iniciado el proceso, fue posible observar, desde la ciudad de San Juan de Pasto y de los alrededores del volcán, la columna eruptiva. En la figura 2.46 se muestran las imágenes de la columna captada desde la ciudad de San Juan de Pasto y en las figuras 2.47 y 2.48 se muestran las imágenes desde el norte del volcán (Nariño y Chachagüí).

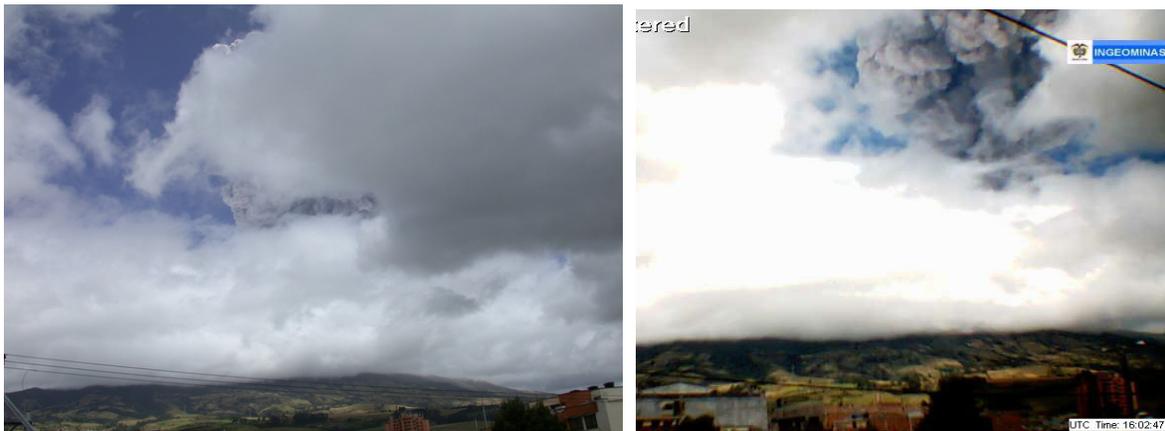


Figura 2.46. Seguimiento fotográfico de la erupción del 12 de julio de 2006. Columna eruptiva que inició a las 10:58 a.m., registrado con la cámara Web desde el observatorio de Pasto.



Figura 2.47. Seguimiento fotográfico de la erupción del 12 de julio de 2006. Columna eruptiva de las 10:58 a.m., observada desde Nariño (Tomado de AP-Diario del Sur).



Figura 2.48. Seguimiento fotográfico de la erupción del 12 de julio de 2006. Imágenes de la columna eruptiva de las 10:58 a.m. , observadas desde el municipio de Chachagüí. (Cortesía Cruz Roja y Arturo Ortiz-Bombero Pasto).

La erupción arrojó bloques que ocasionaron cráteres de impacto en la cima (Figura 2.49) y algunos incendios en la parte alta del volcán (Figura 2.50). por acción de los vientos, la ceniza se dispersó hasta unos 38 Km. de distancia hacia el nor-oeste del volcán. Se reportó caída de ceniza en poblaciones como La Florida (10 Km.), Sandoná (14 Km.), Ancuya (18 Km.), Linares (23 Km.) y Samaniego (30 Km.) (Figura 2.51).



Figura 2.49. Bloques eyectados durante la erupción del 12 de julio de 2006, a las 10:58 a.m. (Cortesía Ejército Nacional de Colombia)



Figura 2.50. Incendios ocasionados en el sector norte, en la parte alta del volcán, por los bloques incandescentes de la erupción del 12 de julio (sector derecho de la fotografía).



Figura 2.51. Caída de ceniza en el sector Santa Bárbara, al norte del volcán a 10 Km. al norte del cráter activo de Galeras.

A las 2:32 p.m., se presentó una segunda emisión. Personal de INGEOMINAS, ubicado al NW de Galeras, en el sector de Santa Bárbara, a 9 Km. del cráter activo (municipio de Sandoná), informaron que se observaba parcialmente la columna de emisión dirigiéndose justamente hacia esa dirección y que posteriormente, en el lugar, cayó ceniza más fina. Desde el aeropuerto Antonio Nariño (a 20 Km. al NNE del volcán), reportaron la columna, de coloración oscura, moviéndose hacia el W, con una altura menor de 5 Km.

Por otro lado, información de la página web del National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) de Estados Unidos, reportaron hacia las 12:19 p.m. del 12 de julio, una columna de ceniza en la región del volcán Galeras, con una altura máxima aproximada de 14 Km.

El NOAA posteriormente hizo un pronóstico de desplazamiento, altura de columna y dirección de dispersión para las 7:00 p.m. del 12 julio y para la 1:00 a.m. y 7:00 a.m. del 13 de julio.

La Figura 2.52 presenta un esquema del seguimiento satelital efectuado por el NOAA correspondiente al proceso eruptivo de Galeras del 12 julio de 2006 así como de los pronósticos realizados.

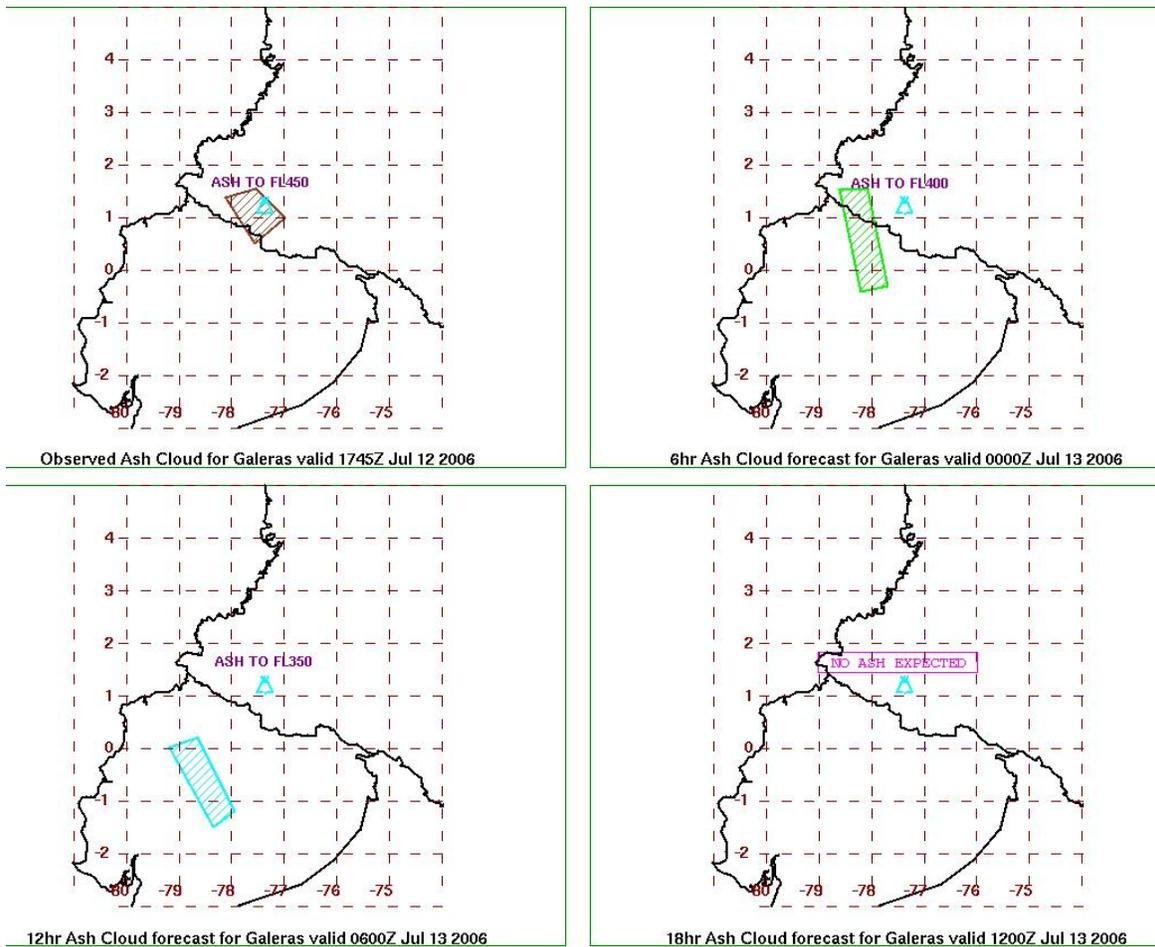


Figura 2.52. Representación gráfica de la dispersión de la columna de ceniza, observada y pronosticada para la actividad eruptiva de Galeras de las 10:58 a.m. del 12 de julio de 2006 (Tomado del NOAA).

De acuerdo con el análisis, bajo lupa binocular, de las muestras de ceniza recolectadas en la zona de dispersión de la erupción del 12 de Julio de 2006, permitieron identificar fragmentos de tamaños dominantes entre polvo y 1 mm (límite superior de tamaño 'arena gruesa') de acuerdo con la tabla de tamaños de la "Exploración Logging" (Figura 2.53):

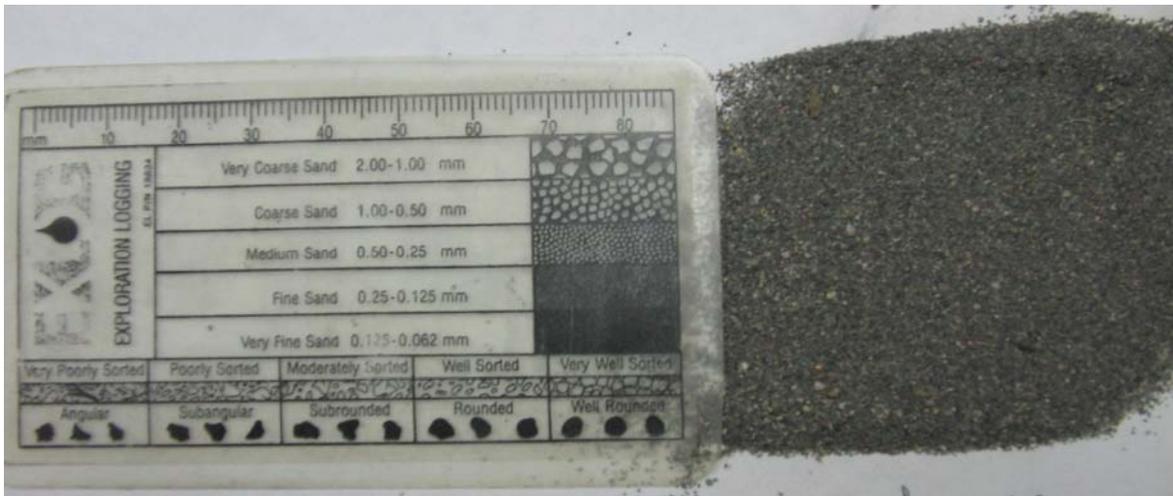


Figura 2.53. Muestra de ceniza tamaño "arena fina a media" recogida en la vereda San Francisco del municipio de Linares (23 Km. al nor-oeste del cono activo).

Adicionalmente, se observó fragmentos de coloraciones oscuras, que varían entre negro a gris oscuro y marrón verdoso o rojizo, que corresponden a fragmentos de vidrio o líticos muy vidriosos con escasos cristales de plagioclasas. Dentro de éstos es posible que se encuentren fragmentos de minerales máficos, aunque a pocos de ellos se les observó planos de clivaje; el contenido de estos fragmentos oscuros varía entre 75 - 32%. Otros fragmentos son transparentes y blanco-translúcidos, angulares, que corresponden a cristales de plagioclasa. Muchos de ellos aún se observan con su forma tabular y anhedral, con planos de clivaje visibles en muchos casos y con inclusiones de puntos negros que parecen ser vidrio; el contenido varía entre 70 - 20%. Se presentan otros fragmentos redondeados en baja cantidad (9 - 2%), con textura sacaroide, de color blanco a rojizo y mezcla de ambos colores, que pueden corresponder a vidrio alterado.

