

## CONTENIDO

		Pág.
	RESUMEN	1
	INTRODUCCIÓN	2
2	VOLCAN GALERAS	3
	2.1 RED DE VIGILANCIA	3
	2.2 SISMOLOGÍA	5
	2.3 GEOLOGIA	14
	2.4 DEFORMACIÓN	19
	2.4.1. Inclínómetros Electrónicos	20
	2.4.2. Vectores Cortos de Nivelación	23
	2.5 FISICOQUÍMICA	27
	2.6 POTENCIALES ELÉCTRICOS ESPONTÁNEOS (PEE)	30
	2.7 ACTIVIDAD SUPERFICIAL	37
	2.8 IMÁGENES TERMICAS	41
	2.9 ESTACIÓN CLIMATICA	46
	2.10 CONCLUSIONES	47
	2.11 BIBLIOGRAFÍA	48
	2.12 PERSONAL PARTICIPANTE	48

## TABLAS

		Pág.
Tabla 2.1	Observaciones del funcionamiento de la red de vigilancia volcánica. Semestre I de 2008	4
Tabla 2.2	Número de sismos volcánicos por tipo, registrados en los periodos indicados.	6
Tabla 2.3	Energía sísmica liberada para cada tipo de evento, en los periodos indicados.	6
Tabla 2.4	Características de los eventos VT energéticos. Semestre I de 2008.	9
Tabla 2.5	Características de los eventos tipo TOR en la estación Anganoy. Enero y marzo de 2008.	11
Tabla 2.6	Principales observaciones de la actividad superficial de Galeras. Primer semestre de 2008.	39
Tabla 2.7	Temperaturas máximas obtenidas de imágenes térmicas en Galeras. Julio de 2007 a junio de 2008.	41

## FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1	3
<p>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 2008. Estaciones sísmicas de corto período: 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. Inclínómetros electrónicos: i1: Cráter, i2: Peladitos, i3: Urcunina e i4: Calabozo. Las estaciones de Radón-222 se indican directamente sobre el mapa.</p>	
Figura 2.2	5
<p>Porcentaje de operación de estaciones de CP (ANGV, CR2R, URCR, NAR2, OBVR, COB3, COND, CALA), estaciones de BA (CR2V, CUFV, CUFA), estación climática (CRWV, CRWD, CRTM, CRHM, CRPL, CRPR), inclínómetros electrónicos (I-PELA, I-CRA2, I-CALA) y el micrófono (CAMI), en Galeras. Enero a junio de 2008.</p>	
Figura 2.3	7
<p>Ocurrencia y energía diaria de eventos LP. Julio de 2007 a junio de 2008</p>	
Figura 2.4	8
<p>Ocurrencia y energía diaria de eventos HIB. Julio de 2007 a junio de 2008.</p>	
Figura 2.5	8
<p>Ocurrencia y energía diaria de episodios de Tremor. Julio de 2007 a junio de 2008.</p>	
Figura 2.6	9
<p>Ocurrencia y energía diaria de eventos tipo VT. Julio de 2007 a junio de 2008.</p>	
Figura 2.7	10
<p>Distribución de sismos VT en la zona de influencia de Galeras. Enero a junio de 2008. En los cortes norte-sur (derecha) y este-oeste (abajo) cada división equivale a 3 Km.</p>	
Figura 2.8	11
<p>Comportamiento de las frecuencias dominantes de los TOR registrados previo a la erupción de enero 17.</p>	
Figura 2.9	11
<p>Comportamiento de las duraciones de los TOR registrados previo a la erupción de enero 17.</p>	
Figura 2.10	12
<p>Registro sísmico de la erupción de enero 17 de 2008, a las 8:06 p.m. en las estaciones de corto periodo Anganoy, Cráter-2, Urcunina, Cobanegra, Cóndor, Obonuco, Nariño y Calabozo, en la estación de banda ancha Cufiño y registro acústico en la estación CAMI.</p>	
Figura 2.11	13
<p>Registro analógico de la estación Cráter-2 (1,5 Km S de cráter). La señal saturada (arriba) corresponde a la erupción explosiva y los puntos amarillos resaltan los eventos tipo LP ocurridos después del episodio eruptivo.</p>	
Figura 2.12	14
<p>Registro digital en el programa SWARM de la estación Cráter-2 (1,5 Km S de cráter), desde las 4:30 p.m. del día 17 de enero hasta las 3:00 p.m. del día 19 de enero.</p>	
Figura 2.13	15
<p>Bomba corteza de pan, con diámetro de 1 m, lanzada balísticamente durante la erupción de enero 17, depositada en el borde oriental de la caldera a unos 2 Km de distancia del cráter principal.</p>	
Figura 2.14	15
<p>Bombas corteza de pan y bloques arrojados durante la erupción de enero 17 de 2008 a las 08:06 p.m. Muestras colectadas por personal del Ejército Nacional de Colombia, cerca de la estación de policía Galeras.</p>	
Figura 2.15	15
<p>Fotografías de las cenizas de caída depositadas sobre la vía circunvalar en el sector de Bomboná (Consacá) al occidente del volcán.</p>	
Figura 2.16	16
<p>Detalles del cráter de impacto de roca de mayor dimensión, producido por la erupción de enero 17 de 2008, hacia el sector sur de la cima del volcán.</p>	
Figura 2.17	17
<p>Mapa de distribución eólica de las cenizas producidas en la erupción de enero 17 de 2008, de acuerdo con las inspecciones en campo por personal de INGEOMINAS. Las isópacas de dispersión eólica están en mm y las de dispersión balística en cm.</p>	
Figura 2.18	17
<p>Mapa de distribución de piroclastos de caída generados en la erupción del 17 de enero de 2008, de acuerdo con las inspecciones en el campo, por parte de personal de INGEOMINAS. Las isópletas de dispersión eólica están en mm y las de dispersión balística en cm.</p>	
Figura 2.19	18
<p>Muestras de ceniza de la erupción del 17 de enero de 2008, colectadas en diferentes poblaciones del Departamento de Nariño, en las que se aprecia la variación del tamaño, de acuerdo con la distancia al cráter y dirección de dispersión de la ceniza. Los patrones de tamaños de granos son tomados de la tabla de Exploration Logging</p>	
Figura 2.20	20
<p>Red de vigilancia en Deformación del Volcán Galeras. Inclínómetros electrónicos: i1: Cráter, i2: Peladitos, i3: Calabozo. Vectores cortos de nivelación: V1: Puyito, V2: Lindero, V3: Chorrillo, V4: Chacaguaico, V5: Barranco, V6: Chiguaco, V7: Popeye, V8: Piedras, V9: La</p>	

	Mica, V10: La Y, V11: Inclinómetro, V12: Telecom, V13: La Quebrada, V14: Cobanegra.	
Figura 2.21	Comportamiento de las componentes del inclinómetro Cráter. Julio de 2007 a junio de 2008.	21
Figura 2.22	Comportamiento de las componentes del inclinómetro Peladitos. Julio de 2007 a junio de 2008	22
Figura 2.23	Comportamiento de las componentes del inclinómetro Calabozo. Julio de 2007 a junio de 2008	23
Figura 2.24	Vector de nivelación Barranco	24
Figura 2.25	Vector de nivelación Chorrillo	24
Figura 2.26	Vector de nivelación Lindero	24
Figura 2.27	Vector de nivelación Puyito	25
Figura 2.28	Vector de nivelación Chacaguaico	25
Figura 2.29	Vector de nivelación Telecom	25
Figura 2.30	Vector de nivelación La Y	25
Figura 2.31	Vector de nivelación Cobanegra	25
Figura 2.32	Vector de nivelación El Inclinómetro	26
Figura 2.33	Vector de nivelación Las Piedras	26
Figura 2.34	Vector de nivelación La Mica	26
Figura 2.35	Vector de nivelación La Quebrada	26
Figura 2.36	Mapa de localización de las estaciones telemétricas ScanDOAS en el Volcán Galeras.	27
Figura 2.37	Flujo de SO <sub>2</sub> de Galeras, medido con estaciones Scan-DOAS (NOVAC). Junio de 2007 a julio de 2008.	28
Figura 2.38	Emisiones de Rn-222, en la Línea Norte. Julio de 2007 a junio de 2008.	29
Figura 2.39	Emisiones de Rn-222, en la Línea Circunvalar. Julio de 2007 a junio de 2008.	29
Figura 2.40	Emisiones de Rn-222, en la Línea Galeras. Julio de 2007 a junio de 2008.	30
Figura 2.41	PEE medido en las componentes horizontales de la estación Lavas. Julio de 2007 a junio de 2008.	31
Figura 2.42	PEE medido en las componentes horizontales de la estación Lirios. Julio de 2007 a junio de 2008.	32
Figura 2.43	PEE medido en las componentes horizontales de la estación Alto Jiménez. Julio de 2007 a junio de 2008.	32
Figura 2.44	PEE medido en las componentes horizontales de la estación Calabozo. Julio de 2007 a junio de 2008.	33
Figura 2.45	PEE medido en las componentes horizontales de la estación La Y. Julio de 2007 a junio de 2008.	34
Figura 2.46	PEE medido en las componentes horizontales de la estación Peladitos. Julio de 2007 a junio de 2008.	35
Figura 2.47	PEE medido en las componentes horizontales de la estación Barranco. Julio de 2007 a junio de 2008.	35
Figura 2.48	PEE medido en las componentes horizontales de la estación San Felipe. Julio de 2007 a junio de 2008.	36
Figura 2.49	PEE medido en las componentes horizontales de la estación Cobanegra. Julio de 2007 a junio de 2008.	36
Figura 2.50	Erupción de enero 17 de 2008, a las 08:06 p.m. imagen de la cámara web OVSP	38
Figura 2.51	Imagen de la erupción de enero 17 de 2008, a las 08:13 p.m. Cortesía Prof. Alberto Quijano	38
Figura 2.52	Sobrevuelo. Imagen del cono activo de Galeras, se observa ceniza y rocas en la superficie y gas de color blanco. 23/Ene/06:29 a.m.	38
Figura 2.53	Emisión de gases, vista desde Consacá. 17/Feb/09:39 a.m.	38
Figura 2.54	Emisión de gases, se observa granizo en la cima por las bajas temperaturas. 13/Mar/11:47 a.m.	38
Figura 2.55	Sobrevuelo, se observa emisión de gases, tendida hacia el noroccidente. 07/Abr/07:28 a.m.	38
Figura 2.56	Emisión de gases, tendida hacia el norte de Galeras. 03/May/06:05 a.m.	39
Figura 2.57	Sobrevuelo, emisión de gases, 11/Jun/06:54 a.m.	39
Figura 2.58	Imagen Térmica, julio 18 de 2007, 06:31 a.m.	42
Figura 2.59	Imagen Térmica, septiembre 17 de 2007, 06:46 a.m.	42

Figura 2.60	Imagen Térmica, septiembre 27 de 2007, 06:15 a.m.	42
Figura 2.61	Imagen Térmica, octubre 2 de 2007, 06:51 a.m.	43
Figura 2.62	Imagen Térmica, noviembre 27 de 2007, 06:12 a.m.	44
Figura 2.63	Imagen Térmica, enero 23 de 2008, 06:30 a.m.	44
Figura 2.64	Imagen Térmica, abril 7 de 2008, 07:27 a.m.	45
Figura 2.65	Imagen Térmica, abril 8 de 2008, 06:57 a.m.	45
Figura 2.66	Comportamiento de los valores de dirección del viento en la cima de Galeras. Abril a junio de 2008.	46
Figura 2.67	Comportamiento de los valores de velocidad del viento en la cima de Galeras. Abril a junio de 2008.	46

## RESUMEN

A comienzos de 2008, luego de una actividad volcánica con ocurrencia y energía en niveles bajos, con una sismicidad predominantemente relacionada con la dinámica de fluidos al interior del sistema volcánico, ocurrió una erupción explosiva en enero 17 de 2008 a las 8:06 p.m., la cual fue observada por la gran mayoría de los habitantes de la ciudad de Pasto y poblados cercanos al mismo. En los días previos a la erupción se notó un paulatino y rápido descenso en la ocurrencia de los episodios de tremor y el día 16 de enero aproximadamente unas 36 horas antes de la erupción comenzaron a registrarse sismos de tipo Tornillo, hasta totalizarse 6 eventos.

Con base en éstas variaciones importantes en el desarrollo de la actividad, el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de INGEOMINAS en Pasto (OVSP) emitió un comunicado extraordinario a las 10:00 a.m. del 17 de enero, en el que se informaba a las autoridades y a la comunidad en general de los cambios observados en la actividad y con énfasis especial en la ocurrencia de los eventos de tipo Tornillo, aunque se mantuvo el Nivel III de actividad (CAMBIOS EN EL COMPORTAMIENTO DE LA ACTIVIDAD VOLCANICA).

A las 08:20 p.m. del 17 de enero, luego de desencadenarse el evento eruptivo, el OVSP emitió un nuevo comunicado informando del cambio del nivel de actividad de Galeras a Nivel I (ERUPCIÓN INMINENTE O EN CURSO), el cual se sostuvo hasta el día 19 de enero, cuando se emitió un nuevo comunicado informando del cambio a Nivel II (ERUPCIÓN PROBABLE EN TERMINO DE DIAS O SEMANAS). Finalmente en enero 21 de 2008, luego de la evaluación de la actividad volcánica se emitió un nuevo comunicado retornando al Nivel III de actividad (CAMBIOS EN EL COMPORTAMIENTO DE LA ACTIVIDAD VOLCANICA), el cual se mantuvo durante el resto del semestre.

Los diferentes parámetros de la vigilancia de Galeras ayudaron a vislumbrar los cambios importantes que se estaban operando al interior del sistema volcánico, aunque el proceso fue muy rápido, tomando sólo algunos días antes de la erupción explosiva. El material eyectado se dispersó hacia el SW y W de Galeras y entre las muestras analizadas se encontró material accidental y juvenil. La erupción como tal dio origen a un enjambre de eventos de tipo LP, lo cual ayudó a incrementar considerablemente los niveles de energía sísmica.

Luego de la erupción y el proceso siguiente de desgasificación que duró cerca de tres días, la actividad retornó a niveles bajos de ocurrencia y energía, hasta marzo cuando se presentó un enjambre de eventos de todos los tipos, especialmente de tipo LP. Al final del semestre se registraron eventos de fractura energéticos que se reportaron sentidos, los cuales fueron los que mayor aporte hicieron a los niveles de energía sísmica de éste semestre.

## INTRODUCCIÓN

Durante el primer semestre de 2008, el Instituto Colombiano de Geología y Minería, INGEOMINAS continuó con su tarea de vigilar los volcanes activos del territorio colombiano, en el caso de Galeras a través del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto, desarrollando labores de vigilancia continua y en tiempo real de las diferentes manifestaciones de la actividad volcánica de Galeras, permitiendo así, mantener informada a la comunidad, a las entidades del Sistema Nacional de Atención y Prevención de Desastres y a las autoridades locales y regionales, en especial a principios del semestre cuando se atendió la crisis originada con la erupción de enero 17.

En este boletín de actividad de Galeras, se consignan los resultados obtenidos con el monitoreo y seguimiento de la actividad volcánica 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, el Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR) de Alemania, el United States Geological Survey (USGS) de los Estados Unidos y al Proyecto NOVAC (Network for Observation of Volcanic and Atmospheric Change) de la Unión Europea, a quienes INGEOMINAS expresa su agradecimiento.

Con la reactivación del Volcán Nevado del Huila, el apoyo de la Fuerza Aérea Colombiana con el helicóptero Hughes divide su tiempo entre los dos volcanes, Huila y Galeras, por lo cual, cuando las condiciones atmosféricas fueron favorables y la actividad del V. N. del Huila lo permitió, la actividad superficial del volcán Galeras fue documentada mediante videos, fotografías digitales desde el aire e imágenes térmicas.

Los datos y la información contenidos en este boletín son una guía de consulta preliminar que 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. Este boletín se publica en Internet, en la dirección electrónica:

[http://intranet.ingeqominas.gov.co/pasto/Boletines\\_semestrales](http://intranet.ingeqominas.gov.co/pasto/Boletines_semestrales)

## 2. VOLCÁN GALERAS

### 2.1 RED DE VIGILANCIA

Durante la mayor parte del primer semestre de 2008 Galerás contó con una red instrumental de vigilancia conformada por ocho estaciones sísmicas telemétricas de corto periodo (CP), una de banda ancha (BA), un acelerómetro, un sensor acústico, 3 inclinómetros electrónicos, 3 estaciones de medición de Dióxido de Azufre - SO<sub>2</sub> (Proyecto NOVAC - Network for Observation of Volcanic and Atmospheric Change) (Figura 2.30), dos cámaras de video para seguimiento de actividad superficial (Pasto y Consacá) y 15 estaciones de medición de Radón-222 (Figura 2.1). Adicionalmente se contó con una red de poligonales para medir deformación (Figura 2.19) y una red de arreglos para toma de potenciales propios (Figura 2.3). Para seguimiento de la actividad superficial, se contó con cámaras digitales (fotográficas y de video), una cámara térmica infraroja (Flir), utilizadas por el personal del OVSP durante reconocimientos aéreos que se efectúan con el apoyo de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) en un helicóptero Hughes.

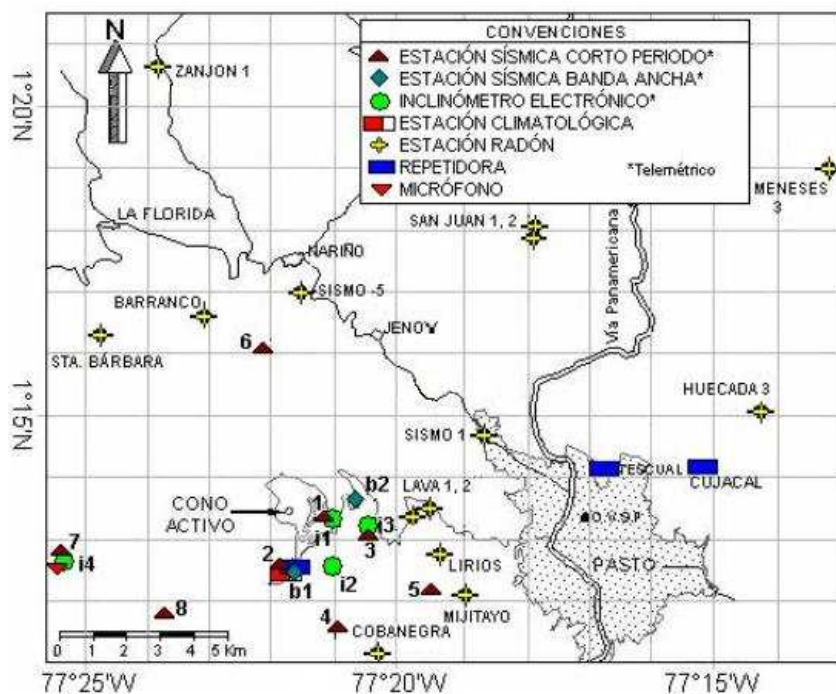


Figura 2.1. Zona de influencia del Volcán Galerás y su red de monitoreo telemétrica y de toma directa de datos en campo, que funcionó durante el primer semestre de 2008. Estaciones sísmicas de corto periodo: 1: Anganoy, 2: Cráter, 3: Urcunina, 4: Cobanegra, 5: Obonuco, 6: Nariño, 7: Calabozo y 8: Cóndor. Estaciones sísmicas de banda ancha: b1: Cráter y b2: Cufiño. Inclinómetros electrónicos: i1: Cráter, i2: Peladitos, i3: Urcunina e i4: Calabozo. Las estaciones de Radón-222 se indican directamente sobre el mapa.