Respecto a las bombas (bloques) del domo, según el personal de la Base Militar del Galeras, cayeron bloques hasta de 1 m de diámetro, en las cercanías de las instalaciones y algunos de menor tamaño, que afectaron algunos equipos. Los militares entregaron al personal del Observatorio, tres de estas bombas volcánicas, para su análisis. Estas rocas tenían tamaños de 33 cm (de color gris), 17 cm y 11 cm (éstas últimas, de coloración negruzca) (Figura 2.49).

Después de ser analizadas las bombas, macroscópicamente y bajo lupa binocular se concluyó que las dos, son muy semejantes, sólo que las oscuras tenían en su matriz un vidrio más oscuro, como si fuera teñido de color marrón rojizo (quizás por oxidación sin-eruptiva). Las rocas son porfíricas de plagioclasa, con un 70% de matriz rica en vidrio, un 28% de cristales de plagioclasa y un 2% de cristales máficos (piroxenos). El cuerpo de las rocas presenta un 15% de vesículas pequeñas de formas variadas, las cuales pueden estar limpias, tapizadas de óxidos (principalmente en las oscuras) o de materiales finogranulares y de textura sacaroide de coloraciones blanquecinas a grisáceas (precipitaciones probablemente hidrotermales) y también pueden estar rellenas con estos últimos materiales. Los cristales de plagioclasa se ven muy transparentes, con abundantes inclusiones de puntos negros (vidrio) y son de forma euhedral y muy frescos. En la muestra de color gris, se identificó macroscópicamente sólo un cristal de anfíbol de 1,0 cm de largo y 1,5 mm de

ancho y estaba completamente fresco. En la roca gris, se observó un fragmento redondeado de la misma roca, pero de textura más finogranular.

En el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán, se elaboraron tres secciones delgadas (una de cada bomba del domo), las cuales, de acuerdo con su análisis bajo el microscopio de luz polarizada, indican que se tratan de la misma roca, una andesita de dos piroxenos, con la diferencia de que en el vidrio de la matriz en las muestras oscuras, es de una coloración marrón rojiza, a diferencia del vidrio de la muestra de color gris, que es marrón claro. Ambas rocas presentan vesículas de formas variadas (alargadas, redondas e irregulares) que, como se observó macroscópicamente, pueden estar limpias, tapizas o rellenas de minerales finogranulares.

En sección delgada, el contenido de cristales de las rocas (plagioclasa, clinopiroxeno, ortopiroxeno y opacos) es estimado en 70%, de los cuales, aproximadamente la tercera parte se compone de microlitos (plagioclasas, piroxenos y escasos anfíboles). El contenido de vidrio se estima en un 30%. En la figura 2.54 se muestran algunas microfotografías de secciones delgadas de muestras de bloques que cayeron aproximadamente a un kilómetro del cráter

Las plagioclasas son euhedrales, están muy frescas y presentan abundantes inclusiones de vidrio y de piroxenos. Otros cristales de plagioclasa grandes se presentan completamente limpios de inclusiones, de la misma manera que los cristales pequeños y microlitos de plagioclasa. Los cristales de Clinopiroxenos tienen pleocroísmo muy débil y se encuentran asociados generalmente con minerales opacos y contienen inclusiones de Ortopiroxenos y opacos. Se encuentran tanto fracturados como enteros y también maclados. Los Ortopiroxenos son más escasos que los Clinopiroxenos, el pleocroísmo también es muy débil, la mayoría de ellos están fracturados y presentan inclusiones de minerales opacos y escasamente pequeñas porciones de vidrio en la dirección de los planos de clivaje. La mayoría de ellos se encuentran frescos pero también se encuentran algunos cristales con corona de oxidación. Ocasionalmente se ven minerales opacos intercrecidos con cristales de piroxenos y plagioclasa. Otras veces se ven formando coronas de reemplazo en los piroxenos y más escasamente se observan coronas de pequeños piroxenos en minerales opacos. Los microlitos son de los mismos tipos de minerales que aquellos de mayor tamaño. Entre ellos predominan los de plagioclasa, continuando en su orden, los de clinopiroxeno y ortopiroxeno, pero también se identificaron escasos microlitos de anfíbol. Los diminutos cristales de circón están casi siempre presentes como inclusiones en los cristales y en la matriz vítrea.

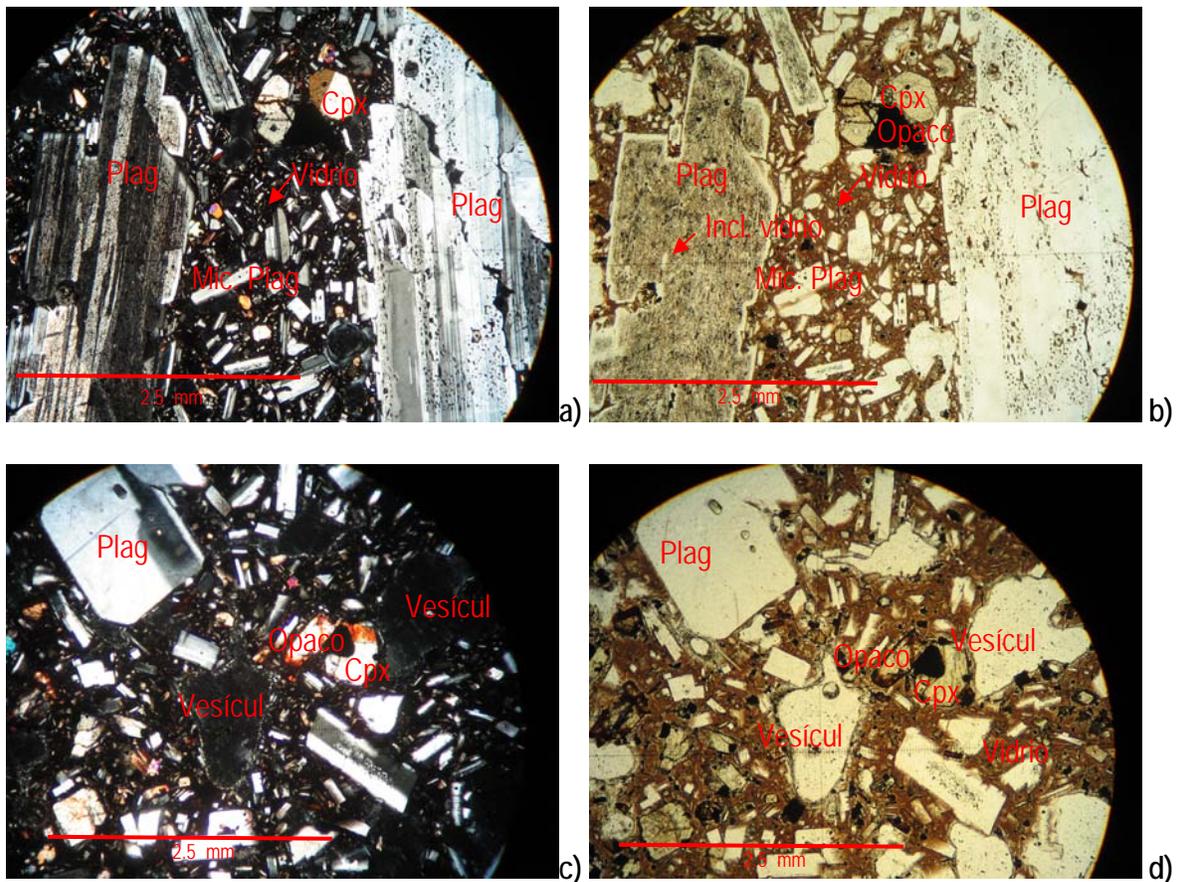


Figura 2.54. Microfotografías de las secciones delgadas de las muestras de bloques que cayeron aproximadamente a un kilómetro del cráter. a) y b) Nicoles cruzados y paralelos respectivamente, del mismo punto; c) y d) otro punto de la sección delgada, con nicoles cruzados y paralelos, respectivamente. Plag: plagioclasa; Cpx: clinopiroxeno; Mic: microlito.

De acuerdo con observaciones visuales aéreas realizadas el 16 de julio de 2006, se pudo apreciar que como consecuencia de las erupciones, tanto el domo, como algunos de los cráteres secundarios del sector occidental sufrieron cambios en su forma; además; por otra parte, la desgasificación ocurre de manera pasiva, con bajo contenido de vapor de agua, sin registro sísmico asociado. En la figura 2.55 b) se aprecia un detalle del interior del cráter principal en donde se observa el domo con algunas modificaciones en su contorno.

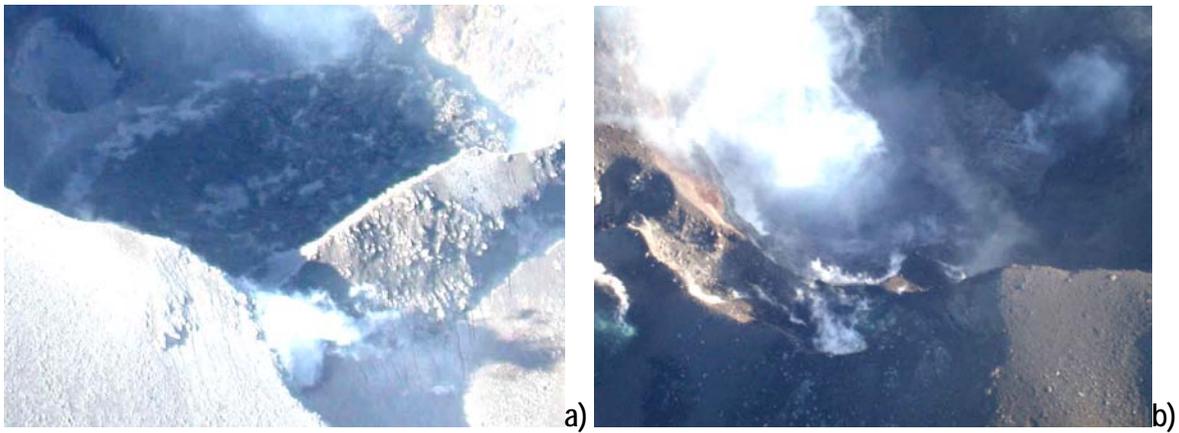


Figura 2.55. a) Imagen del 24 de junio de 2006 en donde se aprecia el domo con los contornos hundidos respecto al centro b) imagen del 16 de julio de 2006 en donde se observa algunas modificaciones de los contornos del domo.

El 17 de julio de 2006, una aeronave de la Policía Nacional de Colombia tomó algunas fotografías térmicas sobre el interior del cráter principal destacando el domo de lava el cual muestra una temperatura por encima del rango de saturación de la cámara empleada (30 °C) (Figura 2.56).