La red instrumental de Galerás fue afectada básicamente por la erupción explosiva ocurrida al principio del semestre y adicionalmente por problemas de alimentación, mal funcionamiento de algunos de los equipos y el clima. Durante todo el semestre no se contó con el inclinómetro

Urcunina, la estación Cráter (BA) y la estación climática se instalaron a finales del semestre y el acelerómetro de Cufiño fue retirado en el tercio final del semestre. Aún con todos estos inconvenientes, normales dentro de la operación de una red de monitoreo volcánico, el promedio de funcionamiento de las estaciones fue de 83%, el cual se considera satisfactorio.

Un aspecto muy importante para mencionar es la instalación de una estación sísmica en el Volcán Doña Juana para iniciar su monitoreo instrumental permanente, la cual se denominó LAVAS y cuenta con un sismómetro triaxial de corto periodo telemetrada a la sede del OVSP en Pasto mediante una repetidora en el sector denominado como Cruz de Amarillo.

En la tabla 2.1 se puede apreciar los principales aspectos del funcionamiento de la red instrumental de vigilancia durante el primer semestre de 2008.

Tabla 2.1. Observaciones del funcionamiento de la red de vigilancia volcánica. Semestre I de 2008.

Fecha	Observación
17/01/2008	Por la erupción explosiva de Galeras se perdió la señal de la estación Anganoy, la señal del inclinómetro Cráter y las señales del sismómetro, inclinómetro y sensor de infrasonido de la estación Calabozo.
22/01/2008	Se encontró que parte de los equipos de la estación Anganoy fueron destruidos, igual que parte del equipo del inclinómetro Cráter y también parte del equipo de la repetidora de Calabozo en la cima. Se reparó la repetidora de Calabozo y quedó en funcionamiento. También se recuperó la estación de inclinometría Cráter y quedó funcionando. Se retiró el equipo de la estación Anganoy para revisión en la sede.
30/01/2008	Se reinstaló la estación Anganoy.
01/03/2008	La señal de la estación Anganoy dejó de llegar a la sede.
03/03/2008	Se encontró dañado el VCO de Anganoy, se retiró el equipo para revisión en sede.
05/03/2008	Se reinstaló nuevamente la estación Anganoy luego de su reparación.
22/04/2008	Se retiró el acelerómetro de Cufiño para mantenimiento preventivo en sede, quedó fuera el resto del semestre.
25/04/2008	Se reinstaló la estación Cráter de banda ancha y la estación climatológica que estaban fuera desde el semestre anterior.
26/04/2008	Dejó de recibirse la señal de las tres estaciones de SO <sub>2</sub> NOVAC, por un rayo en la repetidora de Alto de La Palma.
30/04/2008	Se reconfiguró el radio de la repetidora de Alto de la Palma y se recuperó la señal de las estaciones de SO <sub>2</sub> NOVAC.
03/05/2008	Por tormenta eléctrica se perdió la señal de Cráter banda ancha y de la estación climatológica.
06/05/2008	Se recuperó la señal de Cráter banda ancha y de la estación climatológica.
20/06/2008	Se instaló la estación telemétrica Lavas en el volcán Doña Juana, con un sismómetro triaxial de corto periodo, para su monitoreo permanente.

La figura 2.2 ilustra el porcentaje de operación de las estaciones de corto periodo (CP) con registro analógico y digital; las estaciones de banda ancha (BA), la estación climática, los inclinómetros electrónicos y el micrófono, durante el primer semestre de 2008.



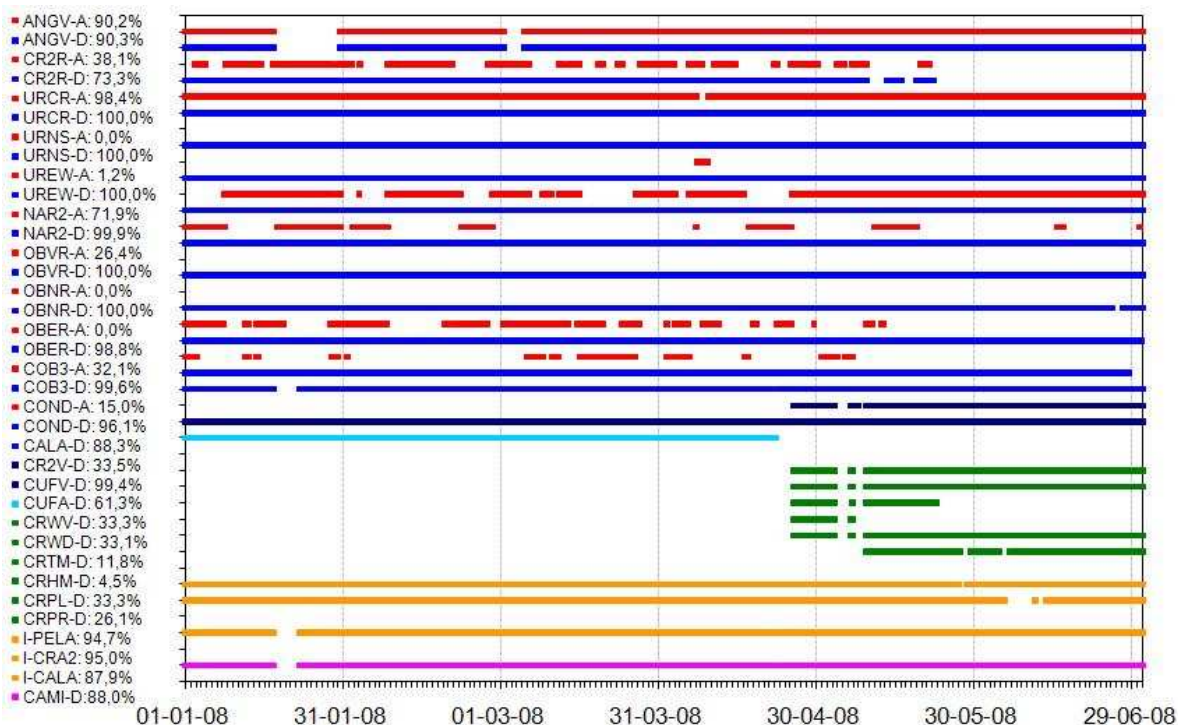


Figura 2.2. Porcentaje de operación de estaciones de CP (ANGV, CR2R, URCR, NAR2, OBVR, COB3, COND, CALA), estaciones de BA (CR2V, CUFV, CUFA), estación climática (CRWV, CRWD, CRTM, CRHM, CRPL, CRPR), inclinómetros electrónicos (I-PELA, I-CRA2, I-CALA) y el micrófono (CAMI), en Galeras. Enero a junio de 2008.

## 2.2 SISMOLOGÍA

En el primer semestre de 2008 el hecho más importante de la actividad de Galeras fue la ocurrencia de la erupción explosiva de enero 17, que en parte originó el aumento en la ocurrencia y energía de la sismicidad de tipo largo periodo (LP). En cambio con los otros tipos de sismos como híbrido (HIB), tremor (TRE) y volcans tectónico (VT) se experimentó disminución en sus niveles de ocurrencia con un aumento considerable en su energía liberada, con relación a los valores registrados en el semestre anterior (Tablas 2.2 y 2.3)

El número de eventos de tipo LP aumentó un 49% y su energía liberada fue equivalente a 4,3 veces la registrada en el semestre anterior. Los sismos de tipo HIB disminuyeron su ocurrencia en un 66% y aumentaron su energía en un 40%. Los sismos de tipo VT disminuyeron su ocurrencia en un 34% y liberaron una energía equivalente a 48,8 veces la registrada en el semestre pasado. Por último los eventos de tipo TRE disminuyeron su ocurrencia en un 35% y liberaron una energía equivalente a 4,8 veces la obtenida en el semestre anterior.

Teniendo en cuenta el número total de sismos del semestre y su energía liberada, se tiene que la ocurrencia sísmica disminuyó un 12%, pero la energía registrada fue equivalente a 10 veces el valor obtenido en el semestre anterior. Los eventos de baja energía (no clasificables) mostraron un aumento de 22% en su ocurrencia.

Tabla 2.2. Número de sismos volcánicos por tipo, registrados en los periodos indicados.

TIPO DE SISMO	Semestre II de 2007	Semestre I de 2008
Largo Periodo (LP)	3.253	4.843
Híbrido (HIB)	1.740	598
Volcano-Tectónico (VT)	479	316
Tremor (TRE)	3.918	2.536
<b>TOTAL</b>	<b>9.392</b>	<b>8.296</b>
Sismos no clasificables	21.369	26.158

Tabla 2.3. Energía sísmica liberada para cada tipo de evento, en los periodos indicados.

TIPO DE SISMO	Semestre II de 2007	Semestre I de 2008
Largo periodo (LP)	1,63 x10 <sup>14</sup>	7,09 x10 <sup>14</sup>
Híbrido (HIB)	1,80 x10 <sup>13</sup>	2,53 x10 <sup>13</sup>
Volcano-Tectónico (VT)	3,58 x10 <sup>13</sup>	1,75 x10 <sup>15</sup>
Tremor (TRE)	5,64 x10 <sup>13</sup>	2,70 x10 <sup>14</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>2,73 x10<sup>14</sup></b>	<b>2,75 x10<sup>15</sup></b>

En las gráficas 2.3 a 2.6 se puede apreciar el comportamiento de la ocurrencia y la energía liberada de la sismicidad por tipo de evento; la energía se expresa como la raíz cuadrada de su valor, para resaltar en la gráfica tanto valores bajos como altos. Nótese que en los días previos a la erupción de enero 17 de 2008, en general la ocurrencia de sismicidad de tipo LP, HIB y VT fue baja, al igual que la energía liberada, en cambio la ocurrencia de episodios de TRE fue importante pero su energía en general fue baja.

En diciembre de 2007 el número diario de eventos LP era menor de 20 y en enero de 2008 aumentó un poco el número diario y en escasos días se registraron picos de ocurrencia a manera de pequeños enjambres acompañados de episodios de TRE, como en enero 2, 8, 13 y 16 que superaron los 45 sismos diarios, pero la energía se mantuvo en niveles bajos (Figura 2.3). La erupción posibilitó la ocurrencia de 1.821 eventos en los días 17, 18 y 19 de enero, registrándose el pico máximo de ocurrencia de LP en enero 18 con 1.308 eventos que liberaron una energía de 1,67x10<sup>14</sup> erg (Figura 2.3). La energía liberada por los eventos LP de los días 17, 18 y 19 de enero alcanzó un valor de 1,95x10<sup>14</sup> erg, que corresponde al 27% de la energía total de los LP del semestre.

También se destacó un enjambre de eventos LP en marzo; desde el día 14 alrededor de las 10:00 p.m. comenzó a registrarse un enjambre de sismos de tipo LP, con algunos de tipo HIB y en mínima proporción VT, el cual duró hasta el 22 de marzo. En total, el enjambre contó con 1.221 eventos, de los cuales 1.152 fueron de tipo LP, 56 de tipo HIB y 13 de tipo VT. El pico de eventos del enjambre se presentó en marzo 15, con 254 LP, 26 HIB y 10 VT, en cambio el pico energético se presentó en marzo 17 con 1,77x10<sup>14</sup> erg, el cual corresponde también a la máxima energía diaria del semestre. La energía total de los eventos LP del enjambre fue de 4,75x10<sup>14</sup> erg, siendo este valor el 67% de la energía liberada por los eventos LP del semestre. La energía total del enjambre de marzo fue de 4,76x10<sup>14</sup> erg, el cual corresponde al 17% de la energía sísmica total del semestre. El aporte energético de los eventos LP fue del 26% de la energía sísmica total del semestre. Esta importante actividad sísmica se relacionó con procesos intrusivos en el volcán.

El número y la energía de los eventos tipo HIB previo a la erupción también fueron bajos, con excepción del día 13 de enero cuando se presentaron 66 eventos a manera de enjambre en conjunto con eventos LP y TRE, estos sismos HIB liberaron una energía de  $8,71 \times 10^{10}$  erg (Figura 2.4). Después de la erupción casi no se registró este tipo de sismicidad y durante el resto del semestre mostró niveles bajos de ocurrencia y energía liberada, exceptuando los tres picos energéticos de  $2,45 \times 10^{12}$  erg;  $1,59 \times 10^{13}$  erg y  $3,64 \times 10^{12}$  erg (Figura 2.4), registrados en abril 12, abril 27 y junio 16 respectivamente, los cuales se asociaron con enjambres de sismos. Se destaca el registro en abril 27 de un evento HIB a las 08:53 p.m. al cual se le calculó una magnitud local de 3,0 grados en la escala de Richter y una energía de  $4,98 \times 10^{12}$  erg. Otro evento similar fue registrado en junio 16 a las 7:02 a.m. al cual se le calculó una magnitud local de 2,6 grados en la escala de Richter y una energía de  $3,62 \times 10^{12}$  erg. El aporte energético de los eventos tipo HIB fue apenas del 1% de la energía total del semestre.

Los episodios de TRE fueron los más recurrentes en la actividad sísmica, manteniendo valores de energía baja antes y después de la erupción. En cambio su ocurrencia fue importante en los meses previos a la erupción, en general superando los 20 episodios diarios entre octubre de 2007 y enero de 2008 (Figura 2.5). Se destaca la ocurrencia superior a 45 eventos diarios en el mes de octubre, los primeros días de noviembre de 2007 y la primera semana de enero de 2008. El número máximo se presentó en enero 3 con 98 eventos que liberaron una energía de  $5,55 \times 10^{11}$  erg. El pico energético se presentó en enero 17 con  $2,51 \times 10^{14}$  erg, debido al tremor ocasionado por la erupción explosiva (Figura 2.5). En general los episodios de TRE fueron espasmódicos con bandas espectrales amplias entre 1 y 20 Hz, pero también se presentaron de tipo armónico con frecuencias muy bajas menores de 2,0 Hz. Se destaca también el pico energético de junio 16 con  $3,02 \times 10^{12}$  erg, debido a la ocurrencia de 18 episodios de tremor, en especial el TRE espasmódico de las 8:47 p.m. que duró cerca de una hora liberando una energía de  $2,80 \times 10^{12}$  erg; su banda espectral se ubicó entre los 3,3 y 9,6 Hz y se asoció con una columna de gases y ceniza. El aporte energético de los episodios de TRE fue de apenas 10% de la energía total del semestre.

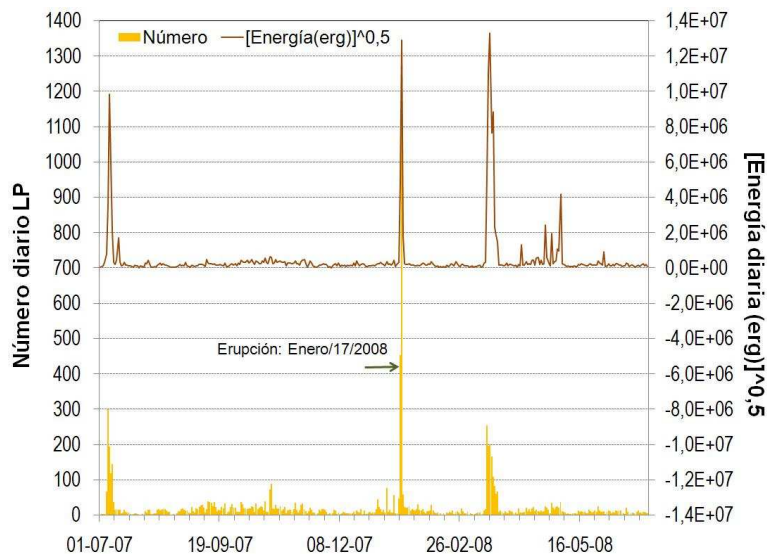


Figura 2.3. Ocurrencia y energía diaria de eventos LP. Julio de 2007 a junio de 2008.

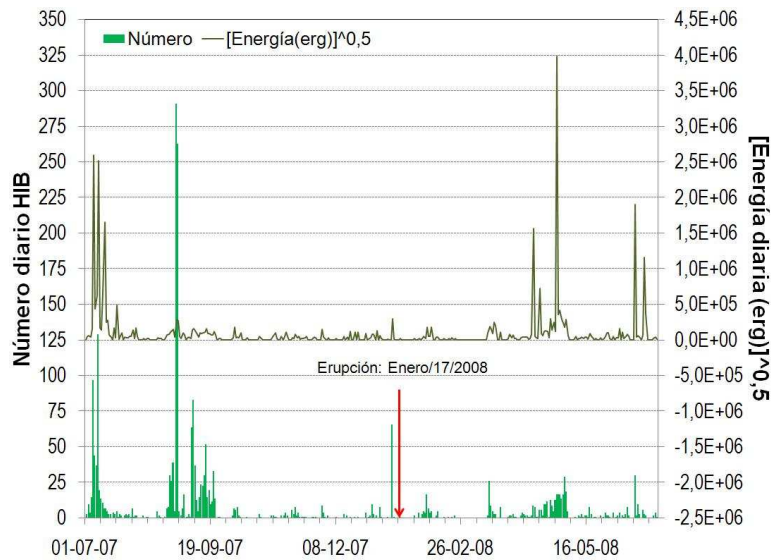


Figura 2.4. Ocurrencia y energía diaria de eventos HIB. Julio de 2007 a junio de 2008.

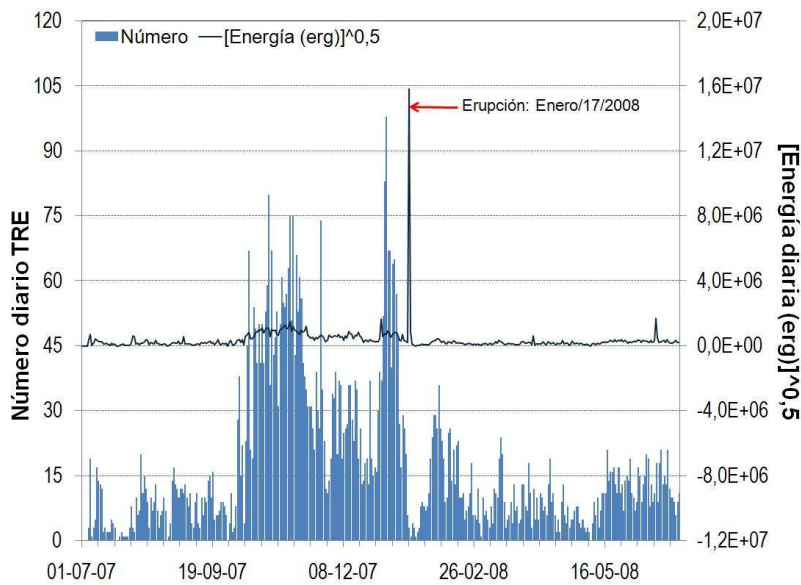


Figura 2.5. Ocurrencia y energía diaria de episodios de Tremor. Julio de 2007 a junio de 2008.

Finalmente, los sismos VT también mostraron una ocurrencia y energía bajas en los días previos a la erupción y después de la misma. En enero 16 se registraron 11 eventos VT que liberaron una energía de  $5,02 \times 10^9$  erg y durante los días 17, 18 y 19 de enero el número de VT fue de 17 eventos que liberaron una energía de  $4,03 \times 10^{10}$  erg (Figura 2.6). Se destaca tres picos energéticos registrados en abril 2, mayo 19 y mayo 29, con valores de energía de  $2,37 \times 10^{13}$  erg,  $1,26 \times 10^{14}$  erg y  $1,59 \times 10^{15}$  erg, respectivamente, los cuales corresponden a ocurrencias diarias de 1, 8 y 38 eventos (Figura 2.6). Estos picos energéticos fueron debidos a la ocurrencia de sismos de fractura con magnitudes locales importantes, dos de ellos sentidos en Pasto y varios poblados de la zona de

influencia de Galeras. El aporte energético de los eventos VT fue un 63% de la energía total del semestre.

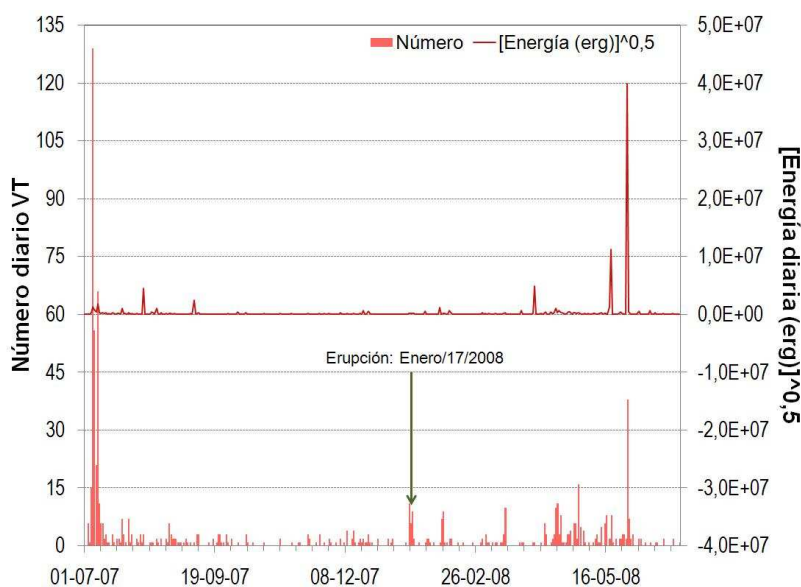


Figura 2.6. Ocurrencia y energía diaria de eventos tipo VT. Julio de 2007 a junio de 2008.

Las características de los eventos que dieron lugar a los picos energéticos del semestre se consignan en la tabla 2.4. Después del sismo de mayo 29 se presentaron alrededor de 37 réplicas hasta las 11:55 p.m. del mismo día, incluyendo el sismo de las 8:39 p.m. (Tabla 2.4); cinco réplicas más tuvieron magnitud local entre 2,2 grados y 2,4 grados. Estos eventos se localizaron en inmediaciones del cráter, ligeramente hacia el sector occidental y a profundidades menores de 3,0 Km con respecto a la cima volcánica.

Tabla 2.4. Características de los eventos VT más energéticos. Semestre I de 2008.

Evento	Fecha	Hora Local	Latitud N	Longitud W	Prof. (Km)	ML	Energía(erg)	Sentido
VT	02-abr-08	11:08 am	1°13,66'	77°21,62'	3,0	3,2	2,37x10 <sup>13</sup>	no
VT	19-may-08	10:24 pm	1°13,15'	77°22,23'	2,8	3,5	1,26x10 <sup>14</sup>	Mapachico
VT	29-may-08	07:17 pm	1°13,61'	77°21,90'	2,7	3,9	1,56x10 <sup>15</sup>	Pasto,Mapachico
VT	29-may-08	08:39 pm	1°13,70'	77°21,97'	1,0	3,1	3,28x10 <sup>13</sup>	Mapachico

En el primer semestre de 2008 fue posible localizar 191 sismos de tipo VT, la gran mayoría de ellos en inmediaciones del cono activo a distancias entre 0 y 4,5 Km cubriendo el cuadrante SW del edificio volcánico, a profundidades menores de 6 Km con respecto a la cima de Galeras (Figura 2.7). El restante grupo de eventos se localizó de forma dispersa en la zona de influencia de Galeras preferencialmente hacia el norte y a distancias mayores de 4 Km con profundidades entre 6 y 15 Km con relación a la cima (Figura 2.7).

La magnitud local de los sismos VT osciló entre 0,2 grados y 3,9 grados en la escala abierta de Richter. El intervalo de profundidades estuvo entre 0,3 Km y 22 Km con relación a la cima volcánica. El 70% de los sismos se ubicó en profundidades menores de 3 Km, este grupo de sismos tuvo

magnitudes locales entre 0,3 grados y 3,8 grados. El 14% de los eventos se ubicó en profundidades entre 3 y 6 Km bajo la cima, con magnitudes entre 0,5 grados y 2,4 grados. Finalmente el restante 16% de los sismos se ubicó en profundidades mayores de 6,0 Km y sus magnitudes oscilaron entre 0,2 grados y 2,2 grados.

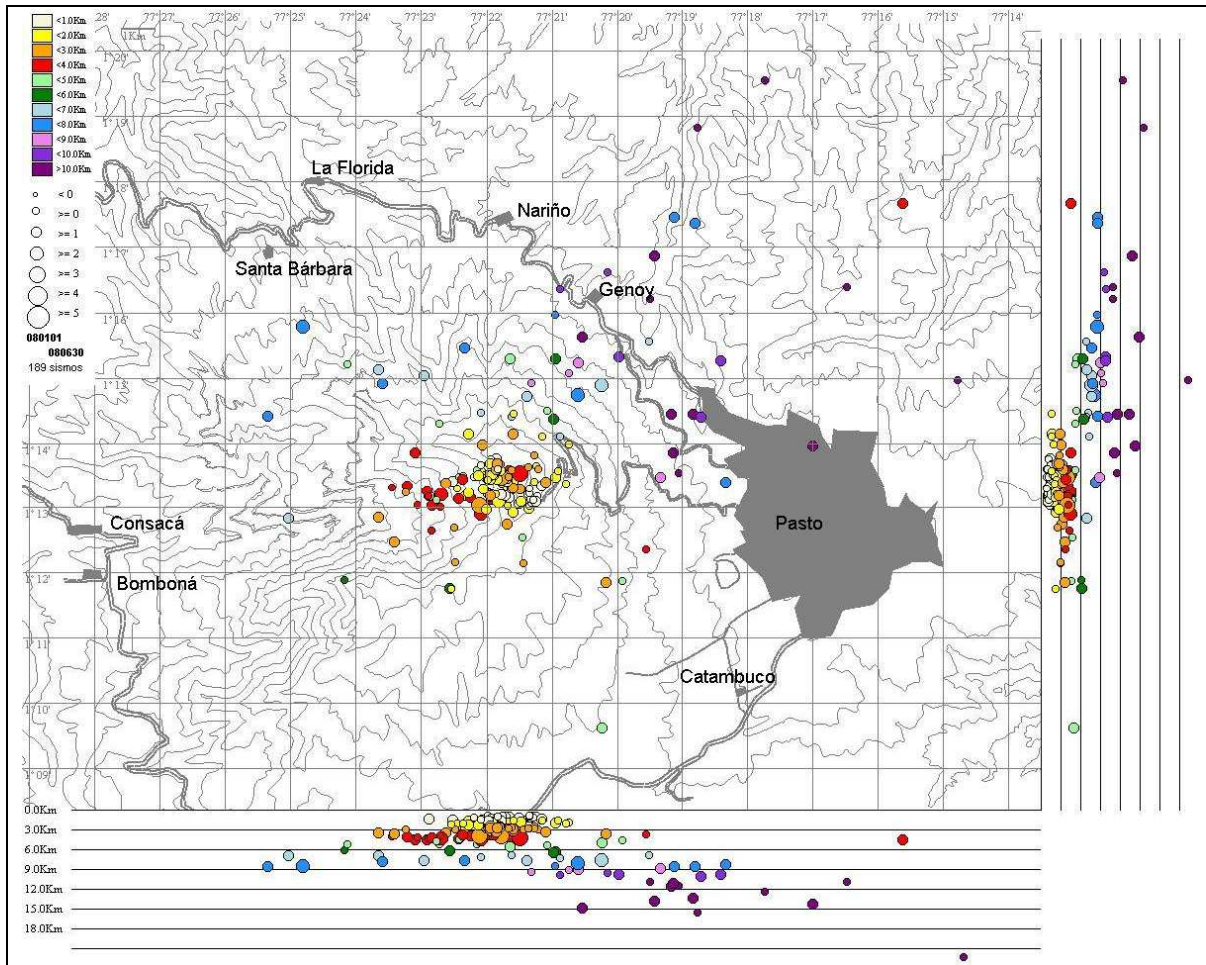


Figura 2.7. Distribución de sismos VT en la zona de influencia de Galeras. Enero a junio de 2008. En los cortes norte-sur (derecha) y este-oeste (abajo) cada división equivale a 3 Km.

En informes anteriores de Galeras se ha mencionado la importancia de la ocurrencia de los eventos tipo Tornillo (TOR) ya que antecedieron cinco de las seis erupciones entre 1992 y 1993, al igual que cuatro de las cinco erupciones ocurridas entre 2004 y 2006; el seguimiento de las características de estos eventos como son sus frecuencias, duración y recurrencia en el tiempo, en combinación con otros parámetros de la vigilancia, proporcionan información sobre las condiciones de los fluidos al interior del sistema volcánico, del material sólido que forma el edificio volcánico, especialmente del 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).

Previo a la erupción se registraron 6 eventos tipo TOR, entre las 8:05 a.m. del 16 de enero y las 10:07 a.m. del 17 de enero de 2008, mostrando sus frecuencias menores de 3 Hz un comportamiento claramente descendente y sus duraciones en general mostraron un comportamiento ascendente (Figuras 2.8 y 2.9). También cabe destacar que dentro del periodo de ocurrencia del enjambre de marzo, se registraron 5 eventos tipo TOR. En la tabla 2.5 se consignan las características de los eventos tipo TOR que antecedieron la erupción y también las de aquellos registrados dentro del enjambre de marzo.

Tabla 2.5. Características de los eventos tipo TOR en la estación Anganoy. Enero y marzo de 2008.

Evento	Fecha	Hora Local	Duración (s)	Velocidad ( $\mu\text{m/s}$ )	Frecuencia Dom. (Hz)	Frec. < 3Hz
TOR	16-ene-08	08:05 am	75	9,48	2,81	2,81
TOR	16-ene-08	09:17 pm	38	5,81	9,86	1,80
TOR	17-ene-08	02:47 am	50	9,78	9,76	1,49
TOR	17-ene-08	04:06 am	105	11,01	10,04	1,41
TOR	17-ene-08	09:14 am	104	7,03	7,05	1,19
TOR	17-ene-08	10:07 am	53	5,50	9,74	1,17
TOR	16-mar-08	03:53 pm	105	1,03	0,98	0,98
TOR	17-mar-08	01:59 pm	32	1,67	5,44	-
TOR	17-mar-08	02:09 pm	35	3,24	5,43	-
TOR	17-mar-08	05:38 pm	70	1,34	0,93	0,93
TOR	18-mar-08	02:43 am	50	1,03	0,95	0,95

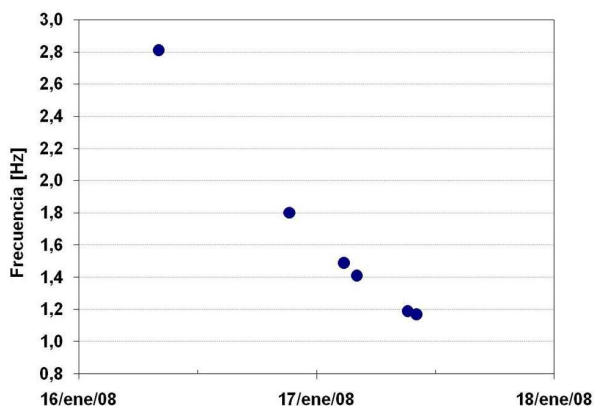


Figura 2.8. Comportamiento de la frecuencia menor de 3 Hz de los TOR previos a la erupción de enero 17.

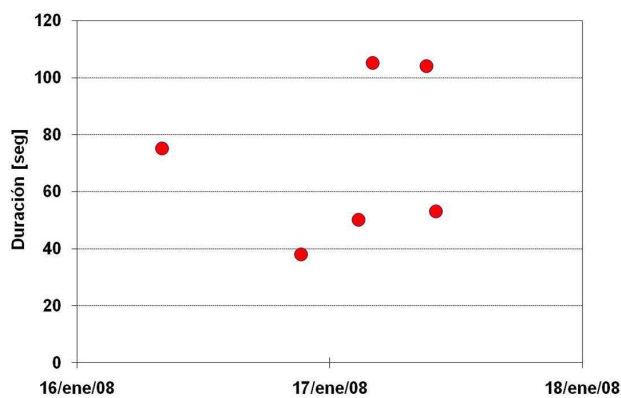


Figura 2.9. Comportamiento de la duración de los TOR previos a la erupción de enero 17.

La primera manifestación de la erupción explosiva de enero 17 de 2008, fue una señal sísmica registrada por la red de Galeras (Figura 2.10), seguida por un resplandor, la onda de choque, con efecto acústico y vibratorio, que se reportó percibida en la ciudad de Pasto y muchas de las poblaciones alrededor del volcán, luego siguió una columna eruptiva con proyección balística de bloques, bombas y material rocoso de diferentes tamaños, incandescentes, en medio de relámpagos producidos por la fricción del material eyectado. La señal sísmica saturó en todas las estaciones de corto período, con excepción de la estación de Calabozo (6,7 Km W del cráter). La componente vertical de la estación de banda ancha Cufiño (1,9 Km E del cráter), registró una amplitud máxima pico-pico de 1'800.000 nm/s, con un desplazamiento reducido de ondas de cuerpo de 44 cm<sup>2</sup> y de 215 cm<sup>2</sup> en la parte inicial de la señal.

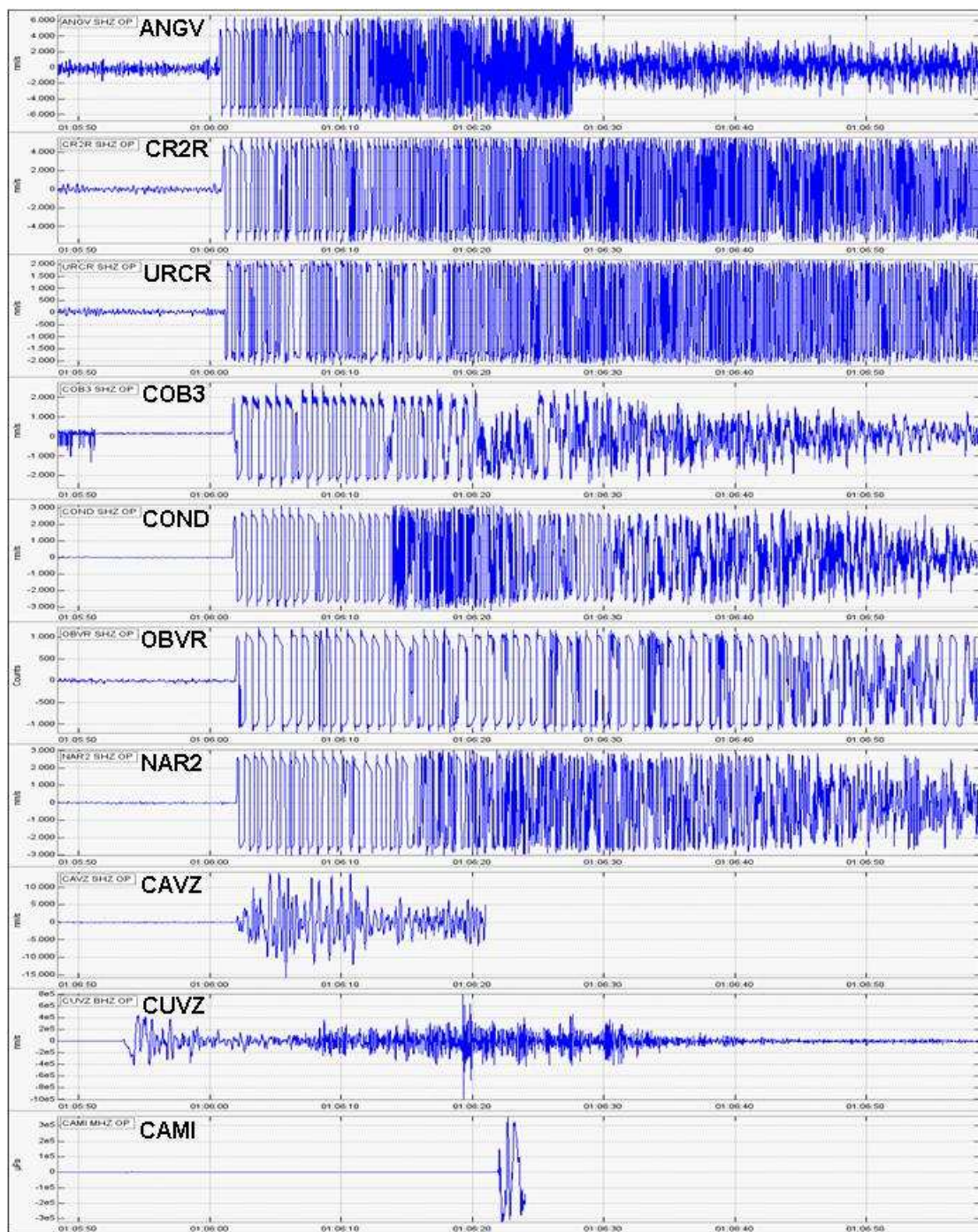


Figura 2.10. Registro sísmico de la erupción de enero 17 de 2008, a las 8:06 p.m. en las estaciones de corto periodo Anganoy, Cráter-2, Urcunina, Cobanegra, Cóndor, Obonuco, Nariño y Calabozo, en la estación de banda ancha Cufiño y registro acústico en la estación CAMI.

A los pocos segundos de comenzar la erupción (aproximadamente 25 s), se perdió la señal de la estación de corto periodo Anganoy (0,9 E del cráter), debido a que fragmentos de roca destruyeron los equipos de transmisión, por lo cual se utilizó la estación Cráter-2 (1,5 Km S del cráter) de corto



periodo como base de clasificación, en la cual se observó que el registro sísmico de la primera parte de la erupción se prolongó aproximadamente por diez minutos, luego de lo cual el nivel energético del proceso comenzó a descender y seguidamente comenzó la ocurrencia de un enjambre de eventos LP asociados con la liberación de los gases magmáticos que se encontraban presurizados y atrapados dentro del sistema volcánico por el sello que ejercía el remanente del domo de lava emplazado en el fondo del cráter principal, que fue volado en parte por la explosión y la consecuente emisión de material (Figura 2.11).