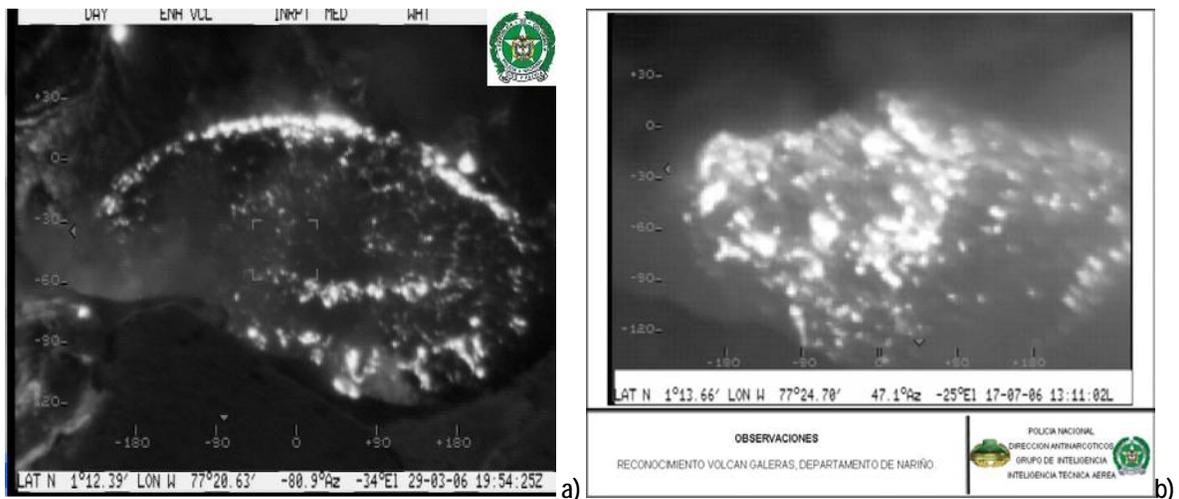


Figura 2.56. a) Imagen térmica del 29 de marzo de 2006 donde se observa tonalidades oscuras que indican zonas relativamente frías sobre el domo (menos de 30 °C). b) Imagen térmica del 17 de julio de 2006 con un relativo incremento de tonalidades claras que indican mayores temperaturas llegando a saturar (color blanco) el rango de operación de la cámara.

Por otra parte y teniendo en cuenta que las condiciones de actividad del volcán Galeras permitieron cambiar a nivel **III**, entre el 18 y 19 de julio, se realizaron visitas de reconocimiento en la zona de amenaza alta, específicamente por el Camino Real y en la cima de Galeras.

En la parte alta del volcán, sobre la vía que conduce a la base militar Galeras, se observaron algunos impactos de bloques que en algunos casos produjeron cráteres de hasta 90 x 90 cm., con profundidades de 20 cm. (Figuras 2.57a y 2.57b). La mayoría de los bloques que impactaron, se

encontraron fragmentados (Figura 2.57c). El mayor número de impactos sobre la cima de Galeras estuvieron entre la base militar y la estación sísmica de Anganoy (ubicada a 850 metros, al Este del cono de Galeras). Como consecuencia de estos impactos, algunas rocas preexistentes fueron fracturadas (Figura 2.57d); adicionalmente a los cráteres, en algunos sectores de la vía, una parte del piso externo de la base militar se vio afectado.



Figura 2.57. a). Cráter de impacto cerca a la vía que conduce a la cima de Galeras. b). Cráter de impacto, en el corredor entre la base militar Galeras y la estación sísmica Anganoy. c). Rocas impactadas e inmediatamente fragmentadas. d). Roca preexistente impactada y fracturada por una roca emitida el 12 de julio de 2006.

En la zona del camino real, se logró detallar en la parte alta de la quebrada Maragato y río Barranco, uno de los incendios ocasionados por la caída de bloques incandescentes (Figura 2.58a). En los nacimientos de los ríos Barranco y Chacaguaico se observó una capa de ceniza con numerosos fragmentos de roca de 3 a 4 cm y ocasionalmente con tamaños hasta de 11 cm (Figuras 2.58b, 2.58c y 2.58d).

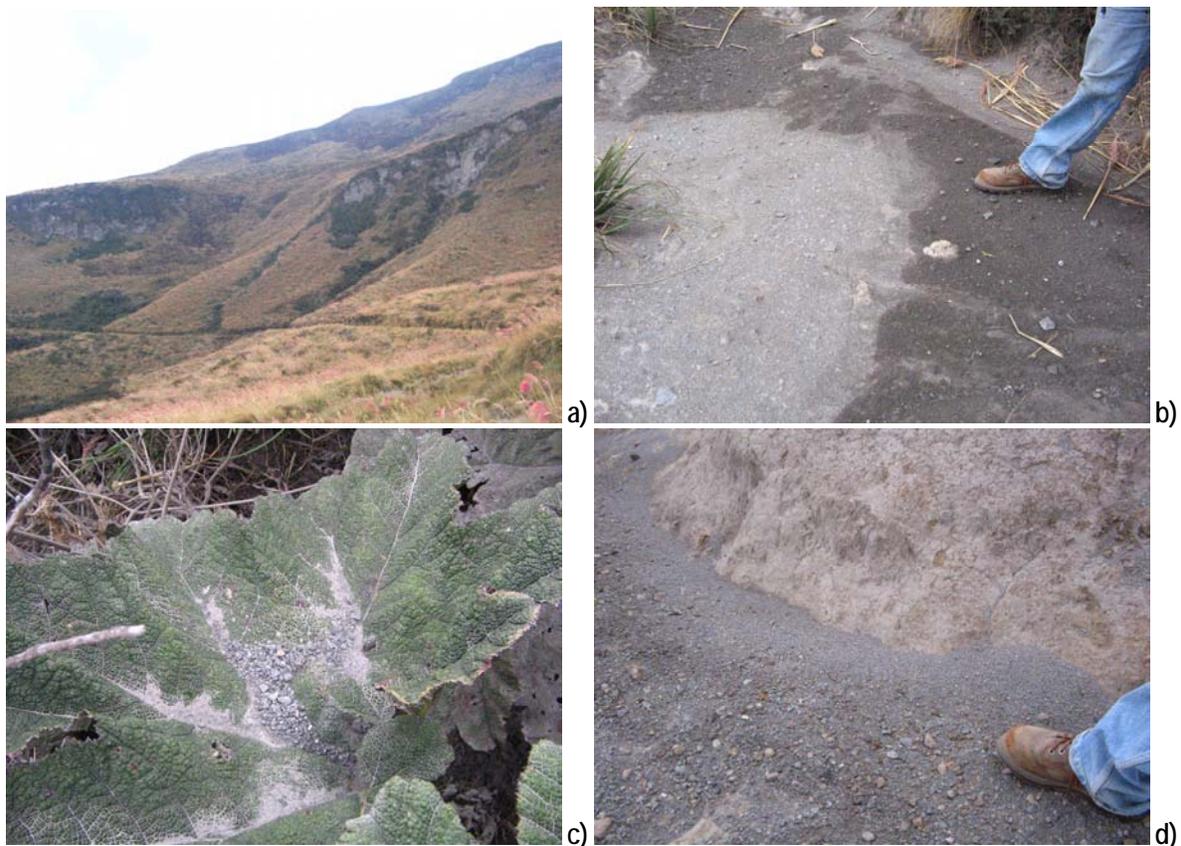


Figura 2.58. a). Incendio en la parte alta de la quebrada Maragato y del río Barranco. b). Capa de ceniza en el sector del nacimiento de los ríos Barranco y Chacaguaico. c). Fragmentos tamaño ceniza y lapilli, observados en la vegetación a lo largo del Camino Real. d). Acumulación de ceniza y lapilli en uno de los taludes del Camino Real.

Una vez incorporada esta nueva información, se calculó el volumen estimado en las erupciones del 12 de julio de 2006 (eje de dispersión hacia el NW, alcanzando una distancia de 38 Km.), el cual se estimó en 310.000 m³. En la figura 2.59 se muestra el mapa de isópacas.

La Tabla 2.4 muestra los cálculos de volumen de material emitido por dichas erupciones y en la Tabla 2.5 se muestra una descripción de los puntos de observación y muestreo de la ceniza correspondiente a las erupciones del 12 de julio.

De otro lado, el grupo de laboratorios de INGEOMINAS - Bogotá, realizó a varias muestras de cenizas y bombas volcánicas, análisis de Fluorescencia de Rayos X (FRX), con un equipo portátil (Niton). El análisis de las muestras arrojó resultados en los cuales se observan características semejantes a las que típicamente a mostrado Galeras en erupciones anteriores, correspondiendo a rocas de composición andesítica.

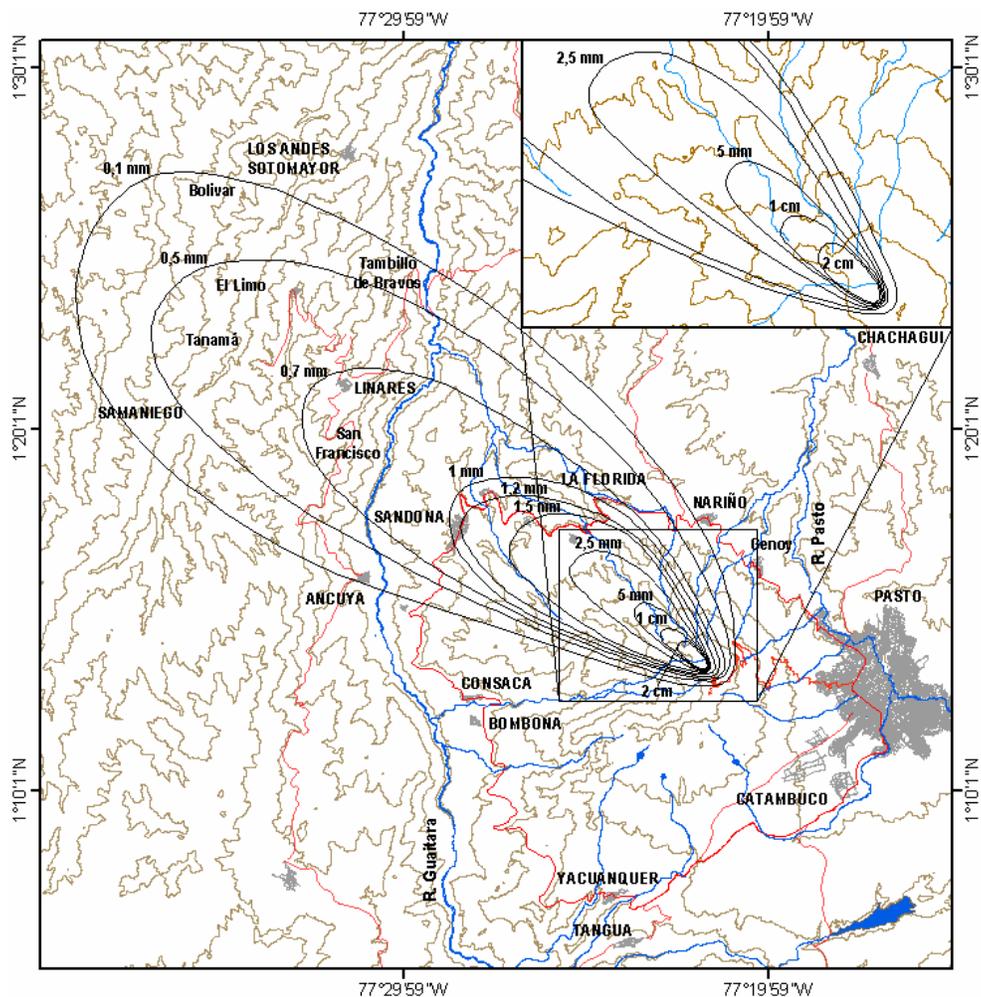


Figura 2.59. Mapa de isópacas de las erupciones del 12 de julio de 2006. Al extremo de cada isópaca se indica el espesor correspondiente en mm.