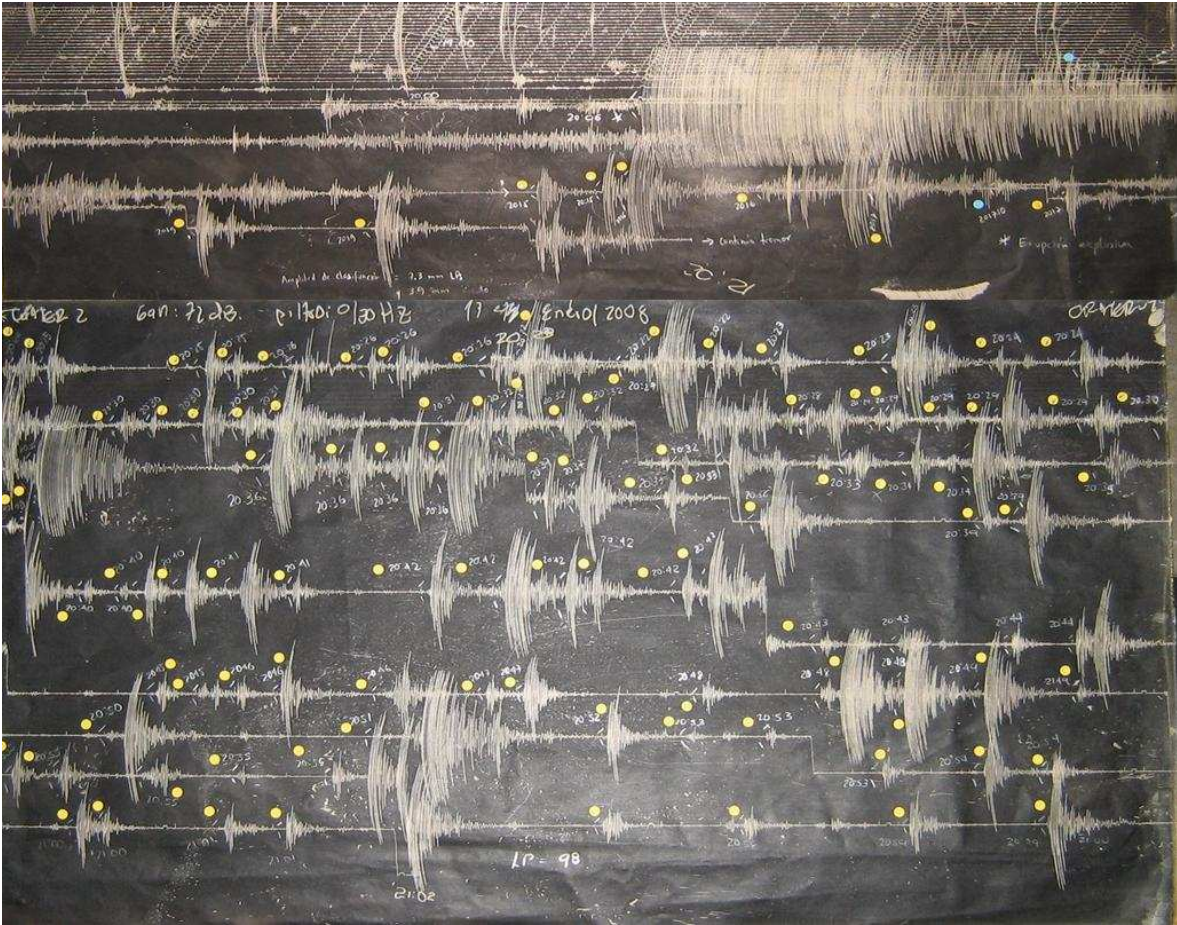


Figura 2.11. Registro analógico de la estación Cráter-2 (1,5 Km S de cráter). La señal saturada (arriba) corresponde a la erupción explosiva y los puntos amarillos resaltan los eventos tipo LP ocurridos después del episodio eruptivo.

Comparando la erupción del 17 de enero de 2008 (1800  $\mu\text{m/s}$  en la estación Cufiño) con eventos eruptivos ocurridos en Galeras desde 2004, su nivel energético no supera los niveles de las erupciones de agosto 12 y noviembre 21 de 2004, pero si es mayor que los alcanzados durante los procesos eruptivos de agosto 11 de 2004, noviembre 24 de 2005 y julio 12 de 2006.

La actividad sísmica más intensa se presentó entre las 8:06 p.m. de enero 17 y las 4:00 a.m. de enero 18, con un promedio aproximado de 100 eventos/hora. Seguidamente, tanto la ocurrencia como la energía liberada de eventos comenzó a disminuir paulatinamente, mostrando un promedio de ocurrencia de unos 46 eventos/hora entre las 4:00 a.m. del 18 y 2:00 a.m. del 19 de enero.

Posteriormente, la sismicidad volvió a los niveles bajos e incluso menores tanto en ocurrencia como en energía liberada que se venían presentando antes de la erupción (Figura 2.12).

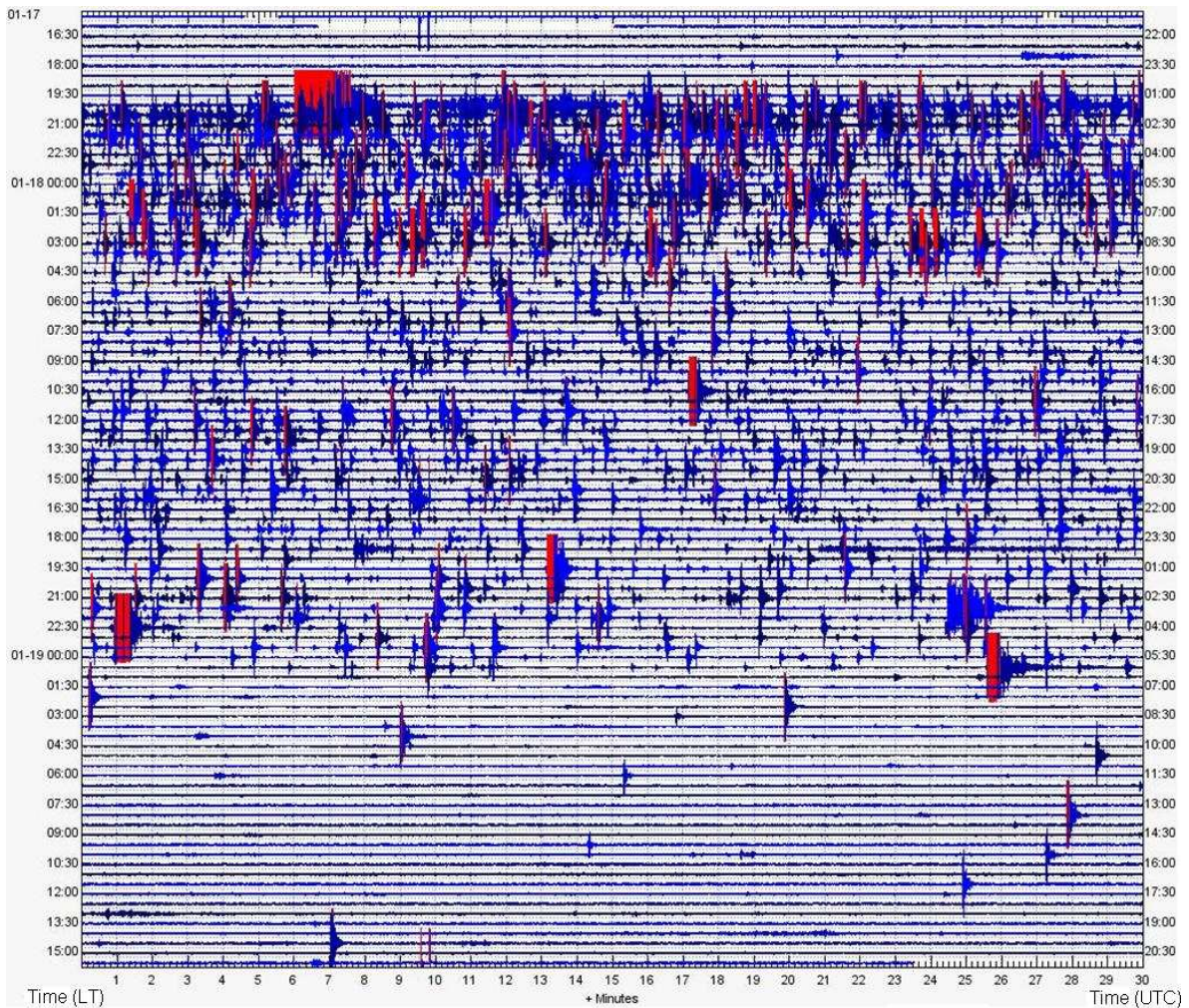


Figura 2.12. Registro digital en el programa SWARM de la estación Cráter-2 (1,5 Km S de cráter), desde las 4:30 p.m. del día 17 de enero hasta las 3:00 p.m. del día 19 de enero.

## 2.3 GEOLOGIA

La erupción de enero 17 de 2008, a las 8:06 p.m., arrojó cenizas, bloques y bombas incandescentes, estas dos últimas de tamaño centimétrico a métrico (Figura 2.13, 2.14 y 2.15). De acuerdo con los datos del National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), con los reportes de caída de ceniza de diferentes sectores de la zona de influencia de Galeras y de comisiones de reconocimiento en campo se dedujo una dispersión de la ceniza por la dirección de los vientos, inicialmente hacia el SW y luego hacia el W del volcán (Figura 2.17).



Figura 2.13. Bomba corteza de pan, con diámetro de 1 m, lanzada balísticamente durante la erupción de enero 17, depositada en el borde oriental de la caldera a unos 2 Km de distancia del cráter principal.

Los reportes de caída de cenizas se obtuvieron desde los sectores de: Cariaco (11 Km del cráter), Churupamba (8,4 Km), Consacá (12 Km), Bomboná (12 Km), Sapuyes (43 Km), Piedrancha (32 Km) y Ricaurte (70 Km). La depositación de las cenizas más finas alcanzó una distancia de 71 Km al W de Galeras (Ricaurte).

En cercanías del cráter, se encontraron bloques y bombas lanzados durante la erupción con dimensiones máximas de 1 m de diámetro, pero también se encontró evidencias de bombas de mayores dimensiones, que hasta 2 Km de distancia del cono activo, formaron cráteres de impacto de 4 m de diámetro en promedio.



Figura 2.14. Bombas corteza de pan y bloques arrojados durante la erupción de enero 17 de 2008 a las 08:06 p.m. Muestras colectadas por personal del Ejército Nacional de Colombia, cerca de la estación de policía Galeras.



Figura 2.15. Fotografías de las cenizas de caída depositadas sobre la vía circunvalar en el sector de Bomboná (Consacá) al occidente del volcán.

Se resalta un cráter de impacto encontrado aproximadamente a 1,5 Km hacia el S del cono volcánico, que alcanzó una profundidad cercana a los 5 m y diámetro de 15 m, lo que sugiere que el bloque que lo originó probablemente tenía 5 m de diámetro (Figura 2.16). En esta zona se encontraron fragmentos pero no el bloque completo ya que se desintegró con el impacto. A partir de las fotografías aéreas tomadas en el sobrevuelo, se observó la presencia de varios cráteres de impacto asociados a la salida de bloques de tamaño considerable que alcanzaron este costado del edificio volcánico.

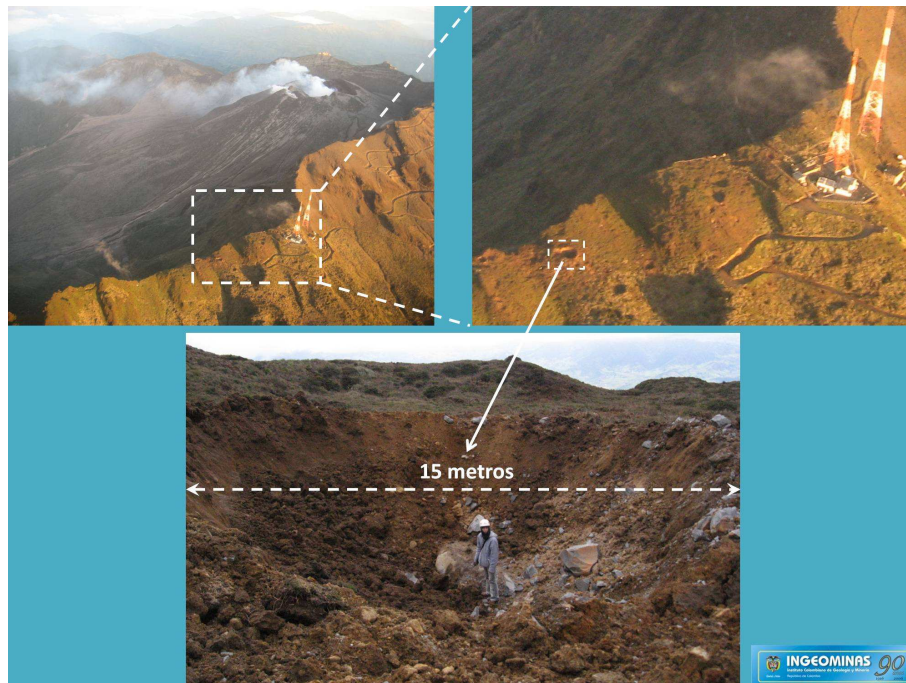


Figura 2.16. Detalles del cráter de impacto de roca de mayor dimensión, producido por la erupción de enero 17 de 2008, hacia el sector sur de la cima del volcán.

Una evaluación preliminar de los depósitos generados en la erupción permitió totalizar un volumen de 868.677 m<sup>3</sup>, correspondiente a 352.385 m<sup>3</sup> emitidos como ceniza y 516.292 m<sup>3</sup> como bloques proyectados balísticamente alrededor de la cima. La figura 2.17, correspondiente al mapa de isópacas, muestra la dirección de dispersión de la ceniza emitida y la variación del espesor de depositación de la misma de acuerdo con su distancia al cráter de Galeras. A partir de este mapa se realizó el cálculo del volumen (mínimo), emitido durante la erupción. La Figura 2.18, correspondiente al mapa de isópletas, evalúa la variación del tamaño máximo de fragmentos emitidos con respecto a la distancia, notándose que el material correspondiente a tamaño bloque se concentra hacia las partes altas del volcán a distancias de hasta 2 km, mientras que el material más fino es distribuido según la dirección de dispersión hasta 71 km de distancia.

El análisis bajo lupa binocular, de las muestras colectadas en la zona de dispersión de los piroclastos, permitió identificar el material emitido como ceniza (y lapilli) lítica a lítica cristalina y vítreo cristalina; la variación en la composición se da a medida que la ceniza es de tamaño más fino (Figura 2.19).

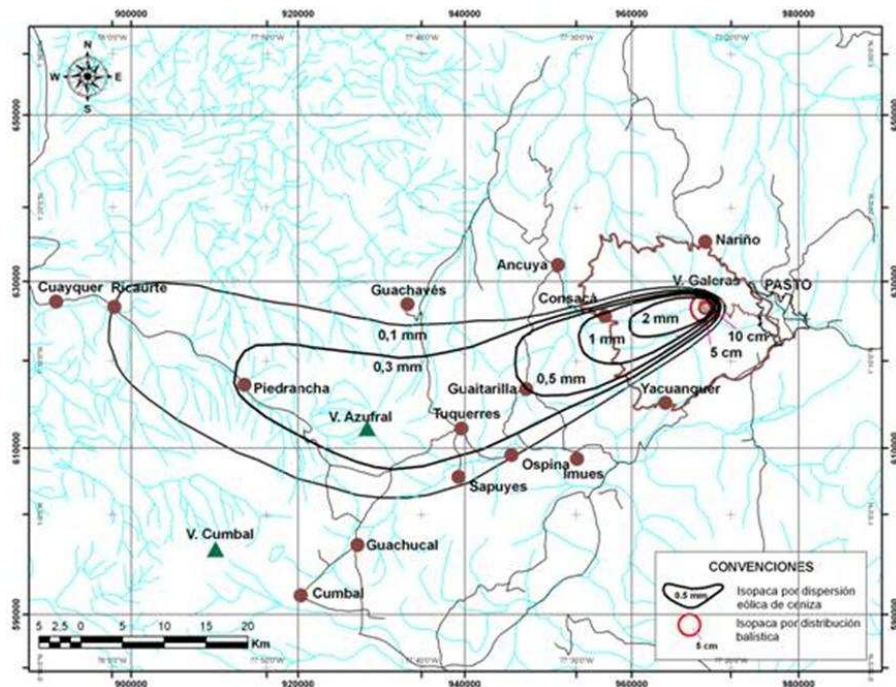


Figura 2.17. Mapa de distribución eólica de las cenizas producidas en la erupción de enero 17 de 2008, de acuerdo con las inspecciones en campo por personal de INGEOMINAS. Las isopacas de dispersión eólica están en mm y las de dispersión balística en cm.

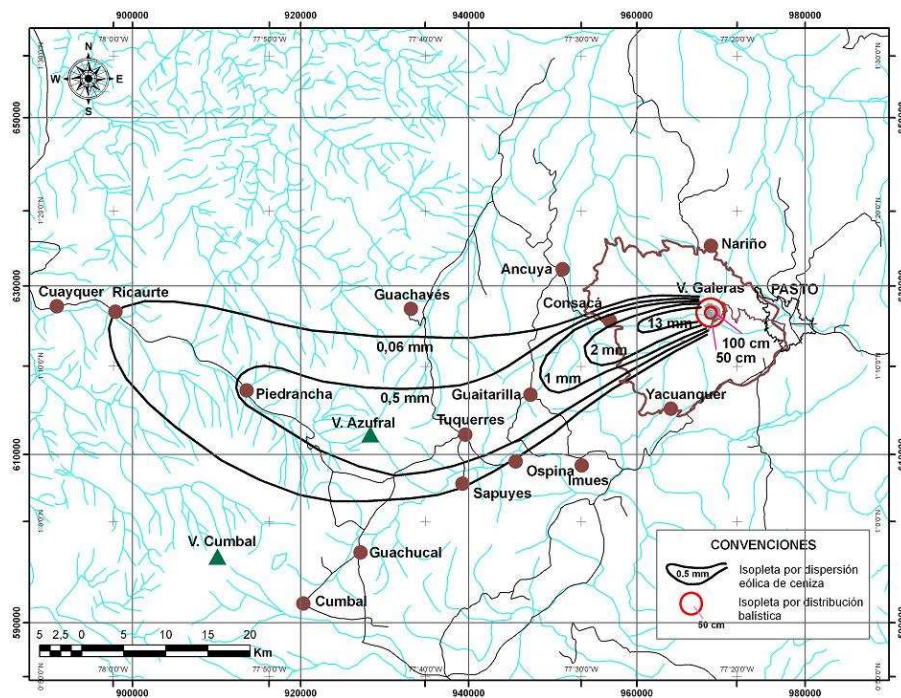


Figura 2.18. Mapa de distribución de piroclastos de caída generados en la erupción del 17 de enero de 2008, de acuerdo con las inspecciones en el campo, por parte de personal de INGEOMINAS. Las isopletas de dispersión eólica están en mm y las de dispersión balística en cm.



Figura 2.19. Muestras de ceniza de la erupción del 17 de enero de 2008, colectadas en diferentes poblaciones del Departamento de Nariño, en las que se aprecia la variación del tamaño, de acuerdo con la distancia al cráter y dirección de dispersión de la ceniza. Los patrones de tamaños de granos son tomados de la tabla de Exploration Logging

A continuación se resume las características de cada uno de los tamaños analizados:

- **Lapilli:** Correspondiente en su totalidad a fragmentos líticos angulares, la mayoría de ellos con algo de vesiculación, de color gris claro a gris oscuro. Estos fragmentos son muy vítreos y presentan fenocristales (Plagioclasa, Piroxeno y en menor cantidad Anfíbol y Cuarzo) en un porcentaje que varía aproximadamente del 3% a 25%, estos últimos en los fragmentos más oscuros.
- **Ceniza Gruesa a muy gruesa:** Compuesta en un 90% por líticos vítreos como los descritos anteriormente, aunque los fragmentos con vesículas disminuyen. Adicionalmente se encuentran fragmentos de color gris muy claro a blanco, vítreos con textura sacaroidea, que podrían corresponder a fragmentos del interior de las bombas. El 4% de la muestra la constituyen fragmentos líticos alterados, entre ellos masivos de color ladrillo, porfíricos finos de color rosado y grises rojizos (oxidación) muy vítreos. El 6% corresponde a cristales anhedrales a subhedrales,

predominando la Plagioclasa. Son comunes los Piroxenos y ocasionales Anfíboles, Cuarzo y Magnetita.

- **Ceniza media:** La composición de esta fracción es similar a las anteriores pero disminuye el porcentaje de líticos grises a un 45% aproximadamente, mientras que los líticos alterados se mantienen en un 5 % y los cristales alcanzan un 55% aproximadamente. Al igual que la fracción anterior los cristales predominantes son de Plagioclasa. Los Piroxenos son comunes, de color verdoso, anhedrales, Anfíboles escasos y ocasionalmente se encuentra Cuarzo y Magnetita.
- **Ceniza fina:** Predominan los cristales, alcanzando un 75% de la fracción, aumenta levemente el contenido de líticos alterados a un 10%, y el 20% restante está constituido por fragmentos líticos vítreos y vidrio.
- **Ceniza muy fina:** Esta constituida en casi su totalidad por vidrio (90%), 5% por líticos y 5% por cristales.

Por otra parte, el material emitido alrededor del volcán como proyectiles balísticos, de tamaño mayor e identificado en campo, correspondió a bloques y bombas de composición andesítica, con diámetros de pocos centímetros a 1 m; las bombas tienen estructura corteza de pan y coliflor, generalmente de color gris claro, presentan una corteza vítrea, no vesiculada con un contenido de cristales de 10% promedio, de Plagioclasa, Piroxenos y ocasionales Anfíboles. El interior de las bombas es de color más claro, vítreas microvesiculadas con textura sacaroidea, presenta cristales finos a medios de Plagioclasa, Piroxenos, ocasionales Anfíboles y gran cantidad de microcristales de opacos. El vidrio es translúcido a blanco. En algunas de las bombas se observan Xenolitos afaníticos de color gris verdoso y gris claro, vítreos de textura sacaroidea.

Otro tipo de bloque común, es de color gris oscuro a negro, porfirítico fino a medio, con contenido en fenocristales que varía entre el 30 y 40%, principalmente de Plagioclasas subhedrales a euhedrales, algunas de las cuales se observan zonadas, de Plagioclasa, Piroxenos y en menor cantidad Anfíboles. La matriz es vítrea, de color negro, ocasionalmente se puede observar el vidrio de color translúcido. En general, las muestras presentan vesiculación, media a baja. Algunos de estos bloques presentan una delgada película de material rojizo, y ocasionalmente minerales secundarios (no identificables a nivel de lupa), de color blanco amarillento.

Del análisis preliminar del material emitido por la erupción de enero 17 de 2008, se concluye que aproximadamente el 20% corresponde a material accidental y el 80 % correspondería a material juvenil, parte del cual se encontraba en proceso de cristalización, pero debido a la rapidez del evento eruptivo, evidenciado además por las señales sísmicas, el proceso de cristalización quedó incompleto y presenta una matriz vítrea. La otra parte del material juvenil, debido al rápido ascenso del magma, es esencialmente vítreo con un bajo grado de cristalización.

## 2.4 DEFORMACION

En el primer semestre de 2008, se contó con los datos de tres inclinómetros electrónicos telemétricos y se ocupó 12 de los 14 Vectores de Nivelación (VN) (Figura 2.20).

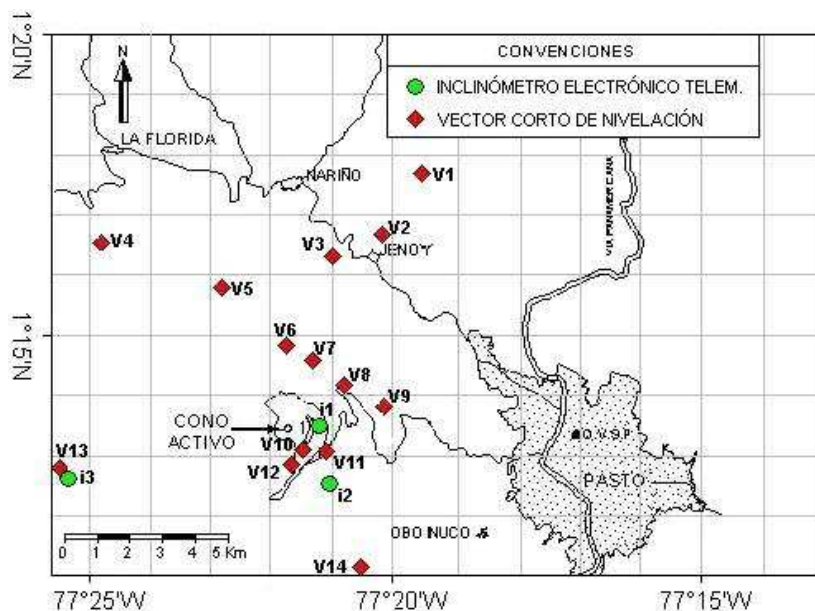


Figura 2.20. Red de vigilancia en Deformación del Volcán Galeras. Inclínómetros electrónicos: i1: Cráter, i2: Peladitos, i3: Calabozo. Vectores cortos de nivelación: V1: Puyito, V2: Lindero, V3: Chorrillo, V4: Chacaguaico, V5: Barranco, V6: Chiguaco, V7: Popeye, V8: Piedras, V9: La Mica, V10: La Y, V11: Inclínómetro, V12: Telecom, V13: La Quebrada, V14: Cobanegra.

### 2.4.1 Inclínómetros Electrónicos

En términos generales, en el primer semestre de 2008, después de la erupción se notó que los inclinómetros mostraron fluctuaciones menores que evidenciaron cambios mínimos en sus componentes. Las mayores variaciones se registraron en la estación de inclinometría electrónica Peladitos. En mayo 24 se cambió las tarjetas digitalizadoras en campo, en las estaciones de inclinometría Cráter y Peladitos, lo cual conllevó a que desaparecieran algunos picos de origen electrónico que afectaban las señales y éstas se limpiaran un poco. Para efectos de análisis del antes y después de la erupción, se tomó la información de los inclinómetros entre julio de 2007 y junio de 2008.

Antes de la erupción de enero 17 de 2008 la tendencia general de las dos componentes del inclinómetro Cráter (0,9 Km al ENE del cráter principal) fue ascendente, con variación total de 71  $\mu$ rad en la tangencial y de 35  $\mu$ rad en la radial (Figura 2.21). Después de la erupción ambas componentes mostraron tendencias levemente descendentes con cambios mínimos en los que se nota la influencia de la temperatura, la variación fue de 9  $\mu$ rad para la tangencial y 13  $\mu$ rad para la radial (Figura 2.21).



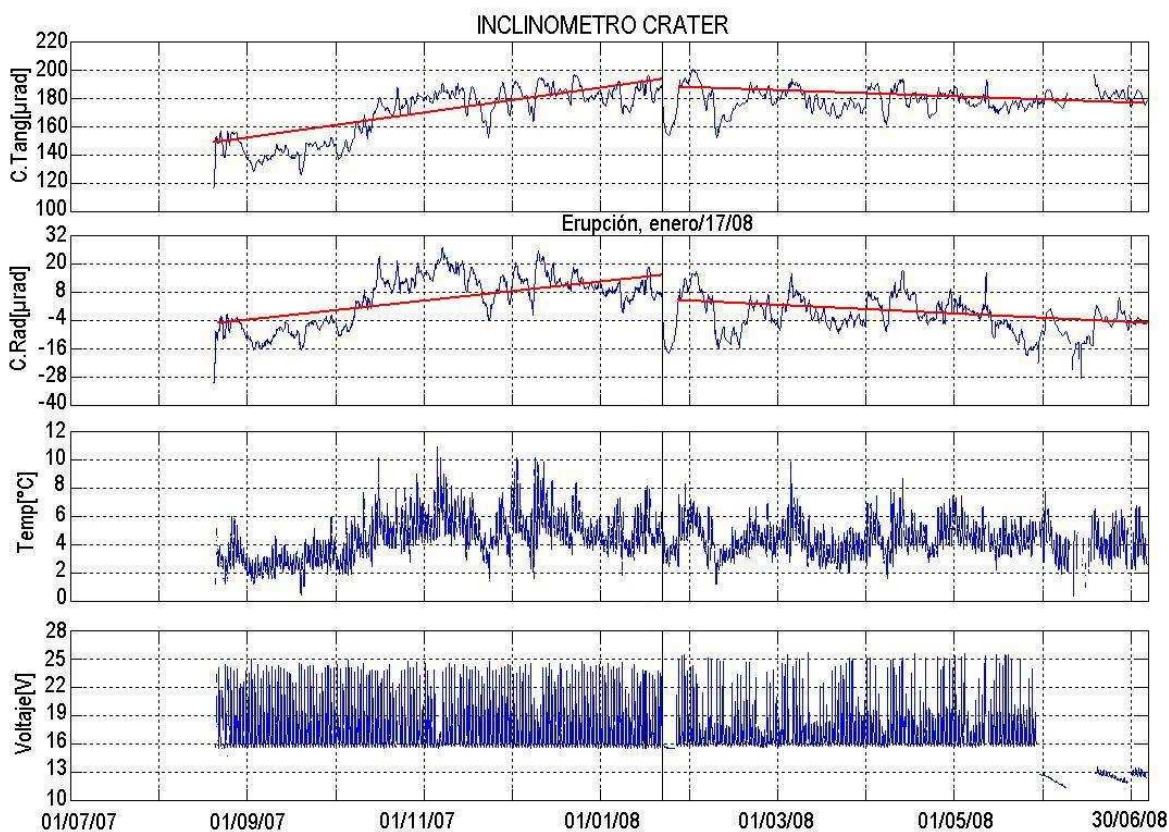


Figura 2.21. Comportamiento de las componentes del inclinómetro Cráter. Julio de 2007 a junio de 2008.

Para el inclinómetro Peladitos (1,4 Km al SE del cráter principal) se observó antes de la erupción tendencias contrarias en sus dos componentes, de tal forma que su componente tangencial mostró descenso, ascenso y estabilidad y la componente radial mostró ascenso, descenso y estabilidad aunque menos notorias (Figura 2.22). Las variaciones totales para la tangencial fueron de 36  $\mu\text{rad}$  en descenso y de 26  $\mu\text{rad}$  en ascenso (Figura 2.22); y para la radial las variaciones totales fueron de 5  $\mu\text{rad}$  en ascenso y 10  $\mu\text{rad}$  en descenso (Figura 2.22). Es de anotar que en enero 17 y posiblemente asociado con la erupción explosiva de Galeras, las componentes de Peladitos mostraron un salto que fue de 6  $\mu\text{rad}$  en la tangencial y de 19  $\mu\text{rad}$  en la radial (Figura 2.22), dicho salto no cambió la tendencia que las componentes tenían en el momento, pero si cambió la línea de valores de medición.

Después de la erupción los cambios en las componentes de Peladitos fueron mínimos y finalmente entre mayo 26 y junio 30, el inclinómetro mostró una tendencia claramente ascendente en sus dos componentes, registrando variaciones de 31  $\mu\text{rad}$  para la componente tangencial y de 12  $\mu\text{rad}$  para la componente radial (Figura 2.22).

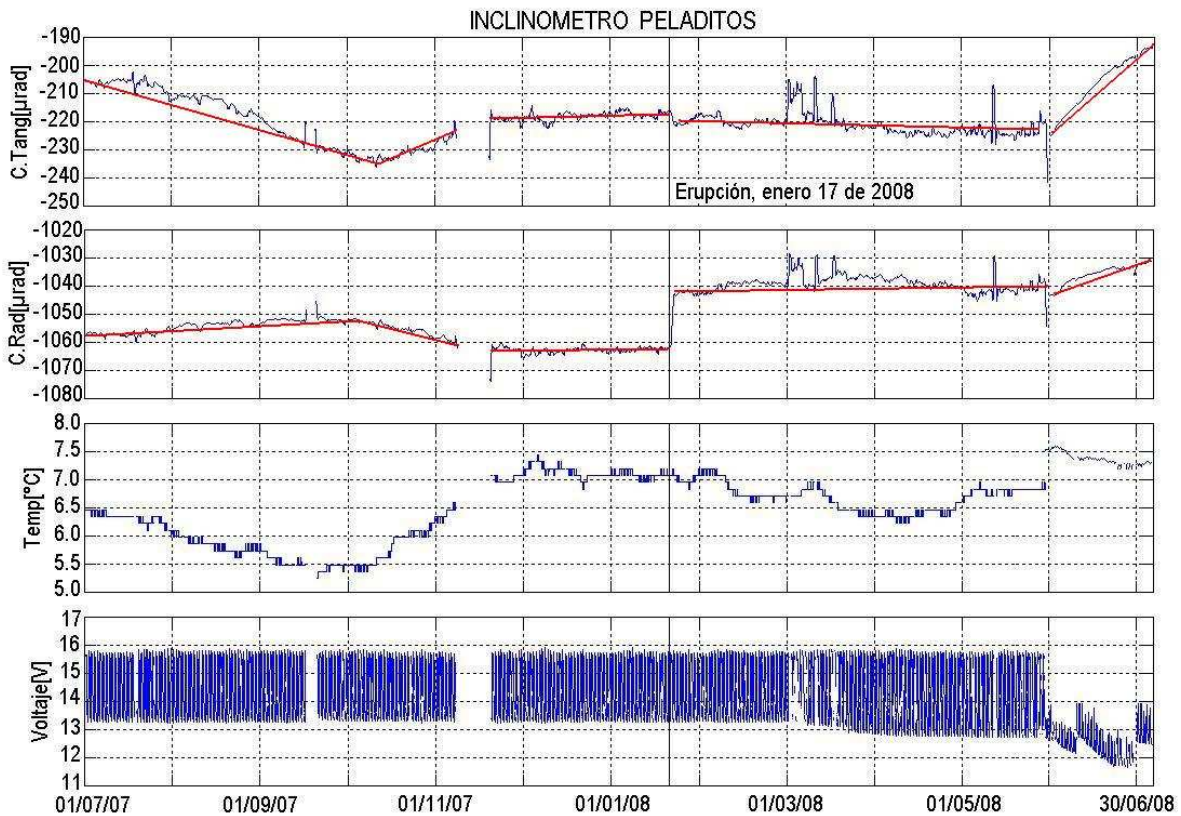


Figura 2.22. Comportamiento de las componentes del inclinómetro Peladitos. Julio de 2007 a junio de 2008.

Finalmente, analizando el comportamiento de Calabozo (7 Km al WSW del cráter principal), antes de la erupción se observa que mostró cambios fuertes en su componente tangencial, primero con una tendencia ascendente con una variación de  $96 \mu\text{rad}$  y luego con tendencia descendente, con una variación de  $102 \mu\text{rad}$  (Figura 2.23). En cambio la componente radial primero mostró un comportamiento estable, con fluctuaciones mínimas y luego su tendencia fue descendente con una variación total de  $78 \mu\text{rad}$  (Figura 2.23). Cerca de dos meses antes de la erupción la tendencia de ambas componentes se volvió ligeramente descendente con variaciones menores de  $10 \mu\text{rad}$  (Figura 2.23).

Después de la erupción la tendencia de la componente tangencial siguió siendo descendente con cambios de  $23 \mu\text{rad}$  y la componente radial mostró cambios mínimos (Figura 2.23).

Se puede concluir que en el semestre anterior a la erupción se observó cambios importantes en las componentes de los inclinómetros electrónicos y que fue Calabozo el que registró las mayores variaciones. También se observó que semanas antes de la erupción los inclinómetros Calabozo y Peladitos mostraron un periodo con fluctuaciones mínimas que son debidas a los cambios de temperatura ambiental de la zona en donde están instalados.

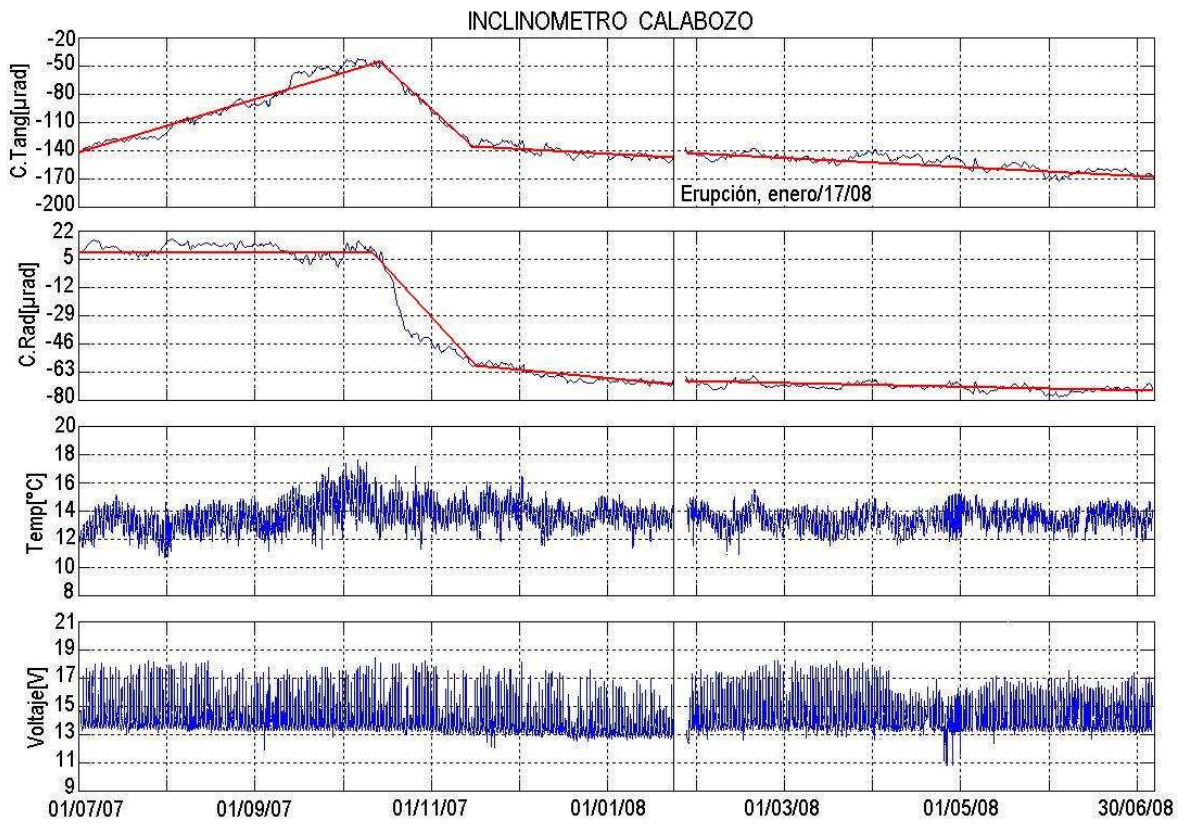


Figura 2.23. Comportamiento de las componentes del inclinómetro Calabozo. Julio de 2007 a junio de 2008.