Tabla 2.4. Cálculo del volumen del material emitido por las erupciones del 12 de julio de 2006 con base a las curvas Isópacas

Espesor (mm)	Espesor (m)	Area (Km ²)	Area (m ²)	Area Efectiva (m ²)	Volumen (m ³)
0,1	0,0001	482,59	482.589.359,08	168.140.361,46	16.814,04
0,5	0,0005	314,45	314.448.997,62	150.740.315,39	75.370,16
0,7	0,0007	163,71	163.708.682,23	84.663.530,85	59.264,47
1,0	0,0010	79,05	79.045.151,38	16.504.930,47	16.504,93
1,2	0,0012	62,54	62.540.220,91	19.318.556,61	23.182,27
1,5	0,0015	43,22	43.221.664,30	25.010.286,19	37.515,43
2,5	0,0025	18,21	18.211.378,11	13.109.513,06	32.773,78
5,0	0,0050	5,10	5.101.865,05	2.817.853,18	14.089,27
10,0	0,0100	2,28	2.284.011,87	1.157.097,88	11.570,98
20,0	0,0200	1,13	1.126.913,99	1.126.913,99	22.538,28
Total					309.623,60

Tabla 2.5. Puntos de observación y muestreo para la elaboración del mapa de isópacas de las erupciones del 12 de julio de 2006.

No.	LATITUD		LONGITUD		ALTURA	ESPESOR	DESCRIPCION
	GRA	MIN	GRA	MIN	(m)	(mm)	
1	1	17,83	77	24,60	2184	0,20	La Florida Cementerio Circunvalar
2	1	17,70	77	24,52	2177	0,50	Panchindo y Circunvalar
3	1	17,26	77	24,33	2253	1,50	Panchindo y Circunvalar
4	1	17,28	77	24,65	2301	1,20	Circunvalar
5	1	17,02	77	25,26	2454	1,00	Colegio Agropecuario Simon Bolivar Santa Bárbara
6	1	17,02	77	25,26	2454	1,00	Colegio Agropecuario Simon Bolivar Santa Bárbara
7	1	16,85	77	25,71	2218	0,80	Quebrada Santa Rosa y Circunvalar
8	1	16,72	77	26,75	2247	1,00	Capilla Alto Ingenio
9	1	18,06	77	27,32	1830	1,00	Ingenio Circunvalar Casa Roberto Santacruz Moncayo
10	1	17,35	77	28,23	1800	1,20	Iglesia de Sandoná
11	1	16,95	77	28,40	1822	1,00	Instituto Educativo Santo Tomas de Aquino Sandoná
12	1	16,95	77	28,40	1822	1,00	Instituto Educativo Santo Tomas de Aquino Sandoná
13	1	15,19	77	29,10	1674	0,10	Circunvalar Sandoná-Consacá Intersección hacia el Salado
14	1	15,65	77	31,03	1635	0,10	Entrada a Ancuya
15	1	19,96	77	31,83	1749	0,50	Vereda San Francisco Linares
16	1	21,11	77	31,39	1492	0,70	Linares
17	1	24,78	77	31,23	1920	0,10	El Tambillo Grande
18	1	26,88	77	35,33	2224	0,10	Bolivar Samaniego
19	1	24,12	77	34,29	1766	0,50	El Limo
20	1	22,68	77	35,00	1606	0,50	Tanamá
21	1	20,34	77	35,58	1537	0,50	Samaniego
22	1	14,14	77	22,17	3668	1,0	Camino Real, nacimiento Río Barranco, casa
23	1	14,13	77	22,21	3665	2,5	Camino Real, nacimiento Río Barranco
24	1	14,12	77	22,30	3667	3,7	Camino Real, nacimiento Río Barranco (huecos muestreo)
25	1	14,11	77	22,35	3654	2,5	Camino Real, nacimiento Río Barranco, roca camino
26	1	14,10	77	22,49	3686	1,0	Camino Real, nacimiento Río Chacaguaico
27	1	14,10	77	22,73	3634	1,3	Camino Real, nacimiento Río Chacaguaico, La Puerta
28	1	14,26	77	22,94	3577	1,8	Camino Real, nacimiento Río Chacaguaico, camino a Las Juntas

Adicionalmente, un procesamiento que utiliza el programa AutoCad y el análisis comparativo del material fotográfico obtenido durante los reconocimientos aéreos de la cima de Galeras, para el período que comprende el proceso de formación, emplazamiento, destrucción y redistribución del domo de lava; ha permitido graficar un modelo de la forma y volumen del domo de lava desde su emplazamiento en el fondo del cono de Galeras hasta su redistribución, luego del proceso eruptivo explosivo del 12 de julio de 2006 (Figura 2.60, 2.61, 2.62, 2.63). Este procesamiento permitió corroborar los valores obtenidos del cálculo de volumen máximo del domo para el primer semestre de 2006, siendo aproximadamente $3\,000.000\text{ m}^3$ (INGEOMINAS, 2006) y un volumen posterior al evento eruptivo del 12 de julio de 2006, de $2\,400.000\text{ m}^3$, lo cual significa que el domo de lava remanente mantiene el 80 % del volumen inicial.

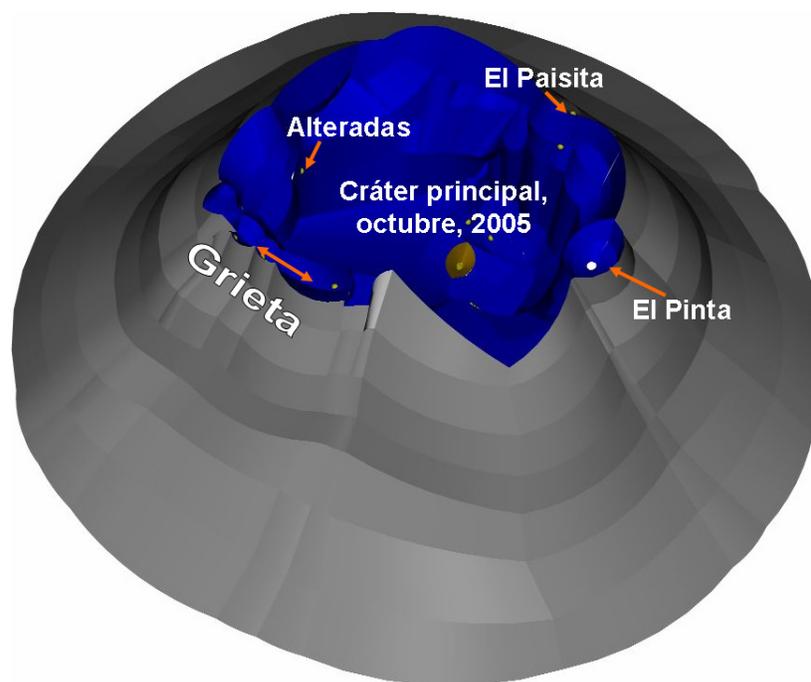


Figura 2.60. Modelo del cono de Galeras con algunos de sus focos de emisión, en esta gráfica se observa el cráter principal sin que haya evidencias del domo de lava hacia finales de octubre de 2005.

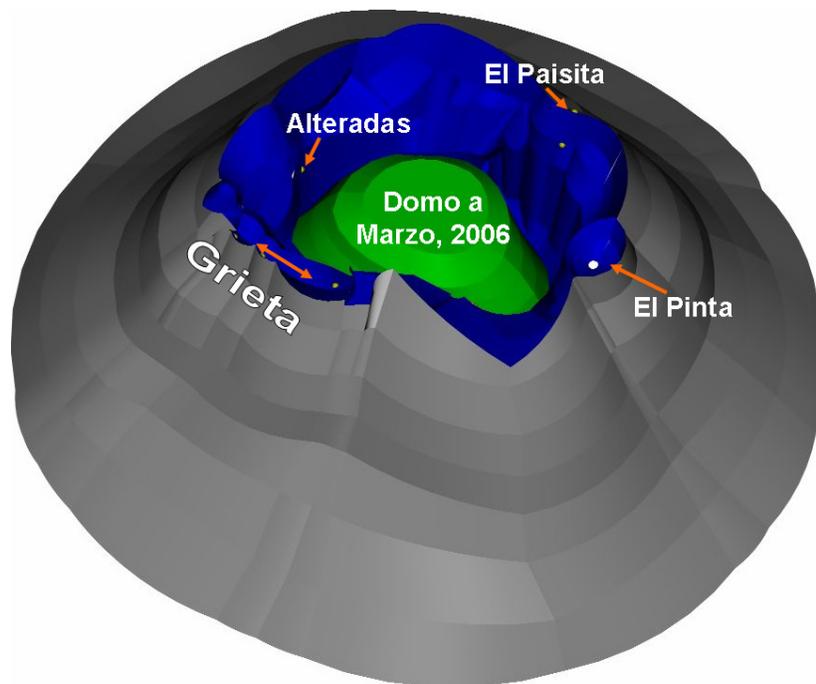


Figura 2.61. Modelo del cono de Galeras con algunos de sus focos de emisión y en verde se representa el domo de lava emplazado en el fondo del cráter hacia finales de marzo de 2006.

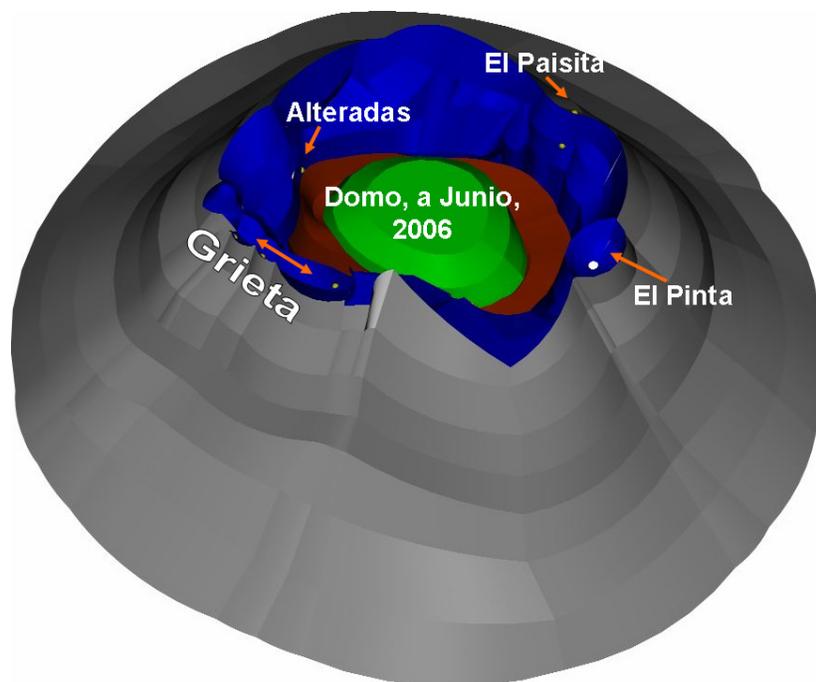


Figura 2.62. Modelo del cono de Galeras con algunos de sus focos de emisión, en verde se presenta la evolución del domo de lava hacia finales de junio de 2006.

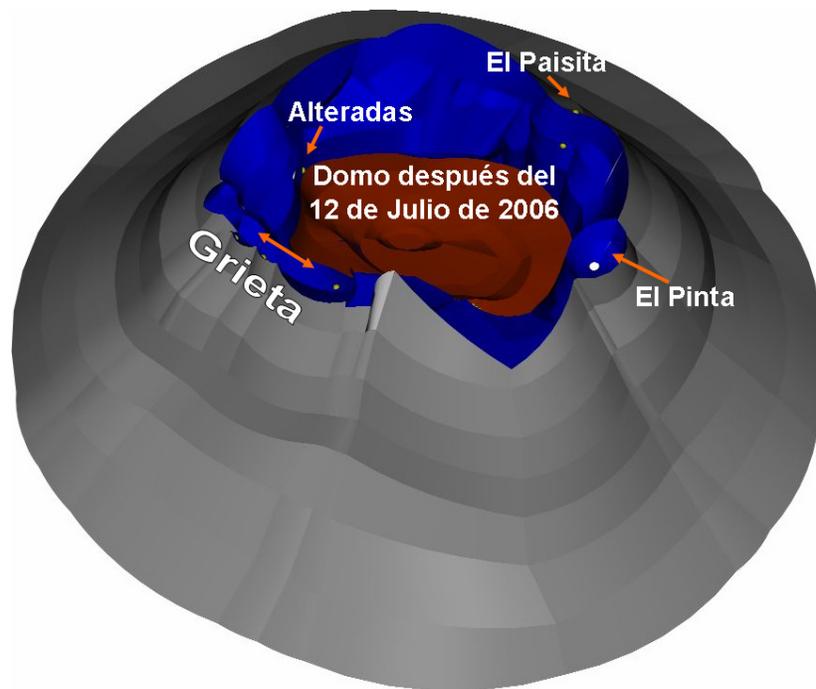


Figura 2.63. Modelo del cono de Galeras con algunos de sus focos de emisión, en rojo se representa la redistribución del domo de lava, luego del proceso eruptivo del 12 de julio de 2006.

El 3 de agosto, desde el sureste del cráter en el borde del anfiteatro de Galeras, personal del observatorio observó emisión de gases, destacándose un foco de emisión no muy intenso en un antiguo cráter secundario inactivo ubicado hacia el sureste del cono activo denominado El Viejo (Figura 15). Según los registros históricos y fotográficos, este cráter secundario estuvo muy activo en el periodo de 1924 a 1928 y desde entonces no había registrado actividad fumarólica. Dominantemente los gases observados son de color blanco cuya composición principal obedece a vapor de agua.



Figura 2.64. Fotografías tomadas el 3 de agosto de 2006 desde el sureste, en el borde del anfiteatro de Galeras. En la foto de la izquierda se destaca el cráter El Viejo, al Sureste del cono activo, con una emisión no muy intensa de gases y en la foto de la derecha se aprecia el campo fumarólico de las Deformes ubicado al Sur del cono activo.

Respecto a este hecho, y en visita realizada por parte de una comisión del OVSP, es importante destacar que en el antiguo cráter adventicio, denominado “El Viejo”, se observó un orificio y material depositado al frente; al parecer, este material fue arrojado desde este orificio o tal vez al destaparse éste. En sobrevuelos realizados previos a esta fecha no se había detectado este nuevo detalle de la actividad superficial, posiblemente debido a la altura en que se realizan los sobrevuelos (Figura 2.65).



Figura 2.65. Detalle del cráter adventicio “El Viejo”, en donde se observa el orificio y el material depositado al frente.

Un resumen de las principales observaciones realizadas durante el semestre se muestra en la tabla 2.6.

Tabla 2.6. Observaciones de la actividad superficial de Galeras. Segundo semestre de 2006.

Fecha	Hora	Observación
08-Jul	05:50	Desde el albergue de Potreros y Nariño reportaron una columna de ceniza, emisión que concuerda con el registro del tembor que inició a las 05:21 hora local (LT), el cual se ubicó en inmediaciones del cono activo de Galeras. A las 06:06 LT, desde Cruz Roja y con información de Bomberos, reportaron caída de ceniza en el sector de Barranco Bajo y Charguayaco. A las 06:10 LT, nuevamente reportaron desde Socorro Nacional, fuerte caída de ceniza en la parte alta del municipio de Consacá y observación de la columna de emisión desde el sector de La Loma. A las 06:17 LT, del CREPAD reportaron observación de la columna de ceniza desde algunos albergues, dirigida hacia el sector noroccidente del volcán y desde Consacá la observación de la nube con ceniza, dirigida hacia el pueblo pero aún sin caída. A las 06:28 LT, Cruz Roja informó que se seguía observando la columna de ceniza combinada con gases desde el sector de Potreros; hacia las 07:00 LT, reportaron solamente salida de gases. A las 07:00 LT, del CRUE reportaron caída de ceniza en Bomboná. A las 07:10 LT, el alcalde de Nariño reportó observación de la columna de ceniza, que coincide con el incremento considerable en la amplitud del tembor. Desde el CREPAD reportaron que en San José de Bomboná, el día 7 de junio, alrededor de las 19:00 LT sintieron un fuerte bramido. Este reporte coincide con un pulso de tembor de las 19:03 LT. Desde este mismo sector, desde las 05:30 LT del 8 de julio se observó la columna de ceniza. El alcalde de la Florida, informó que en el sector de Plazuelas observaron la columna de ceniza. A las 08:32 LT, reportaron caída de ceniza en Samaniego. A las 08:45 LT, la Defensa Civil de Samaniego, confirmó la caída de ceniza y desde Alto Ingenio reportaron caída de ceniza.

08-Jul	07:58	Se hizo sobrevuelo entre las 07:58 y las 08:55 LT, después de las emisiones de ceniza de las 05:21 y 07:02 LT. Las condiciones climatológicas en la cima no eran buenas, pero se pudo apreciar que aumentó la cantidad de gas y vapor de agua emitidos desde el cono activo, comparando con el último sobrevuelo realizado el 24 de junio. El color del gas era mayoritariamente blanco, presumiblemente asociado con vapor de agua. Se observó varios puntos de emisión en la periferia del cráter, especialmente en el sector occidental. El viento era muy fuerte y tendía la columna hacia el noroccidente. Se observó la estela de ceniza en el cielo, dirigiéndose hacia el noroccidente y la huella de la ceniza de las emisiones en el costado occidental superior del volcán Galeras.
08-Jul	14:29	A las 13:31 LT, la Cruz Roja informa que desde la población de El Rosal, observaron salida de ceniza, que se asoció con incremento en el tremor. A las 16:49 LT, reportaron desde Barranco y La Florida, la observación de una columna de ceniza que se dispersa hacia el norte, con poca altura debido a la velocidad del viento. A las 16:55 LT, desde la Torre de control del aeropuerto informaron que se observa desde hace 15 minutos salida de ceniza a manera de pulsos, la columna es de color gris y espesa, dirigida hacia el noroccidente y no se eleva porque hay mucho viento. A las 17:10 LT, reportaron desde La Florida y el albergue de Potreros la observación de tres emisiones de ceniza. A las 17:16 LT, reportaron caída de ceniza en la población de Santa Bárbara.
10-Jul	06:35	Se hizo sobrevuelo entre las 06:35 y las 07:43 LT. Se observó que hay bastante cantidad de gas de color mayoritariamente blanco, emitido desde el cono activo. Los puntos de emisión principales son El Paisita, Chavas, Las Joyas y varios puntos dentro del cráter principal, desde el domo de lava no se observó emisión. El viento era muy fuerte y tendía la columna hacia el occidente.
12-Jul	10:58	Se registró un evento eruptivo, el volcán está nublado pero entre las nubes se puede apreciar la columna ascendiendo rápidamente, de color gris, con una altura aproximada de 9 km. El CRUE informó que en Genoy y Nariño sintieron un "sacudón", que se escuchó una explosión muy fuerte y vieron caída de ceniza. A las 11:10 LT Betty Silva (funcionaria de INGEOMINAS), desde Cobanegra, reportó que escuchó la explosión pero no vieron nada pues está nublado. A las 11:25 LT, Cruz Roja reportó desde Chachagüí que se observó la columna con una altura aproximada entre 7 y 8 Km, con la parte baja más espesa, oscura y dirigida al occidente, la parte de arriba más clara, con una tonalidad marrón y dirigida lentamente hacia el norte, se vio caer ceniza en la parte alta del volcán. A las 11:34 LT, personal de Parques (Galeras) reportó que no se sintió nada, pero que recibieron informes de que se escuchó una fuerte explosión en la zona. A las 11:50 LT, el operador de las antenas de RCN y Caracol en Galeras reportó haber escuchado una fuerte explosión. Desde Consacá reportaron una fuerte onda de choque. Desde Bomboná reportaron caída de rocas incandescentes en la parte alta del volcán.
12-Jul	11:40	A las 11:40 LT, reportaron desde El Peñol que se escuchó una fuerte explosión, se observó salir primero gas de color blanco y después la columna de color negro. A las 11:45 LT, reportaron desde el centro de la ciudad de Pasto (Calle 19, carrera 26) un fuerte bramido que sacudió los ventanales en los pisos altos de un edificio. A las 11:56 LT, desde el aeropuerto Antonio Nariño reportaron la columna dirigida hacia el Tambo. A las 12:16 LT, la tropa militar que se encontraba cerca de la cima de Galeras reportó que escuchó una explosión fuerte y que se observó salir material volcánico hacia el sector norte de Galeras.
12-Jul	12:17	A las 12:17 LT, desde Consacá reportaron caída de piroclastos en la zona rural e incendios forestales en la parte alta de Galeras. A las 12:29 LT, desde Sandoná reportaron que desde las 12:15 LT comenzó a caer ceniza con tamaño de arena y a las 12:30 LT caída de ceniza tamaño lapilli. A las 12:33 LT, desde Pinasaco reportaron que la gente escuchó una fuerte explosión y vieron rocas incandescentes en la parte alta del volcán. A las 12:38 LT, desde El Chorrillo reportaron un incendio forestal en la parte alta de Galeras. A las 12:42 LT, desde Samaniego reportaron caída de ceniza fina. A las 12:43 LT, desde San Juan y Pasisara reportaron que la gente escuchó una fuerte explosión sin caída de ceniza.
12-Jul	12:50	A las 12:50 LT, desde La Florida reportaron caída de ceniza tamaño piedrecillas y en Linares ceniza fina. A las 13:38 LT, reportaron desde Nariño un olor a azufre al momento de la erupción y desde Ancuya reportaron caída de ceniza. A las 13:45 LT, desde Chachagüí reportaron que la gente escuchó la explosión y se reunieron en el parque para ver la gran columna de ceniza. A las 13:51 LT, desde El Barranco reportaron una fuerte explosión y caída de ceniza tamaño piedrecillas,