## 2.4.2 Vectores de Nivelación

Para el primer semestre de 2008, se trató de ocupar al menos en dos ocasiones los vectores de nivelación (VN), lo cual se logró en la gran mayoría de ellos. Para interpretar la tendencia que muestran las gráficas es importante aclarar que un comportamiento ascendente en las gráficas de los VN indica una posible inflación de la zona y lo contrario una deflación del sector, en las figuras las fechas y los cuadros rojos asociados, indican las erupciones ocurridas entre junio de 2004 y junio de 2008. Las tendencias en las variaciones de los vectores se toman de manera muy general y en algunos de ellos no son muy notorias, por lo cual se trazaron líneas entre dos datos de referencia, en cambio otros vectores no muestran tendencias definidas, sino solamente fluctuaciones en sus valores.

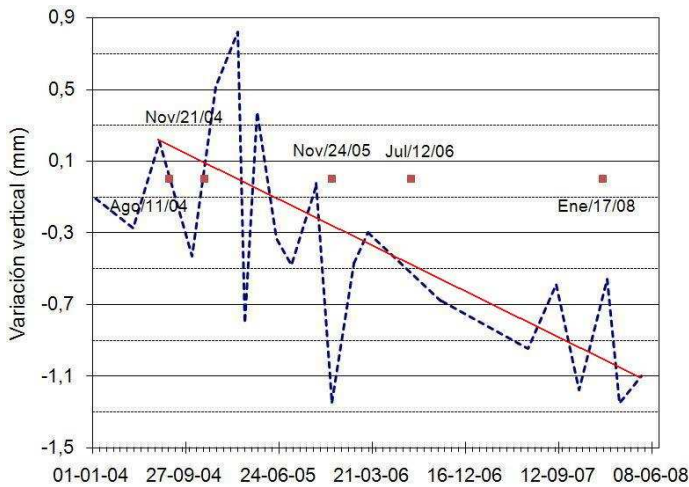


Figura 2.24. Vector de nivelación Barranco

En el sector norte del volcán están materializados los vectores: Chorrillo, Lindero, Puyito, Barranco y Chacaguaico. Lindero tiene dirección tangencial al cráter y los restantes son radiales.

El VN Barranco fue ocupado en tres ocasiones durante el primer semestre de 2008, con una variación máxima de 0,7 mm (Figura 2.24). En general se observa que éste vector ha mantenido una tendencia descendente desde el inicio del actual periodo eruptivo de Galeras (Figura 2.24).

En el VN Chorrillo se hizo tres medidas, con una variación máxima de 0,6 mm (Figura 2.25). Lindero también fue ocupado en tres ocasiones, con una variación máxima de 0,3 mm; nótese que la tendencia general de éste vector es descendente desde finales de 2004 (Figura 2.26).

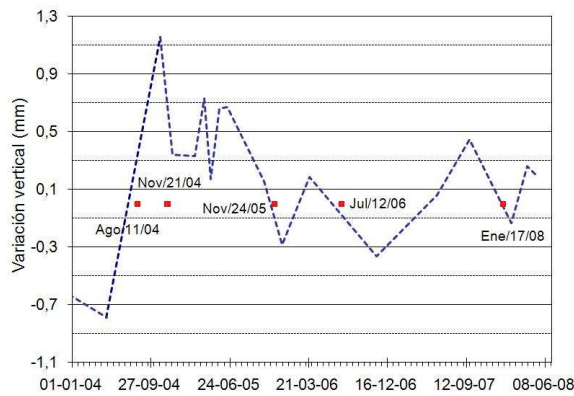


Figura 2.25. Vector de nivelación Chorrillo

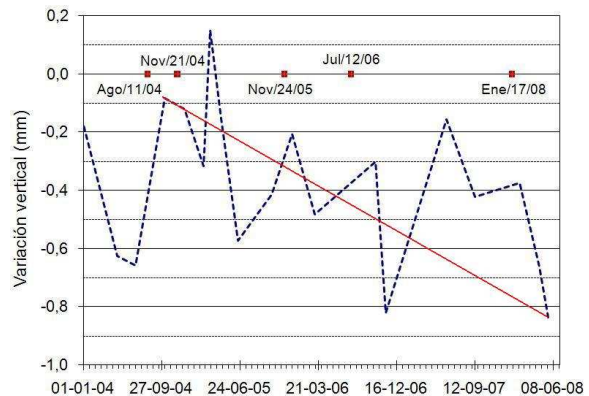


Figura 2.26. Vector de nivelación Lindero

La máxima variación de las tres medidas realizadas en el vector Puyito fue de 0,5 mm, y en general su tendencia fue descendente desde finales de 2005 (Figura 2.27). Chacaguaico solamente se ocupó en dos ocasiones con una variación mínima entre las dos medidas, la cual fue de 0,02 mm, (Figura 2.28).

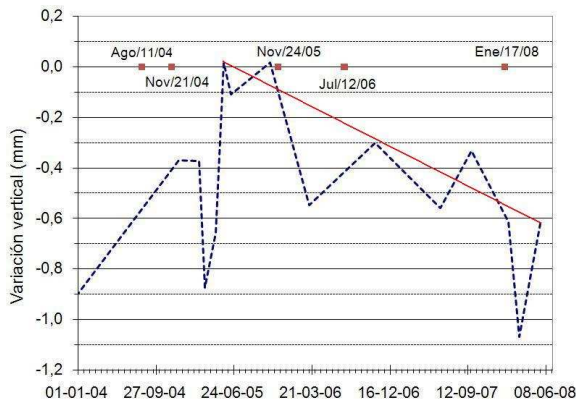


Figura 2.27. Vector de nivelación Puyito

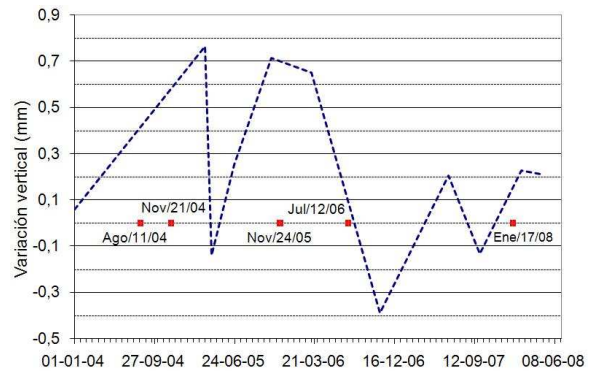


Figura 2.28. Vector de nivelación Chacaguaico

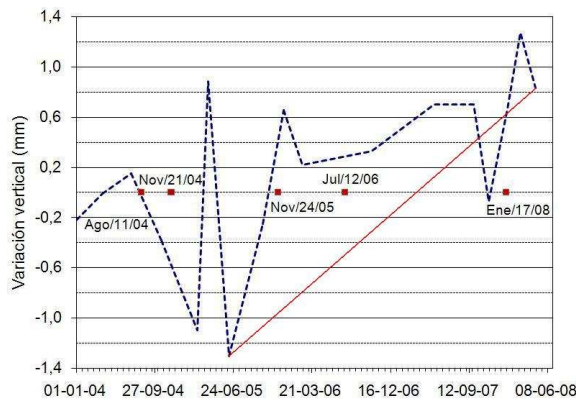


Figura 2.29. Vector de nivelación Telecom

En el sector sur se encuentran materializados los vectores radiales Telecom, La Y y Cobanegra, los cuales fueron ocupados en tres ocasiones.

La variación máxima de Telecom fue 0,6 mm y en general mantuvo la tendencia ascendente que traía desde 2005 (Figura 2.29). En el VN La Y la variación máxima fue de 0,3 mm y su tendencia general ha sido descendente desde finales de 2004 (Figura 2.30). La variación máxima de Cobanegra fue de 0,9 mm (Figura 2.31)

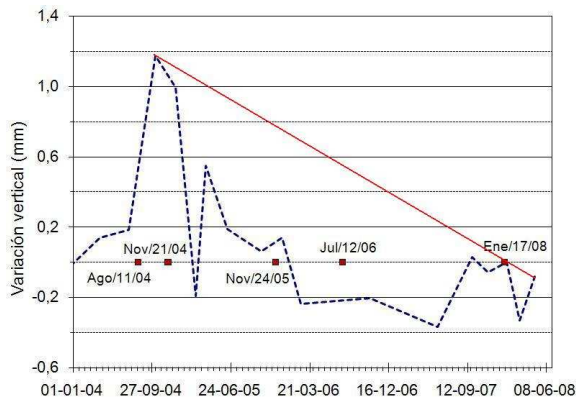


Figura 2.30. Vector de nivelación La Y

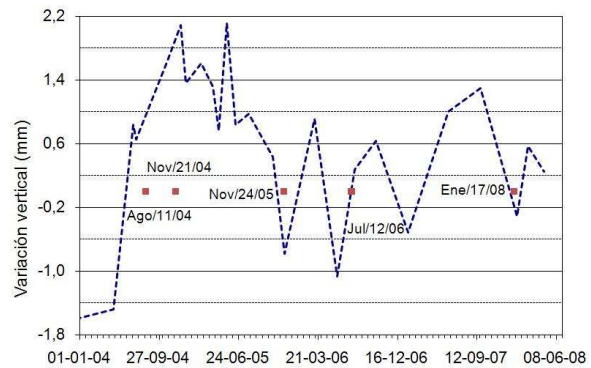


Figura 2.31. Vector de nivelación Cobanegra

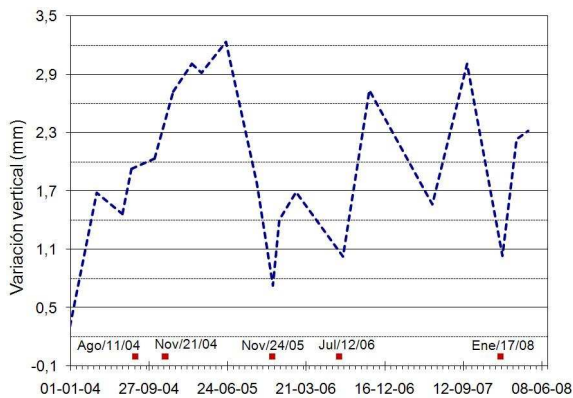


Figura 2.32. Vector de nivelación El Inclínometro

El vector tangencial Piedras y los vectores radiales El Inclínometro y La Mica que cubren el sector oriental de Galeras, fueron ocupados en tres ocasiones durante este semestre.

La máxima variación del vector El Inclínometro fue de 1,2 mm (Figura 2.32). Para el vector Piedras la mayor variación fue de 0,1 mm y su tendencia general desde 2005 ha sido ascendente (Figura 2.33).

La Mica mostró una variación máxima de 1 mm y su tendencia general fue ascendente desde finales de 2005 (Figura 2.34).

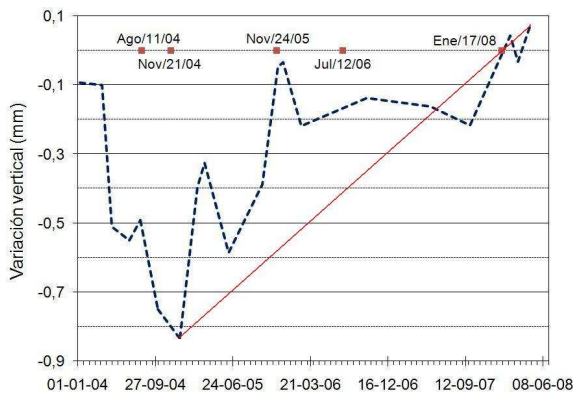


Figura 2.33. Vector de nivelación Las Piedras

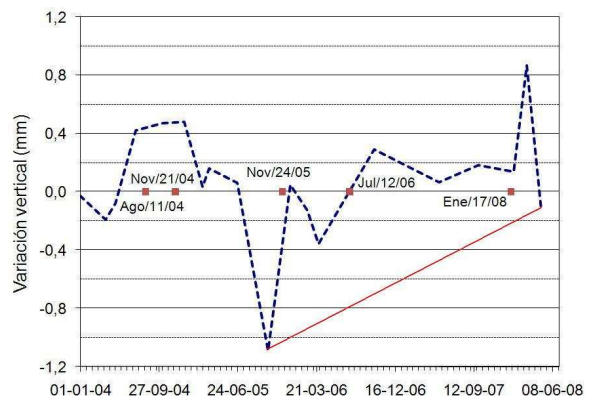


Figura 2.34. Vector de nivelación La Mica

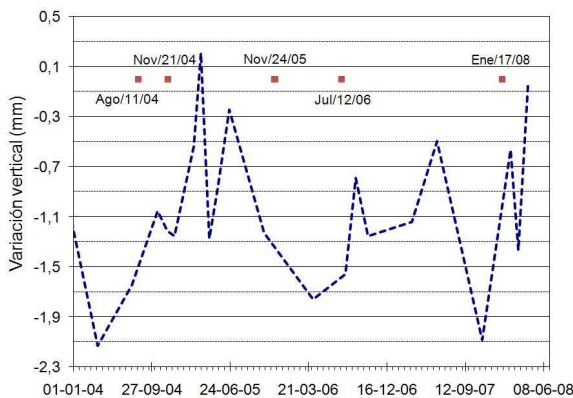


Figura 2.35. Vector de nivelación La Quebrada

Finalmente, en el sector occidental del volcán, el vector radial La Quebrada fue ocupado en tres ocasiones.

Su mayor variación fue de 1,3 mm, que también corresponde al mayor cambio medido en la red de vectores de nivelación. No ha tenido una tendencia marcada sino que ha mostrado fluctuaciones (Figura 2.35).

## 2.5 FISICOQUIMICA

Entre enero y junio de 2008, se midió el flujo de  $\text{SO}_2$  emitido por Galeras a la atmósfera y las emisiones de  $\text{Rn}_{222}$  en suelos. El  $\text{SO}_2$  fue medido mediante estaciones telemétricas permanentes tipo Scan-DOAS (Differential Optical Absorption Spectroscopy – Espectroscopía Óptica Diferencial de Absorción) gracias a la participación de INGEOMINAS en el Proyecto NOVAC (Network for Observation of Volcanic and Atmospheric Change), localizadas en el cuadrante noroccidental de Galeras (Figura 2.36). Para medir las emisiones de  $\text{Rn}_{222}$  en suelos se utilizó la red de 17 estaciones isotópicas (Figura 2.1) distribuidas en las Líneas Norte, Circunvalar y Galeras.

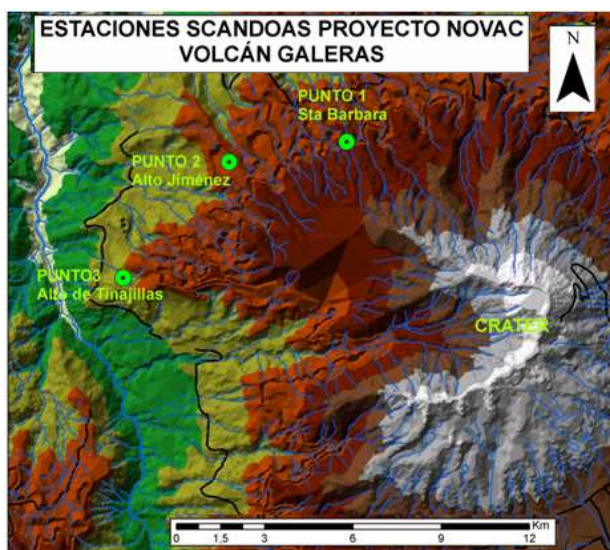


Figura 2.36. Mapa de localización de las estaciones telemétricas ScanDOAS en el Volcán Galeras.

El comportamiento de los valores de flujo de  $\text{SO}_2$  durante el primer semestre de 2008 se puede apreciar en la figura 2.37. Para calcular el flujo de  $\text{SO}_2$  se tiene en cuenta la velocidad y la dirección del viento, datos que se obtuvieron del IDEAM hasta el 25 de abril, día en el cual se reinstaló la estación climática en la cima. El rango de emisión de  $\text{SO}_2$  fluctuó entre 20 T/día y 14.409 T/día, cuyo máximo valor fue medido en junio 12 a las 8:10 a.m. con velocidad del viento de 10,8 m/s y con la columna dirigida hacia la estación de Santa Bárbara. En la gráfica se puede notar que entre enero y abril los valores son más bajos que los registrados entre mayo y junio, con rangos de variación entre 2 T/día y 1.308 T/día para los primeros cuatro meses y con un rango de variación entre 76 T/día y 14.409 T/día para los dos últimos meses (Figura 2.37). Cualitativamente estos valores pueden catalogarse entre muy bajos y muy altos. Los valores máximos diarios de emisión de  $\text{SO}_2$  registrados en el volcán Galeras durante el primer semestre de 2008 se consignan en el anexo 2.

Nótese que previo a la erupción explosiva de enero 17 de 2008 los valores de flujo de  $\text{SO}_2$  eran bajos con un rango de fluctuación entre 69 y 1.615 T/día y después continuaron de la misma forma, esto puede deberse a que antes de la erupción el sistema se encontraba sellado con un remanente del domo que se emplazó a inicios de 2006. Como la erupción ocurrió en las primeras horas de la noche, no fue posible medir la descarga de  $\text{SO}_2$  que siguió a la explosión, además los dos días siguientes a la erupción las estaciones no funcionaron por problemas de alimentación en campo,

pues la ceniza cubrió los paneles solares y finalmente fueron restablecidas el día 19. También es importante destacar que a inicios del mes de mayo se registró un aumento gradual y muy marcado en la descarga de  $\text{SO}_2$  a la atmósfera, aunque los niveles de ocurrencia sísmica de LP, VT e HIB permanecieron en niveles bajos, en cambio se mantuvo la ocurrencia diaria de episodios de tremor, algunos asociados con columnas de gases y vapor de agua que se pudieron ver desde la ciudad de Pasto y otros poblados de la zona de influencia de Galeras cuando las condiciones atmosféricas fueron favorables.

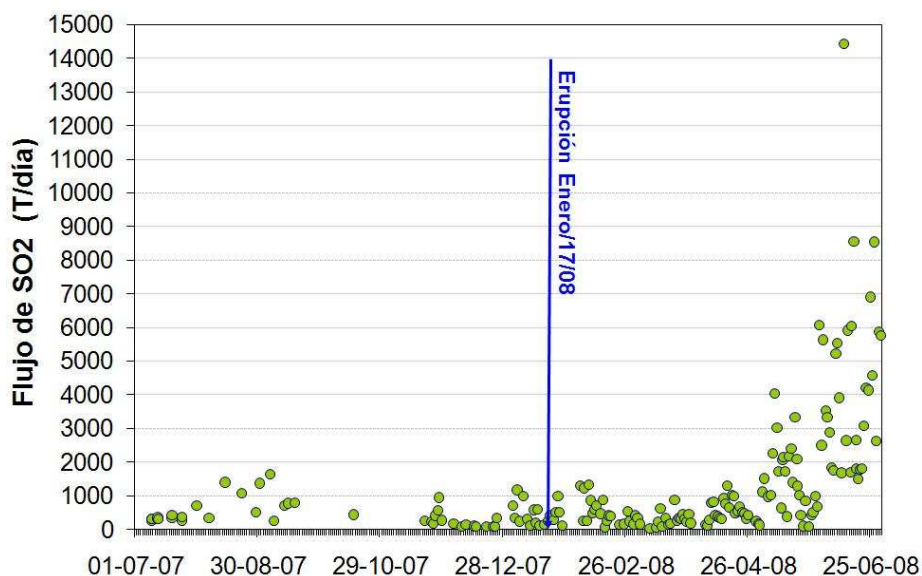


Figura 2.37. Flujo de  $\text{SO}_2$  de Galeras, medido con estaciones Scan-DOAS (NOVAC). Junio de 2007 a julio de 2008.