		especialmente en el sector del Divino Rostro en bastante cantidad. A las 13:51 LT, reportaron que saliendo de la Florida se empieza a ver ceniza en la carretera, las personas escucharon una fuerte explosión y vibraron los vidrios de las ventanas. A las 13:52 LT, desde Chachagüí reportaron dos incendios forestales al lado izquierdo de la quebrada Barranco en la parte alta de Galeras, el aeropuerto siguió operando normalmente.
12-Jul	14:32	A las 14:32 LT, se registró un nuevo episodio eruptivo no explosivo que duró cerca de 6 minutos. Desde Santa Bárbara reportaron caída de ceniza caliente y gruesa en la mañana. Desde los albergues del norte reportaron que están viendo la columna de ésta erupción de color oscuro y ven caer la ceniza en las partes altas de Galeras. A las 14:43 LT, desde el aeropuerto reportaron la columna con una altura entre 4 y 5 Km, de color muy oscuro y con tendencia hacia el noroccidente, a las 14:47 LT, reportan un leve olor a azufre y que se ha restringido la ruta internacional que pasa por Galeras. A las 15:13 LT, reportaron que está cayendo ceniza fina en Santa Bárbara. A las 15:43 LT, reportaron que está cayendo ceniza en Sandoná y que el cielo se ve gris. A las 16:10 LT reportaron que en Alto Ingenio cayó ceniza. A las 16:22 LT, reportaron desde el hospital de El Tambo que se sintió un estruendo muy fuerte a las 11:00 LT y que se vió la columna muy grande, de color gris oscuro con tintes azules, no cayó ceniza.
12-Jul	21:11	A las 21:11 LT, desde Potreros y el Vergel reportaron que están observando la columna oscura y sintieron un temblor. Desde Fontibón no observaron ni escucharon nada. Desde el Rosal reportaron color rojizo como proyectiles en la parte alta de Galeras. Desde Bellavista y Rodeo (sectores de La Florida), reportaron caída de ceniza.
16-Jul	06:41	Se realizó reconocimiento aéreo del volcán, hubo mucho viento y se observó salida de gases desde el cráter principal y de los cráteres secundarios, con tonalidad azul, con evidencias de baja concentración de vapor de agua. La mayoría de los cráteres y la morfología del cráter principal no sufrieron mayores cambios. La zona de Las Chavas tenía una concentración de gas importante y cubría una zona mayor de lo que se había visto en sobrevuelos anteriores. Al parecer hay más bloques de caída en el sector occidental del cono y sobretodo al occidente de Las Chavas.
27-Jul	07:30	Se realizó sobrevuelo en horas de la mañana, en condiciones climáticas muy favorables, el día despejado, con una velocidad del viento de 20 Km/hora, se observó emisión de mucho gas con poca presión por todos los centros fumarólicos, el gas impidió la observación completa del domo, aparentemente hay salida de gas en la parte interna del domo debajo del cráter secundario denominado Pinta.
29-Jul	05:53	Desde la sede del OVSP, en horas de la madrugada se observó una columna de gas de color blanco (vapor de agua), con una altura de 375 m sobre la cima. La columna se observó hasta las 08:47 LT, cuando se comenzó a nublar el volcán. A las 06:12 LT, la altura de la columna fue de 435 metros y a las 06:27 LT de 500 metros.
03-Ago	11:10	Personal del OVSP, reportó desde la estación de policía que se observa salida de gases de Chavas y El Pinta y que se percibe olor a azufre. A las 11:38 LT, reportaron una pequeña salida de gas del cráter secundario El Viejo.
12-Ago	18:49	Reporte de la base militar: se observa salida de gas desde el pinta, las chavas y más en Deformes. Del cráter principal sale gas con menos presión.
28-Ago	16:00	En sobrevuelo se observó salida de gases con bajas tasas de emisión, con presiones de salida variables y con un contenido predominante de vapor de agua. La columna de gases tendida hacia el sector noroccidental por acción de los vientos (velocidad de 17 Km/hora, con dirección hacia el occidente). Aunque estas emisiones no permitieron ver con claridad el fondo del cráter principal, se observó algunas zonas del domo de lava.
29-Ago	07:00	En sobrevuelo se observó salida de gases en poca cantidad, la mayor presión de salida se vio en El Paisita y Deformes. En Chavas, Florencia y algunos puntos de emisión en las paredes internas del volcán hacia el sector occidental, norte y hacia la base del cono, se observaron emisiones con menor presión. En Novedad, Marte y El Pinta se observaron unos puntos de emisión "aparentemente nuevos" en la pared interna del cono, hacia el sector de La Joya. Al parecer el domo ha sufrido muchas alteraciones, exhibe el borde del sector NE, girando hacia el norte hasta la parte occidental, a manera de medialuna y colapsado, con color amarillo-verdoso al parecer por depositación de azufre; posiblemente el vacío que tiene hacia el centro pueda deberse a la emisión de material durante la

		erupción del 12 de julio de 2006.
15-Sep	07:00	En sobrevuelo se observó que el domo de lava ha perdido su forma redondeada y exhibe un color oscuro en su mayor parte. En el sector oriental del domo y de la pared interna del cráter principal se observó azufre precipitado de color amarillo. El gas emanado era de color blanco y provenía desde todos los puntos fumarólicos siendo el de mayor cantidad y presión el Paisita. No se observó salida de gas desde el domo.
13-Oct	15:23	A las 15:21 LT, se empezó a registrar en las estaciones más cercanas a la cima de Galeras una señal de tremor que finalizó a las 15:56 LT y en el pluviómetro de la estación climática mostró muchos pulsos asociados con incremento de lluvia. Desde la Base Militar Galeras, reportaron un aguacero extremadamente fuerte. La estación Calabozo comenzó a mostrar a las 15:26 LT, un incremento gradual en la amplitud del registro que se mantuvo hasta las 16:55 LT, posiblemente asociado con un aumento del caudal del río Azufral. Desde el CLOPAD de Consacá reportaron que no se observó ningún incremento en el caudal del río Azufral pero si algo de turbiedad en el agua.
15-Oct	14:30	En el registro de la estación Calabozo se observa un tremor asociado con lluvias. El CLOPAD de Consacá informó que había condiciones normales en el río.
18-Oct	12:45	La Policía de Consacá reportó dos columnas de emisión, de baja altura sobre la cima de Galeras, de color blanco y saliendo del costado izquierdo y de la parte central del cono activo (posiblemente de los campos fumarólicos Chavas y El Paisita).
29-Oct	06:00	En sobrevuelo se notó ausencia de olor y poca emisión de gas. Los puntos principales de emisión son Chavas y El Paisita.
12-Nov	06:50	En sobrevuelo se observó salida de gases y vapor de agua con presiones bajas a moderadas, principalmente desde puntos de emisión en la periferia del cráter principal (Paisita, Chavas, La Joya y Deformes). Al interior del cráter principal hay muy pocas emisiones. Se observó el domo con muchos cambios morfológicos, principalmente colapsamientos. La velocidad del viento fue de 10 Km/hora con dirección hacia Consacá.
18-Nov	08:27	En sobrevuelo se observó salida de gases por diferentes sectores en la periferia del cono activo, principalmente El Paisita, Chavas, Deformes, La Joya y sectores en la parte interna del cono. La composición de los gases por su color blanco era principalmente vapor de agua, se percibió olor a azufre cuando el helicóptero interceptó la columna de gas. La velocidad del viento era baja y la columna tenía unos 200 m sobre la cima volcánica; posteriormente, ésta se tendió hacia la ciudad de San Juan de Pasto.
19-Nov	08:00	Durante el sobrevuelo se observó baja emisión de gases. Los puntos principales de emisión son: El Paisita, Chavas, Florencia y Alteradas, con la columna dirigida hacia el noroccidente.
04-Dic	06:30	En sobrevuelo se observó emisión desde el cráter El Paisita y Chavas, con color azul en algunos gases, sin descartar el efecto que puede producir el sol, la salida de los gases ocurre de manera relativamente pasiva (sin mucha presión).
05-Dic	06:40	En sobrevuelo se observó menor cantidad de gases que en el día 4. El remanente del domo de lava exhibe color negro en algunas partes y amarillo claro en otras. Gas de color blanco sale desde varios puntos de la periferia interna y externa del Cráter principal. La mayor cantidad de gas la emite El Paisita. Se percibe olores azufrados. En este sobrevuelo, también se visitó los volcanes Azufral y Cumbal. Azufral no muestra cambios con respecto a la visita realizada el 9 de septiembre de 2006. En Cumbal se observó que desde la fumarola El Verde sale mayor cantidad de gas que en la última visita y su color es blanco. Desde lejos se observaba la columna de gases de color blanco, con una altura aproximada de 500 m.
15-Dic	07:00	Durante el sobrevuelo se observó que los principales focos de emisión son: El Paisita, Alteradas, Chavas, Deformes y El Pinta, siendo mayor la salida de gas desde el costado occidental especialmente en Alteradas y Chavas. Otro punto importante de emisión es el Paisita, con salida de gases de color blanco y con mayor presión que el resto de puntos de emisión. En Deformes la salida de gas es reducida. La columna dirigida hacia el sur tenía color blanco al salir y una tonalidad azul tenue al dispersarse.
19-Dic	07:30	Durante el sobrevuelo se observó que los focos de emisión son El Paisita, Alteradas (Florencia), Chavas, Deformes y El Pinta. Los mayores focos son Alteradas, Chavas y El Paisita. La columna se

		dirigía hacia el occidente y noroccidente, con color blanco en la salida y una tonalidad azul tenue al dispersarse.
26-Dic	07:33	En sobrevuelo en medio de la nubosidad, se observó salida de vapor de agua y otros gases del cono activo, sin precisar de manera exacta los puntos de emisión. El viento tendía la columna hacia el sector noroccidental.

2.6 VISITA A OTROS VOLCANES

Por otra parte, y aprovechando las excelentes condiciones climáticas, el 8 de septiembre se realizó también un sobrevuelo a los volcanes Chiles, Cerro Negro, Cumbal y Azufral, efectuando el seguimiento fílmico y fotográfico de dichos volcanes (Figura 2.66).

No se detectaron cambios significativos en la actividad superficial de estos volcanes. Cumbal continúa con su actividad fumarólica normal.

Por ahora y debido a la actividad que ha venido presentando el volcán Galeras, estos volcanes no están siendo monitoreados; sin embargo, INGEOMINAS viene adelantando desde el año pasado, los procedimientos necesarios para adquisición de equipos, principalmente estaciones sismológicas que se instalarán en estos volcanes muy probablemente en el 2007. Ya se iniciaron actividades de reconocimiento en campo de posible ubicación de las estaciones.

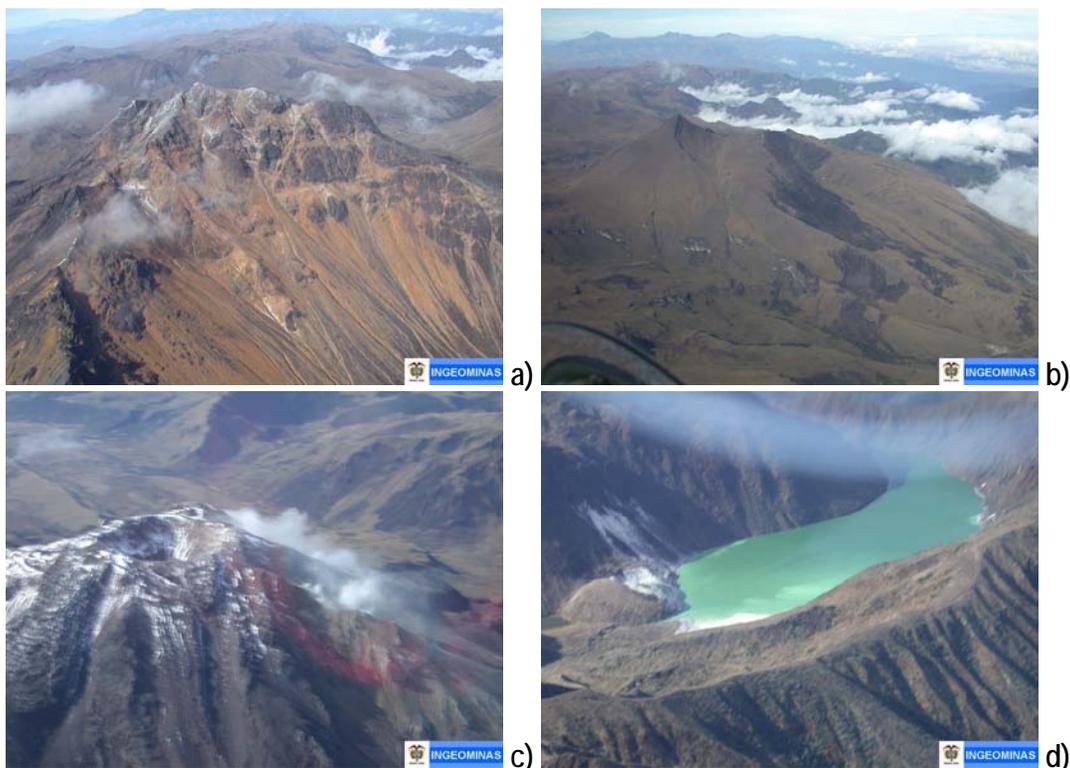


Figura 2.66. Sobrevuelo del 8 de septiembre de 2006 a algunos de los volcanes activos del Departamento de Nariño. a). Volcán Chiles, b). Volcán Cerro Negro, c). Volcán Cumbal, con actividad fumarólica baja y d). Volcán Azufral.

Dando cumplimiento a las actividades planeadas en el 2006 por el grupo de amenazas geológicas del INGEOMINAS, entre el 13 y el 21 de septiembre se desarrolló una comisión a la región del volcán Doña Juana, conformada por 4 profesionales del instituto (Dra. Marta Calvache, Geóloga Gloria Patricia Cortés, Geóloga Sofía Navarro y Geólogo Bernardo Pulgarín), quienes iniciaron una serie de actividades de campo encaminadas a la caracterización geológica, toma de muestras y análisis de los depósitos en esa región.

Este trabajo corresponde a la fase primaria o insumo inicial para la posterior realización del mapa de amenazas volcánicas del volcán Doña Juana, el cual será un producto que será tangible en los próximos años, una vez se culmine el trabajo de detalle correspondiente a la caracterización geológica de los diferentes depósitos emplazados en la zona de influencia de este volcán.

La Figura 2.67, muestra un pequeño registro fotográfico del trabajo adelantado por este grupo en el volcán Doña Juana.



Figura 2.67. Muestra gráfica del trabajo de campo adelantado por geólogos del INGEOMINAS en la región del Volcán Doña Juana dentro de la fase inicial de caracterización de los depósitos geológicos que se encuentran en la zona de influencia de este volcán nariñense.

2.7. ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA

Datos de la estación climatológica (1,6 Km al sur del cráter activo), se registraron a partir del 19 de julio, pues como se mencionó anteriormente la estación fue afectada por un rayo el 9 de abril de 2006; la reinstalación fue posible gracias al cambio a nivel **III** en la actividad del volcán Galeras a partir del 17 de julio. Al final del semestre, nuevamente se presentan problemas con esta estación debido a la falta de mantenimiento, los datos de esta se reciben de manera intermitente y hasta el finales de semestre continúa así ya que no fue posible una revisión de la estación, por estar ubicada en zona de amenaza alta (debido al cambio de actividad a nivel **II** a partir del 22 de noviembre).

Respecto a la velocidad del viento, se evidenció una temporada de vientos fuertes desde finales del mes de julio hasta inicios del mes de octubre, la mayor velocidad alcanzada por el viento fue de 161 Km/hora. Registrada el día 3 de agosto a las 8:30 LT (Figura 2.68). Otros picos significativos en la velocidad del viento mayores a 100 Km/hora se registraron el 5 y 22 de agosto y el 10 de octubre de 2006 (Figura 2.68).

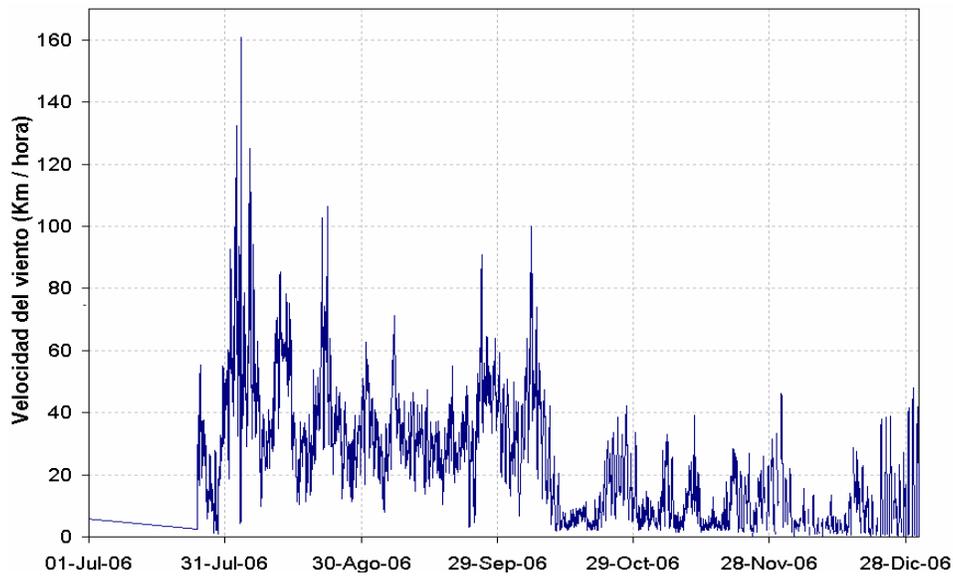


Figura 2.68. Velocidad del viento en la cima. Julio a diciembre de 2006.

Durante el transcurso del segundo semestre de 2006 y en temporada de vientos fuertes, la dirección predominante de los vientos se mantuvo entre 280° y 300° de azimut, dirigido hacia los Municipios de Ancuya y Sandoná (Figura 2.69). En una visión más general, y teniendo en cuenta que a finales del semestre la estación presentó problemas, el comportamiento de la dirección del viento se registró entre los 180° y los 360° de azimut, o sea barriendo los cuadrantes del suroccidente al norte y sólo en contadas ocasiones apuntó hacia el sur (Figura 2.69).

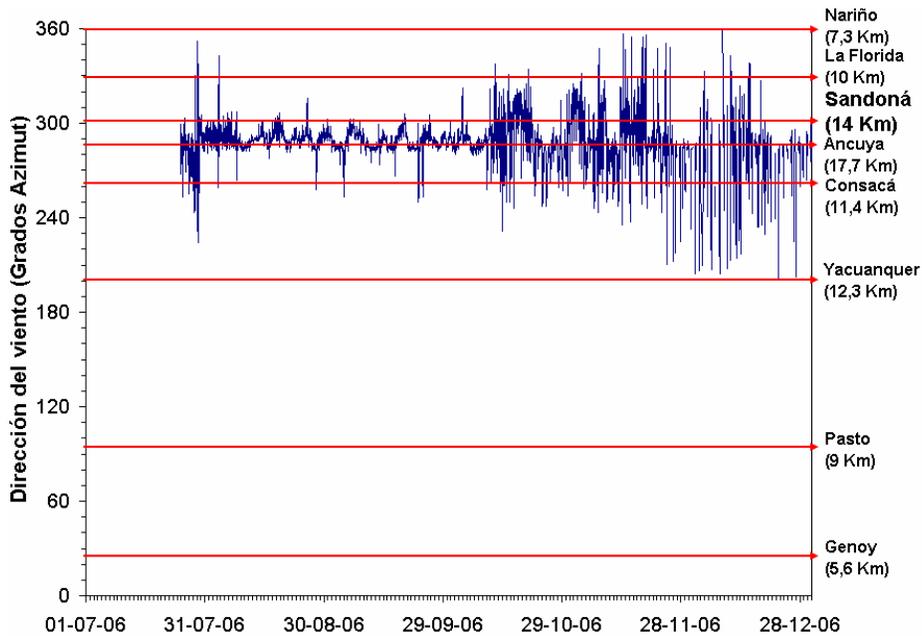


Figura 2.69. Dirección del viento en la cima. Julio a diciembre de 2006.

Respecto a la temperatura ambiente registrada en la cima de Galeras, esta osciló entre $-2,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $11\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 2.70). Predominantemente, la variación de la temperatura osciló entre $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 2.70).

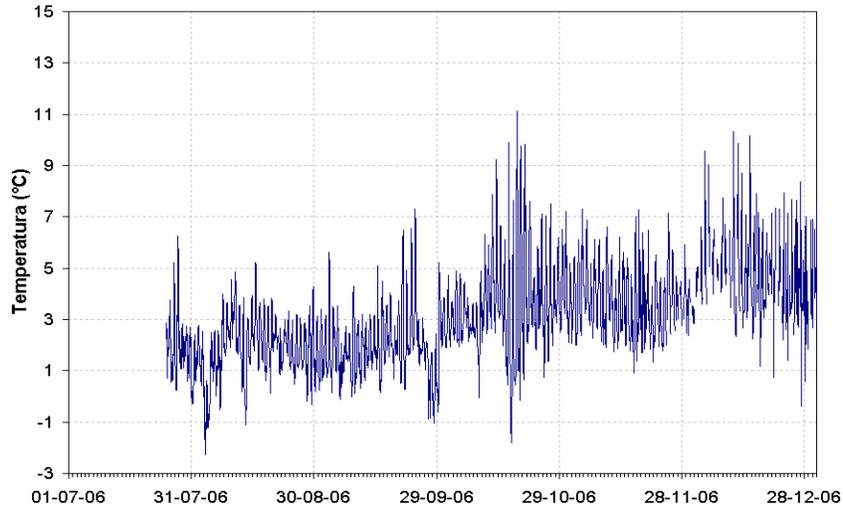


Figura 2.70. Temperatura ambiental en la cima. Julio a Diciembre de 2006.

Observando los datos obtenidos con el pluviómetro se observó que a partir del 13 de octubre aumenta notablemente los datos de precipitación, manifestando así el comienzo de la época de lluvias; de acuerdo a estos datos se verificó que el 5 de diciembre de 2006 se presentó el pico diario de precipitación diaria con un valor de $23,7\text{ mm}$ (Figura 2.71); otro de los picos representativos se presenta el día 15 de octubre con un valor de precipitación igual a $16,3\text{ mm}$. 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.

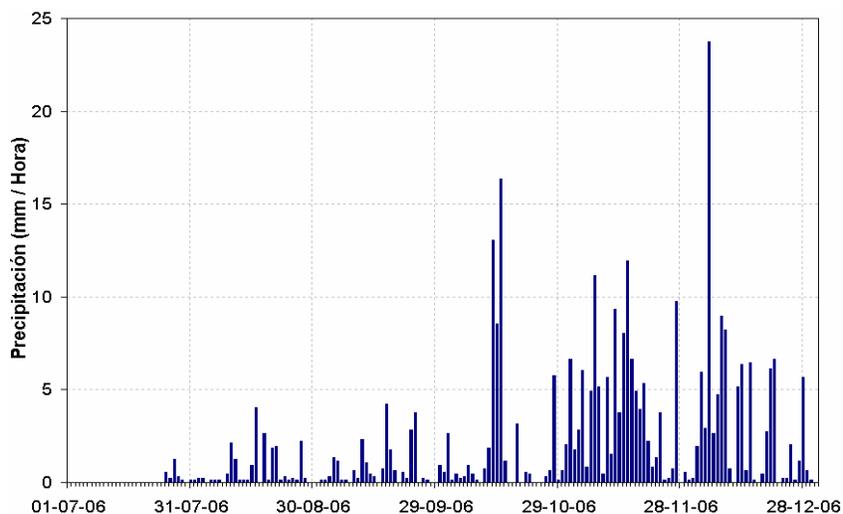


Figura 2.71. Precipitación en la cima. Julio a diciembre de 2006.

En general los datos de presión atmosférica mostraron una tendencia relativamente estable, con un promedio de 631 hPa (Figura 2.72). El rango de valores de presión en la cima, osciló entre 624 y 640 hPa concordantes con las condiciones de la altura a la cual se encuentra localizada la estación (Figura 2.72).