Las estaciones para monitoreo de gas Radón ( $\text{Rn}_{222}$ ) fueron instaladas a finales del mes de enero y los datos comenzaron a registrarse a inicios de febrero, inicialmente se contó con 17 estaciones, pero Barranco y San Juan 1 tuvieron que ser retiradas en el primer tercio del semestre, la primera por daño en la estación y la segunda por robo del sensor en dos ocasiones, por lo cual la mayor parte del semestre se contó con 15 estaciones, cuatro en la Línea Norte, cinco en la Línea Circunvalar y seis en la Línea Galeras.

Teniendo en cuenta todas las estaciones, las emisiones de  $\text{Rn}_{222}$  en suelos variaron entre 0 a 7.345 pCi/L, medidos respectivamente en las estaciones Cobanegra (L. Galeras) y Ancuya (L. Circunvalar) en marzo y junio. Ahora, si se tiene en cuenta cada línea en particular, se observó diferentes rangos de emisión, de tal forma que en la Línea Norte los valores oscilaron entre 20 pCi/L y 2.825 pCi/L, medidos respectivamente en Meneses 3 y San Juan 1, con el pico del semestre registrado en la última semana de febrero (Figura 2.38). Es importante destacar que las estaciones San Juan 1 y San Juan 2 registraron aumento en sus emisiones antes de la erupción explosiva de enero 17, después de lo cual, la primera disminuye y la segunda sigue con emisiones altas. Debido a que San Juan 2 fue objeto de robo en dos ocasiones, no fue posible seguir usándola en el monitoreo.

Los valores de emisiones de  $\text{Rn}_{222}$  en la Línea Circunvalar fluctuaron entre 83 pCi/L y 7.345 pCi/L, medidos en Barranco y Ancuya respectivamente, el pico máximo se midió en la última semana del



semestre (Figura 2.39). En esta línea no se observó cambios importantes antes o después de la erupción de enero 17 de 2008.

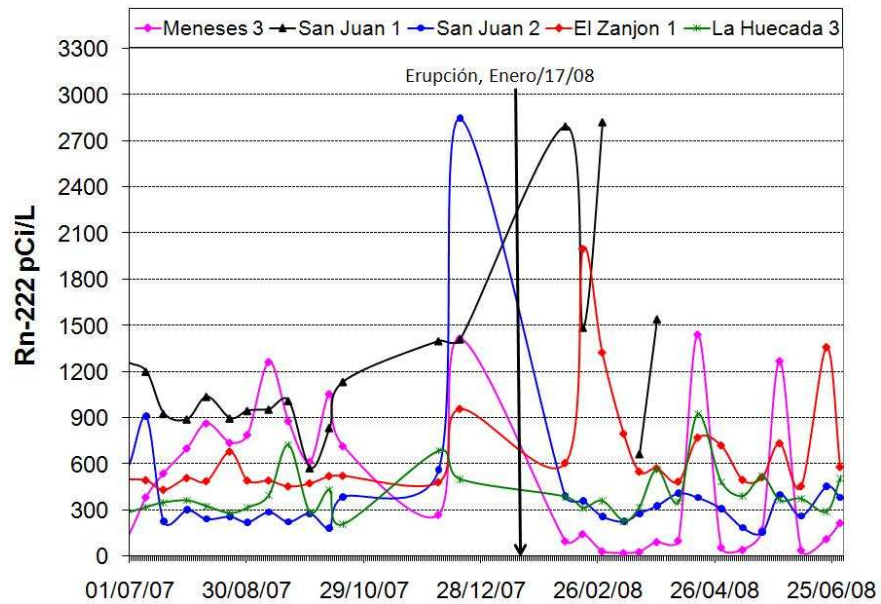


Figura 2.38. Emisiones de Rn-222, en la Línea Norte. Julio de 2007 a junio de 2008.

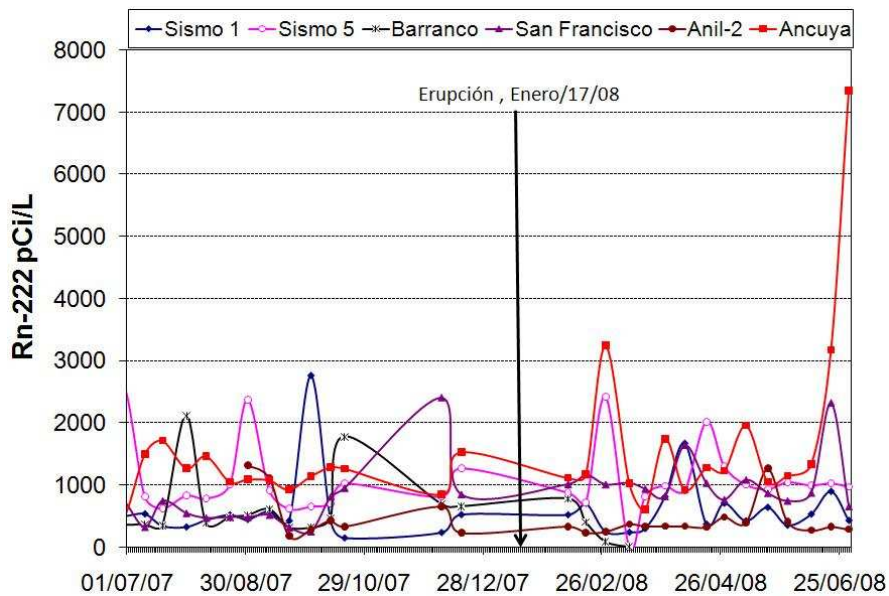


Figura 2.39. Emisiones de Rn-222, en la Línea Circunvalar. Julio de 2007 a junio de 2008.

En la Línea Galeras los valores fluctuaron entre 0 pCi/L y 3.658 pCi/L medidos respectivamente en las estaciones Cobanegra y Lava 1, en donde el pico del semestre fue medido en la última semana de febrero (Figura 2.40), nótese que la tendencia de los datos de la estación Lava 1 es descendente aunque con algunas fluctuaciones, ésta estación es la que muestra en los mayores valores en la Línea Galeras y además su promedio es el mayor registrado entre todas las estaciones durante el

primer semestre de 2008. En esta línea también se observó que la estación Lava1 mostró un ascenso constante en sus emisiones antes de la explosión de enero 17 y aún después, luego de lo cual cambió su tendencia y comenzó a descender hasta finales del primer semestre de 2008.

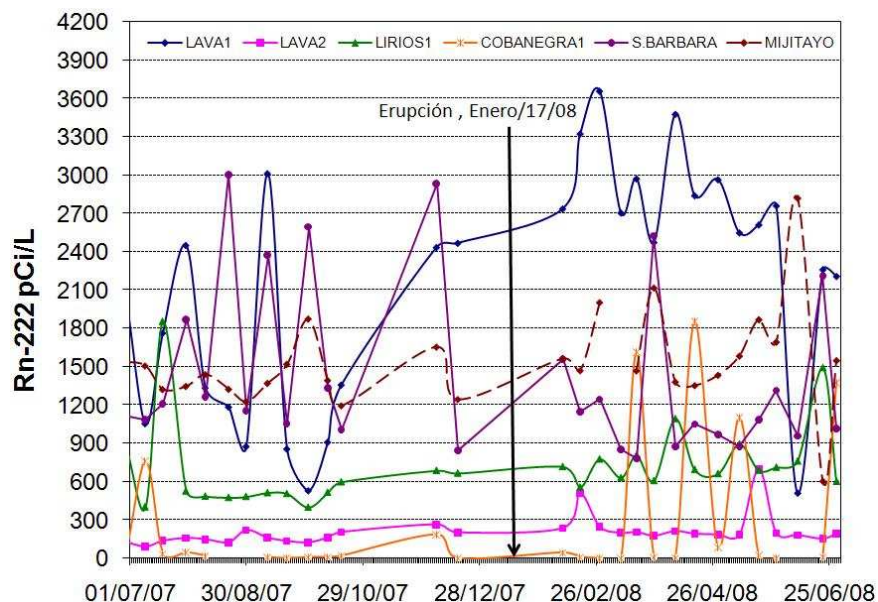


Figura 2.40. Emisiones de Rn-222, en la Línea Galeras. Julio de 2007 a junio de 2008.

## 2.6 POTENCIALES ELÉCTRICOS ESPONTÁNEOS (PEE)

En el primer semestre de 2008 se continuó ocupando las seis estaciones dispuestas para el monitoreo de potenciales eléctricos espontáneos (PEE), asociados con los procesos de actividad del volcán Galeras en estaciones como: Lavas y Lirios, ubicadas en la vía que conduce a la cima volcánica, La Y (LAY) y Peladitos (PEL), ubicadas en la parte alta de la misma vía; Alto Jiménez (Alto\_J), ubicada en el sector de Sandoná, Barranco (BAR), Calabozo (Cala), San Felipe (SNF) y Cobanegra (Coba), localizadas en la vía circunvarlar a Galeras. Estos muestreos se realizan utilizando sensores no polarizados de dos dimensiones diferentes, donde se varía el área de la base de contacto con el suelo y su altura. Los sensores tipo\_1 (altos) tienen un diámetro de 6,4 cm y 11,4 cm de altura, en tanto que los sensores tipo\_2 (anchos) tienen 12,1 cm de diámetro y 9 cm de alto. Para diferenciar sus datos en las gráficas se antepone una A cuando son tomados con sensores anchos y una L cuando son tomados con los sensores altos.

La estación Lavas con los sensores anchos mostró un comportamiento relativamente estable antes de la erupción de enero 17, con valores en un rango bajo, entre -43 a +18 mV. Su variación mayor se dio algunos días después de la erupción con un rango entre -67 a +77 mV (Figura 2.41), luego de lo cual su comportamiento volvió a ser estable, pero con valores más bajos, entre -52 a +11 mV. En cambio los sensores altos mostraron variaciones mayores y un comportamiento más fluctuante, con valores intermedios. Antes de la erupción el rango de variación fue de -223 a +195 mV y las fluctuaciones no fueron tan marcadas, luego de la erupción el rango de variación disminuye

levemente pero las fluctuaciones se volvieron más marcadas, el rango de variación fue entre -210 y +175 mV (Figura 2.41).

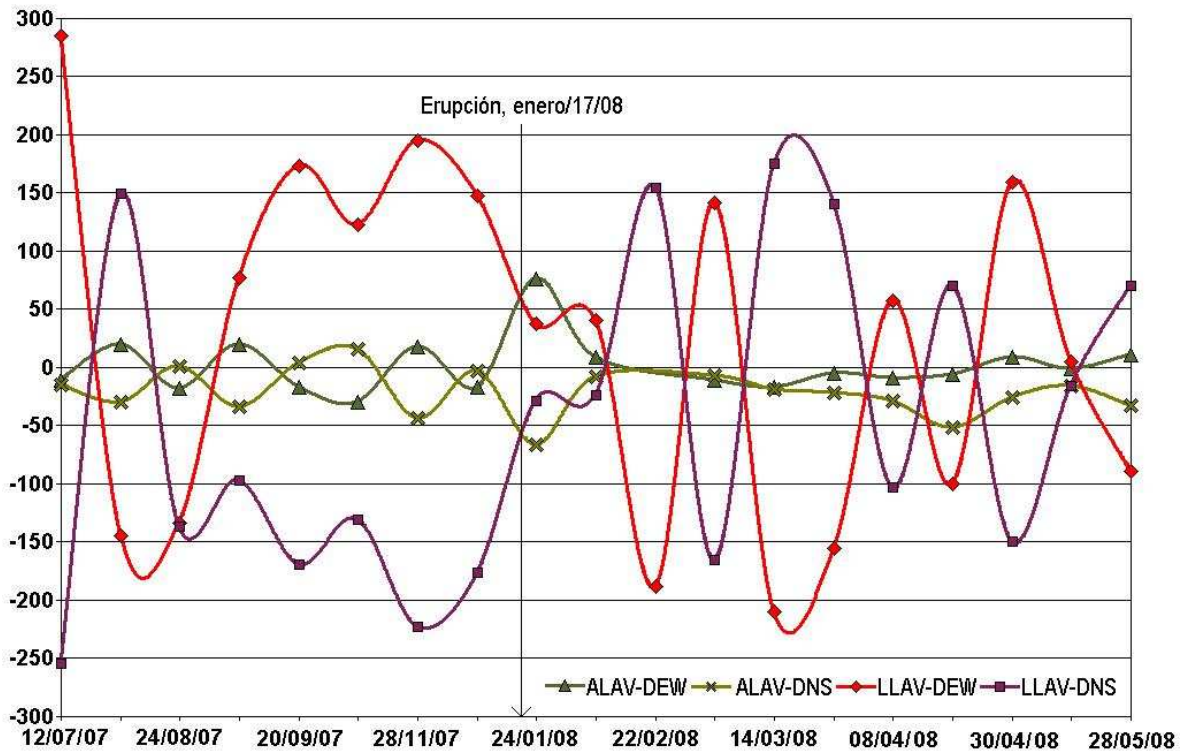


Figura 2.41. PEE medido en las componentes horizontales de la estación Lavas. Julio de 2007 a junio de 2008.

En la estación Lirios se observó un comportamiento similar al de Lavas, con los sensores anchos el comportamiento fue relativamente estable antes de la erupción de enero 17, con valores en un rango bajo, entre -39 a +29 mV, ocurriendo su variación mayor algunos días después de la erupción con un rango entre -103 a +82 mV (Figura 2.42), luego su comportamiento fue más estable, con valores más bajos, entre -6 a +18 mV. La variación en los datos tomados con los sensores altos fue mayor pero con menores fluctuaciones antes de la erupción, su rango fue de -205 a +202 mV; luego de la erupción las fluctuaciones se volvieron más marcadas, con un rango de variación fue entre -214 y +154 mV (Figura 2.42).

En la estación Alto Jimenez se observó que los datos de los sensores largos mostraron variaciones similares para las dos componentes NS y EW y su tendencia general ha sido ascendente antes y después de la erupción, comenzando en -162 y -145 mV respectivamente a finales de julio de 2007 y llegando a valores de +4 y +10 mV a finales del primer semestre de 2008 (Figura 2.43). En cambio, el comportamiento de los valores medidos con los sensores anchos fue fluctuante para la componente NS la cual varió entre -41 y +150 mV antes de la erupción y luego su comportamiento fue muy estable con variaciones mínimas; por su lado, la componente EW mostró una tendencia estable antes y después de la erupción, solo que después de la erupción los valores que registró son más cercanos a cero (Figura 2.43).

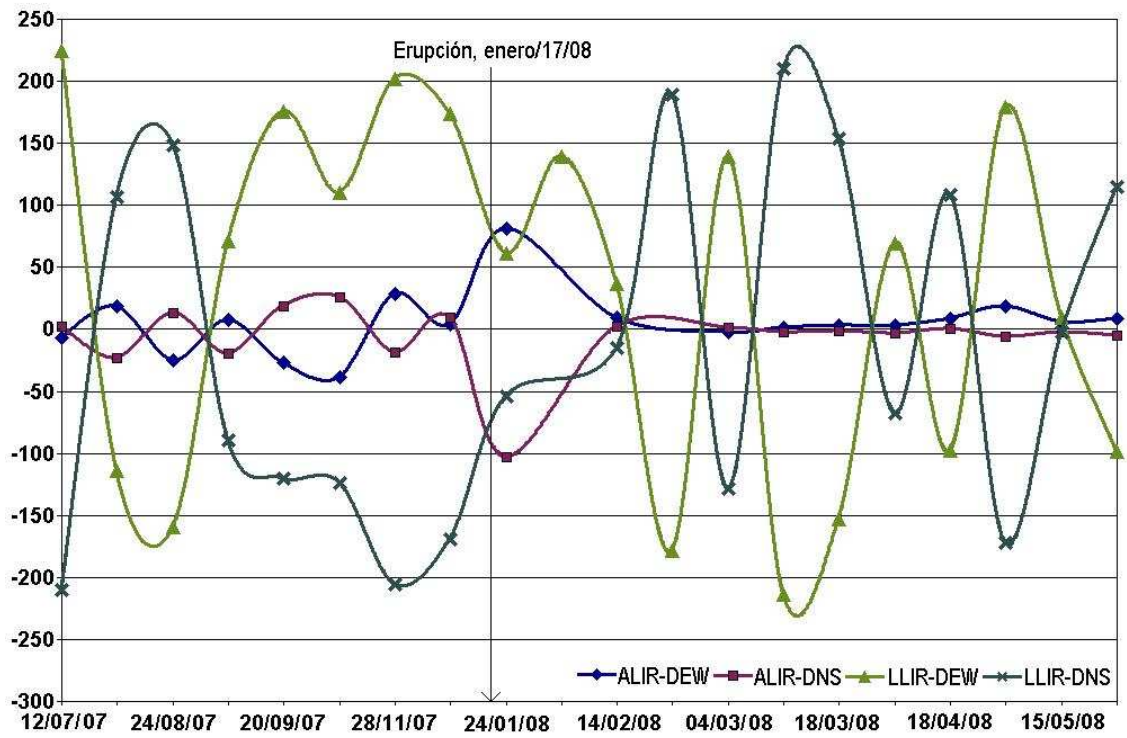


Figura 2.42. PEE medido en las componentes horizontales de la estación Lirios. Julio de 2007 a junio de 2008.