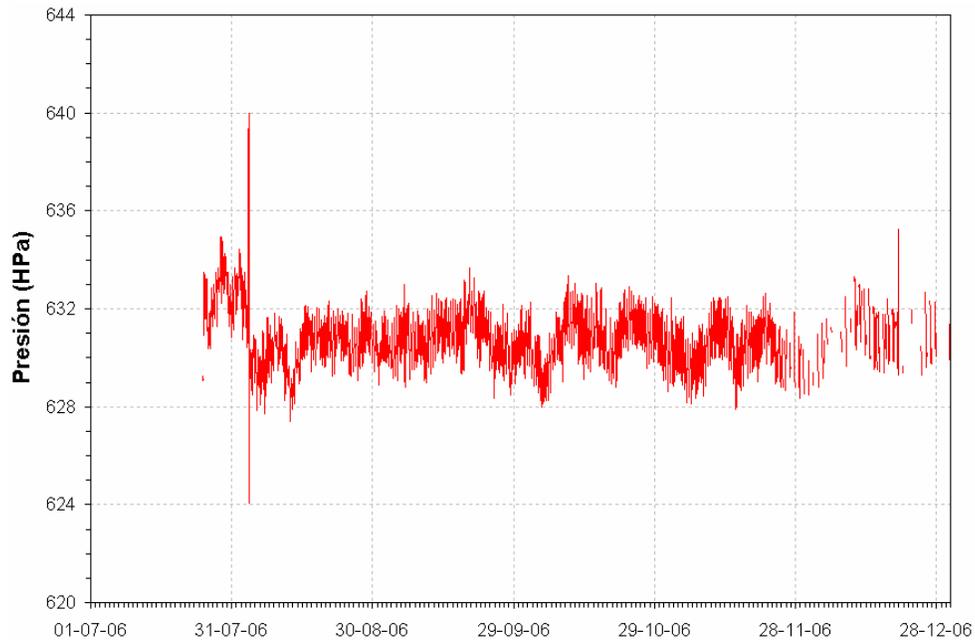


Figura 2.72. Presión atmosférica en la cima. Julio a diciembre de 2006.

2.8 OTRAS ACTIVIDADES

2.8.1 VISITA AL VOLCÁN TUNGURAHUA

Entre el 9 y el 12 de septiembre se desplazó a la región del volcán Tungurahua (Ecuador), una comisión interinstitucional conformada por (Figura 2.73): Dr. Fabio Trujillo (secretario de Gobierno Departamental), Geóloga Lina Dorado (Coordinadora CREPAD_Nariño), Arq. Dario Gómez (Coordinador CLOPAD_Pasto), Ing. Ricardo Ortiz (Planeación Municipal de Pasto), Teniente Francisco Ruíz y Juan Carlos López (Bomberos Voluntarios Pasto) y Dra. Marta Calvache Velasco (Subdirectora de Amenazas Geológicas del INGEOMINAS) e Ing. Diego Gómez Martínez (Coordinador OVSP).



Figura 2.73. Comisión interinstitucional que se desplazó a la región del volcán Tungurahua para adelantar actividades de reconocimiento de los fenómenos registrados durante las erupciones de agosto 16 – 17 de 2006.

El propósito fundamental de esta visita fue el de efectuar un reconocimiento general de las zonas afectadas por el proceso eruptivo del volcán Tungurahua del 16 y 17 de agosto de 2006, recopilar material fotográfico y fílmico de esa región y realizar contactos con las autoridades para mirar experiencias y plantear la posibilidad de una visita futura con un grupo de líderes comunitarios y autoridades de las zonas de amenaza alta de Galeras para intercambio de experiencias.

Durante la visita se contó con el valioso apoyo de la Escuela Politécnica Nacional de Quito, quienes se encargaron de coordinar los contactos con autoridades del sistema de Defensa Civil de las regiones de influencia del volcán Tungurahua además de proporcionar información básica del proceso eruptivo de este volcán.

A manera de resumen, se puede mencionar que el volcán Tungurahua inició hacia las 08:00 – 09:00 a.m. del día 16 de agosto, un proceso eruptivo que se extendió hacia las primeras horas de la madrugada del día 17. En términos generales, el proceso eruptivo estuvo caracterizado por: emisión de cenizas, proyección balística de material, incluyendo bloques livianos de escoria que fueron eyectados hasta distancias de 6 – 7 Km. del cráter, producción de cerca de 15 flujos piroclásticos en diferentes direcciones del centro eruptivo. El día 18, el volcán presentó un flujo de lavas hacia el costado occidental.

La ocurrencia de los flujos piroclásticos provocó consecuencias como la destrucción y el sepultamiento de viviendas asentadas en los cauces de ríos y quebradas; colapso parcial o total de cubiertas por efecto de caída de cenizas; perforaciones por caída de material piroclástico de manera balística.

La Figura 2.74 muestra los efectos encontrados después de la erupción de agosto del Tungurahua, relacionados principalmente con flujos piroclásticos y caídas de ceniza.



Figura 2.74. Seguimiento fotográfico de algunos de los aspectos relacionados con las erupciones de agosto 16 – 17 de 2006 del volcán Tungurahua durante la visita de septiembre 9 al 12. Las fotos de la parte superior muestran los efectos devastadores de los flujos piroclásticos por una de las cuencas del sector occidental, particularmente la imagen de la derecha refleja el efecto de la onda de calor que acompaña la parte basal del flujo. En el centro se presentan imágenes relacionadas con los efectos de La caída de material piroclástico. En las fotos de la parte inferior aparecen los flujos de lodo secundarios y el vapor generado por el contacto del agua con material de flujos piroclásticos que casi un mes después permanecían calientes.

2.9 CONCLUSIONES

- En general se notó una disminución en la ocurrencia de eventos sísmicos relacionados con fracturamiento de material sólido (volcano-tectónicos e Híbridos), mientras que los eventos sísmicos relacionados con movimiento de fluidos dentro del sistema de Galeras aumentaron (LPS y tremores); en cuanto a la energía liberada se notó una disminución, en relación con los registros del semestre anterior.
- Los sucesos más importantes de la actividad volcánica estuvieron marcados por las emisiones de ceniza ocurridas el 8 de julio y por los episodios eruptivos que se presentaron el día 12 de julio; episodios que al parecer destruyeron un 10% del volumen máximo (alrededor de tres millones de metros cúbicos), que de acuerdo a cálculos realizados corresponde al mayor volumen evidenciado desde el inicio del monitoreo de la actividad volcánica de Galeras en 1989.
- Como consecuencia de las erupciones, tanto el domo, como los cráteres secundarios del sector occidental sufrieron pequeños cambios en su forma.
- Aunque posterior a la erupción del 12 de julio de 2006 el volcán tuvo una relajación de la actividad al interior del sistema, siguen observándose manifestaciones de procesos relacionados con la actividad, particularmente con dinámica de los componentes fluidos del sistema y, cualquier cambio en este momento, unido al emplazamiento del domo en el cráter principal, podría facilitar condiciones para la generación de nuevos procesos eruptivos.
- Otros episodios importantes fueron los sismos volcano tectónicos que ocurrieron los días 29 y 30 de julio, los cuales fueron sentidos en varias de las poblaciones de la zona de influencia de Galeras.
- En varias ocasiones se generaron columnas de gases con alturas entre 200 y 600 m sobre la cima de Galeras, la mayoría de ellas relacionadas con salida de vapor de agua; algunas de estas emisiones estuvieron asociadas con registros de señales de tremor espasmódico.
- En cuanto a deformación, las mayores variaciones fueron evidentes en los inclinómetros Peladitos y Calabozo el cual presentó variaciones en sus dos componentes (radial y tangencial); mientras que el inclinómetro Urcunina mostró un comportamiento casi estable y las fluctuaciones asociadas a sus dos componentes se deben a cambios en temperatura, mientras que el inclinómetro Cráter una tendencia ascendente en su componente tangencial y estable en la radial.
- Desde reconocimientos aéreos se observó el remanente del domo de lava y en algunas ocasiones se observaron emisiones de gases, emisiones que disminuyeron notablemente a partir del cambio de actividad a nivel **II** el 22 de noviembre de 2006.
- 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. El volumen de material involucrado en el proceso puede incrementar el tamaño de las explosiones, comparado con las que se han registrado en los últimos 17 años de vigilancia del volcán.

- La actividad volcánica de Galeras continúa mostrando un comportamiento similar al que se ha presentado en seis de las ocho erupciones explosivas, que han estado precedidas por el registro de eventos sísmicos tipo Tornillo registradas entre 1992 y el 2006. Dentro de este comportamiento, se resalta que continúa la ocurrencia de eventos tipo Tornillo, los cuales han permitido plantear un modelo de probabilidad de escenario eruptivo, por cuanto reflejan condiciones especiales en las propiedades físicas, tanto de los fluidos al interior del sistema volcánico, como del material sólido que forma el edificio, relacionadas con el incremento en la fase gaseosa del magma y la presencia de un contraste de impedancia significativo entre la roca sólida y el fluido (magma, gas). Este modelo se fundamenta en el estudio y seguimiento de las diferentes propiedades y características de estos eventos, como son: el comportamiento de las frecuencias, las duraciones, la recurrencia en el tiempo y su combinación con los demás parámetros utilizados en la vigilancia volcánica. Detalles sobre estos modelos están planteados en la publicación especial sobre Galeras en el Journal of Volcanology and Geothermal Research (JVGR, 1997).
- Las condiciones mencionadas y evidenciadas durante el final de semestre requieren que las autoridades del Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres, tanto a nivel nacional como regional y local, mantengan sus planes acordes con la actual evolución del fenómeno volcánico y se espera que en una actitud razonable, las personas que habitan en la zona de mayor riesgo por la posibilidad de flujos piroclásticos, mantengan la recomendación dada por las autoridades de evacuar preventivamente a los sitios establecidos como albergues temporales.

2.10 BIBLIOGRAFIA

Instituto Colombiano de Geología y Minería, INGEOMINAS. Boletín Semestral de Actividad de los Volcanes Colombianos, enero a junio de 2006. Informe inédito. Pasto. Septiembre 2006.

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

2.11 PERSONAL PARTICIPANTE

Personal Observatorio Vulcanológico de Pasto

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

Personal INGEOMINAS otras sedes

Alvaro Pablo Acevedo	Gloria Patricia Cortés
Milton Ordóñez	Dr. 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

ANEXO 1

La tabla 2.7 muestra aquellos eventos de origen tectónico local que fueron sentidos en algunas zonas del Departamento de Nariño.

Tabla 2.7. Eventos de origen Tectónico Local, sentidos en algunos Municipio de Nariño.

Fecha	Hora Local	Magnitud Local	Epicentro	Distancia al cráter (Km..)	Dirección respecto al cráter (Km.)	Profundidad (Km.)	Sitios donde fue sentido
16/Oct/2006	5:11 a.m.	4,7	Al norte de la cabecera Municipal de Ricaurte (Nariño)	58,3	ENE	124	Municipios: Ricaurte, Barbacoas, Cumbitara, Sotomayor, Piedrancha, Llorente; También se reporto como sentido en la ciudad de Pasto (Torre de Bomberos, Piso 5)
25/Nov/2006	08:50 a.m.	4,9	A 25,2 Km. Al Noreste de la cabecera Municipal de Ricaurte (Nariño).	56,2	ENE	< 30	Municipios: Samaniego, Sotomayor, La Unión, Ipiales, Policarpa, Pasto, Mallama, Chucunés, Consacá, Nariño, La Florida, entre otros.