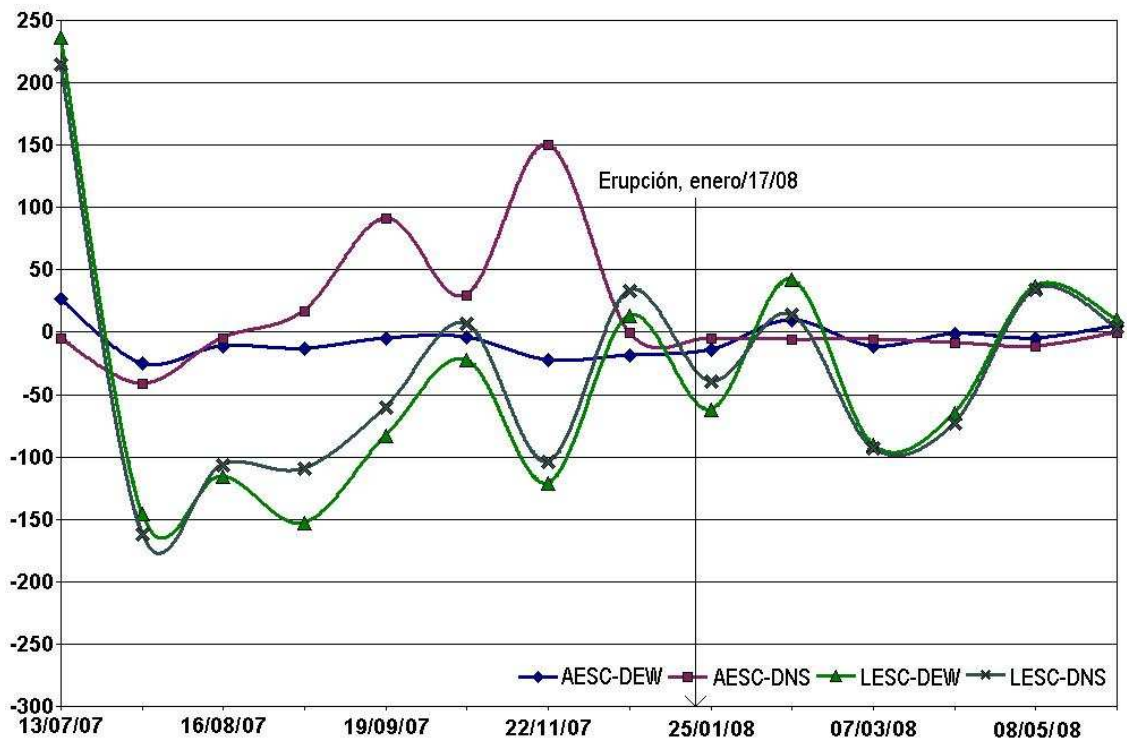


Figura 2.43. PEE medido en las componentes horizontales de la estación Alto Jiménez. Julio de 2007 a junio de 2008.

Con los sensores anchos la estación Calabozo mostró una tendencia estable en la mayor parte del tiempo pero antes de la erupción registró un pico entre -400 y +400 mV, luego siguió con su tendencia estable, con valores más cercanos a cero (Figura 2.44). En cambio los valores obtenidos con los sensores largos fueron muy similares para las dos componentes y su comportamiento fue fluctuante, se resalta que antes de la erupción la fluctuación cambia a un valor positivo de +100 mV para la componente NS, en cambio la componente EW mantiene su tendencia y registra un valor de -96 mV (Figura 2.44); el rango de valores para el primer semestre de 2008 fue entre -163 a +173 mV (Figura 2.44).

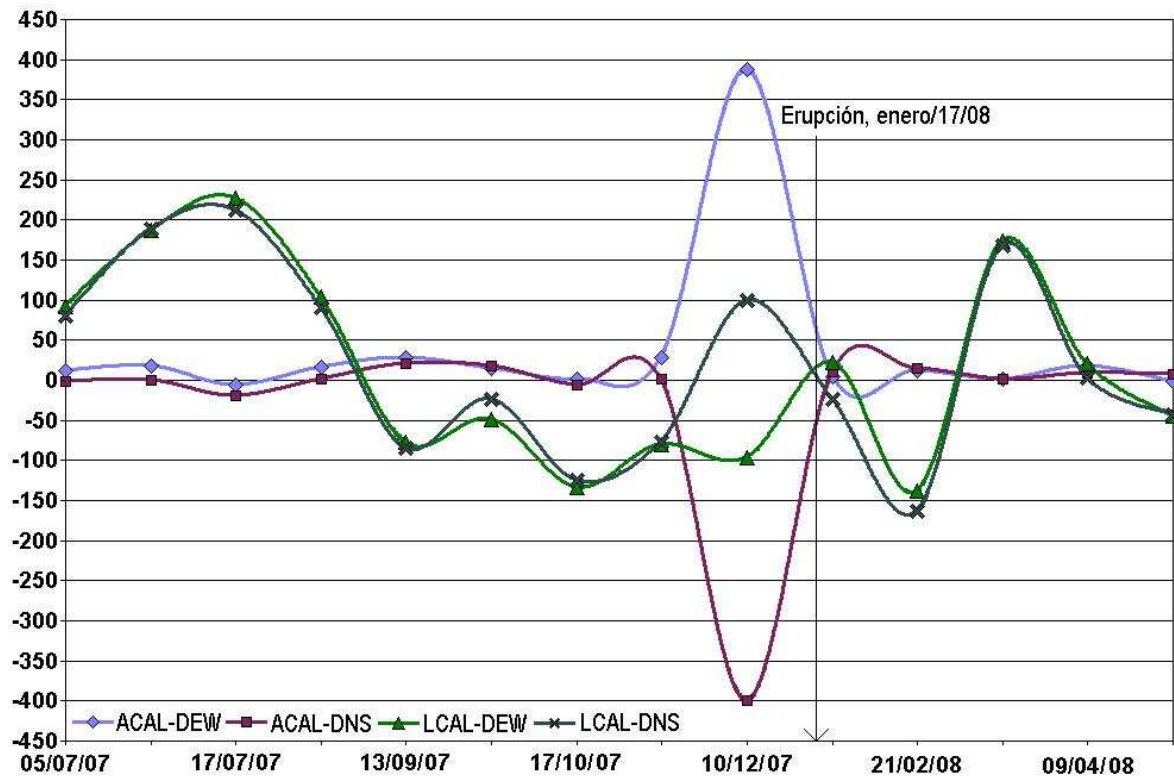


Figura 2.44. PEE medido en las componentes horizontales de la estación Calabozo. Julio de 2007 a junio de 2008.

La estación La Y tuvo un comportamiento relativamente estable en los valores medidos con los sensores anchos, con un rango de variación de -50 a +50 mV, antes de la erupción, luego su tendencia fue más estable y sus valores fluctuaron entre -40 a +49 mV (Figura 2.45). En cambio, para los datos medidos con los sensores largos, el comportamiento fue fluctuante para las dos componentes pero se nota que luego de la erupción los valores de potencial aumentaron al igual que las fluctuaciones, con un rango de -319 a +318 mV, (Figura 2.45) y en la segunda mitad del primer semestre de 2008 se observó una clara tendencia descendente para la componente NS en un rango de +238 a -18 mV y una clara tendencia ascendente para la componente EW en un rango de -248 a +21 mV (Figura 2.45). AL final del semestre se observó fluctuación nuevamente.

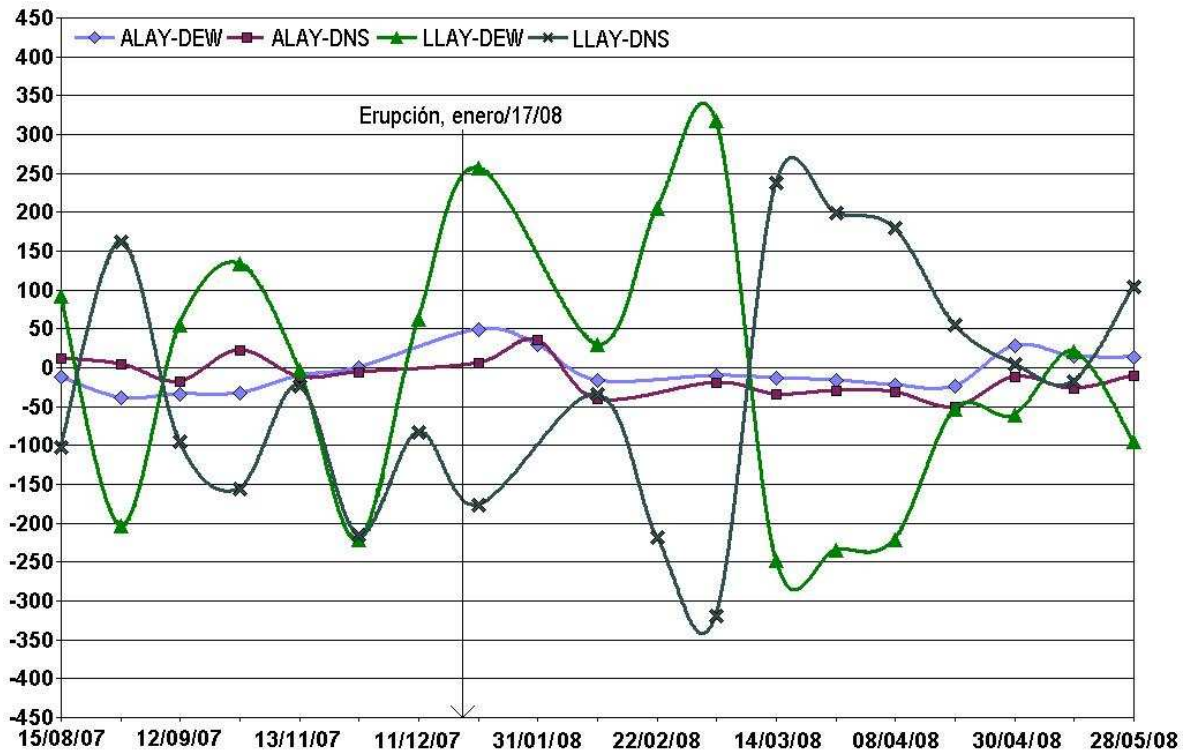


Figura 2.45. PEE medido en las componentes horizontales de la estación La Y. Julio de 2007 a junio de 2008.

En la estación Peladitos no se observó un cambio marcado en el comportamiento de sus componentes antes o después de la erupción. Con los sensores anchos, durante el primer semestre de 2008 su comportamiento fue estable con valores cercanos a cero (Figura 2.46). Con los sensores largos la estación tuvo un comportamiento fluctuante con valores similares en sus dos componentes, el máximo rango de variación fue de -233 a +244 mV (Figura 2.46).

La estación Barranco tampoco mostró cambios marcados en el comportamiento de sus componentes antes o después de la erupción. Con los sensores anchos, entre febrero y mayo de 2008 se observó un comportamiento relativamente estable con un intervalo de variación entre -28 y +17 mV (Figura 2.47). Para los datos medidos con los sensores largos, la estación tuvo un comportamiento fluctuante al principio del semestre y luego entre finales de febrero hasta mayo el comportamiento de las dos componentes fue descendente, con un intervalo de +179 a -42 mV (Figura 2.47).

La estación San Felipe tuvo un comportamiento similar al de la estación Calabozo. Con los sensores anchos la estación San Felipe tuvo una tendencia estable con fluctuaciones pequeñas entre -36 y +18 mV; antes de la erupción registró un pico entre -342 y +291 mV, luego su tendencia fue más estable con valores cercanos a cero (Figura 2.48). Antes de la erupción los valores obtenidos con los sensores largos fueron fluctuantes y de signo invertido, luego los valores de potencial de ambas componentes fueron muy similares y del mismo signo, aunque siguieron siendo fluctuantes, con un intervalo de variación entre -73 y -9 mV (Figura 2.48).

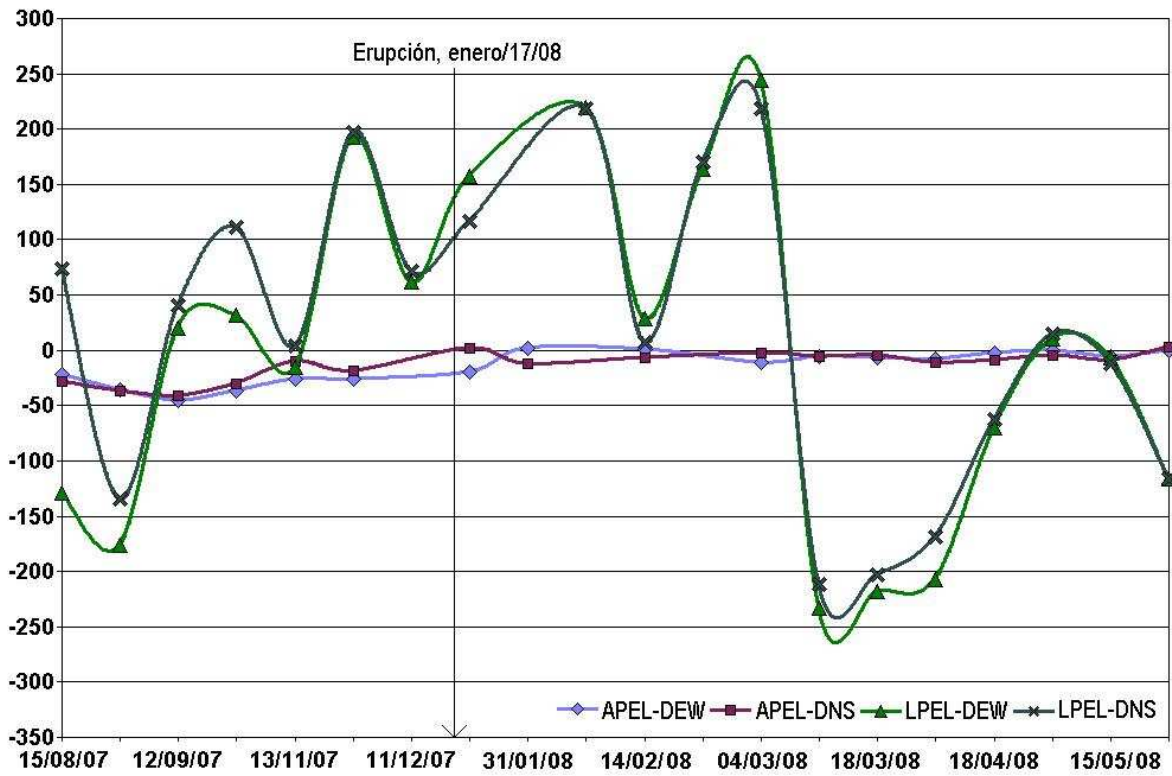


Figura 2.46. PEE medido en las componentes horizontales de la estación Peladitos. Julio de 2007 a junio de 2008.

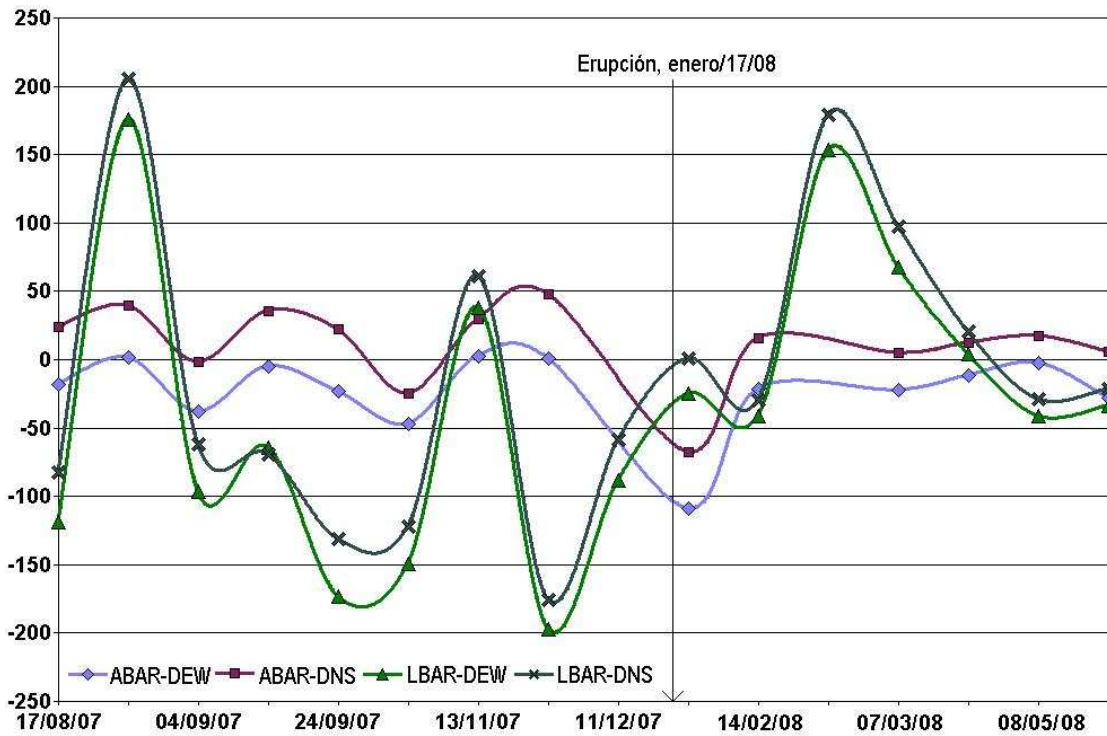


Figura 2.47. PEE medido en las componentes horizontales de la estación Barranco. Julio de 2007 a junio de 2008.

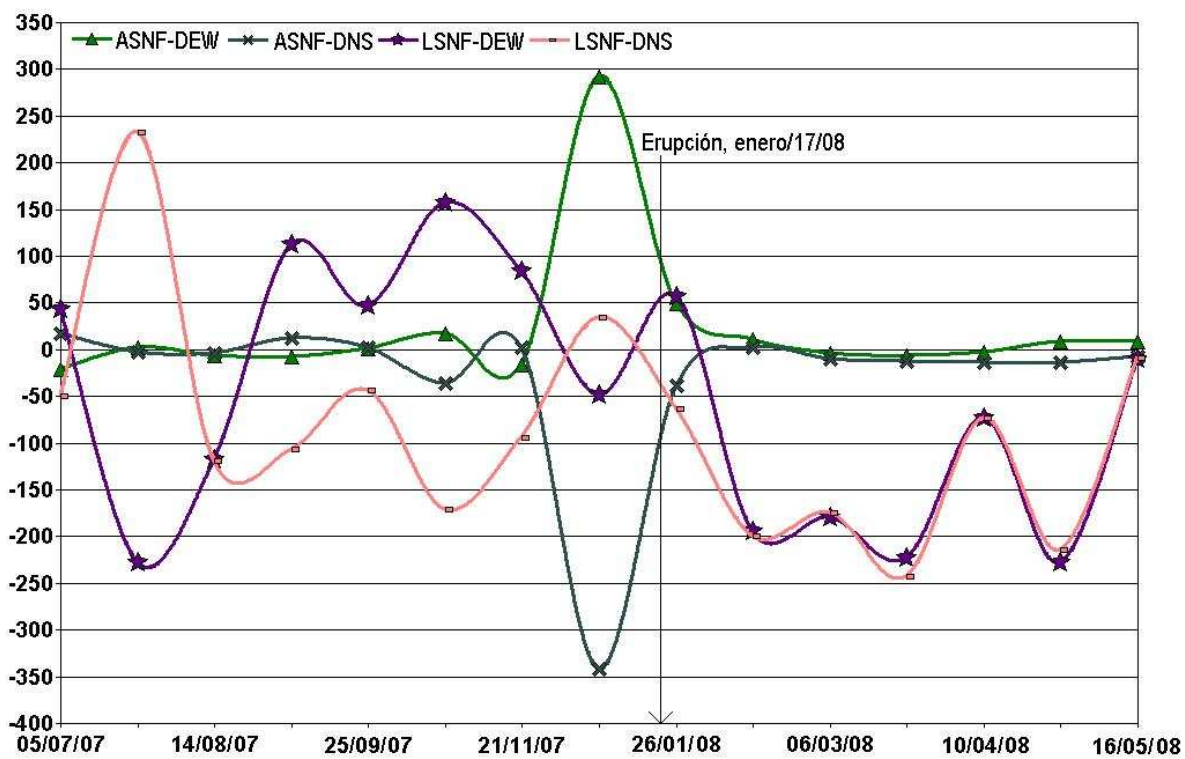


Figura 2.48. PEE medido en las componentes horizontales de la estación San Felipe. Julio de 2007 a junio de 2008.

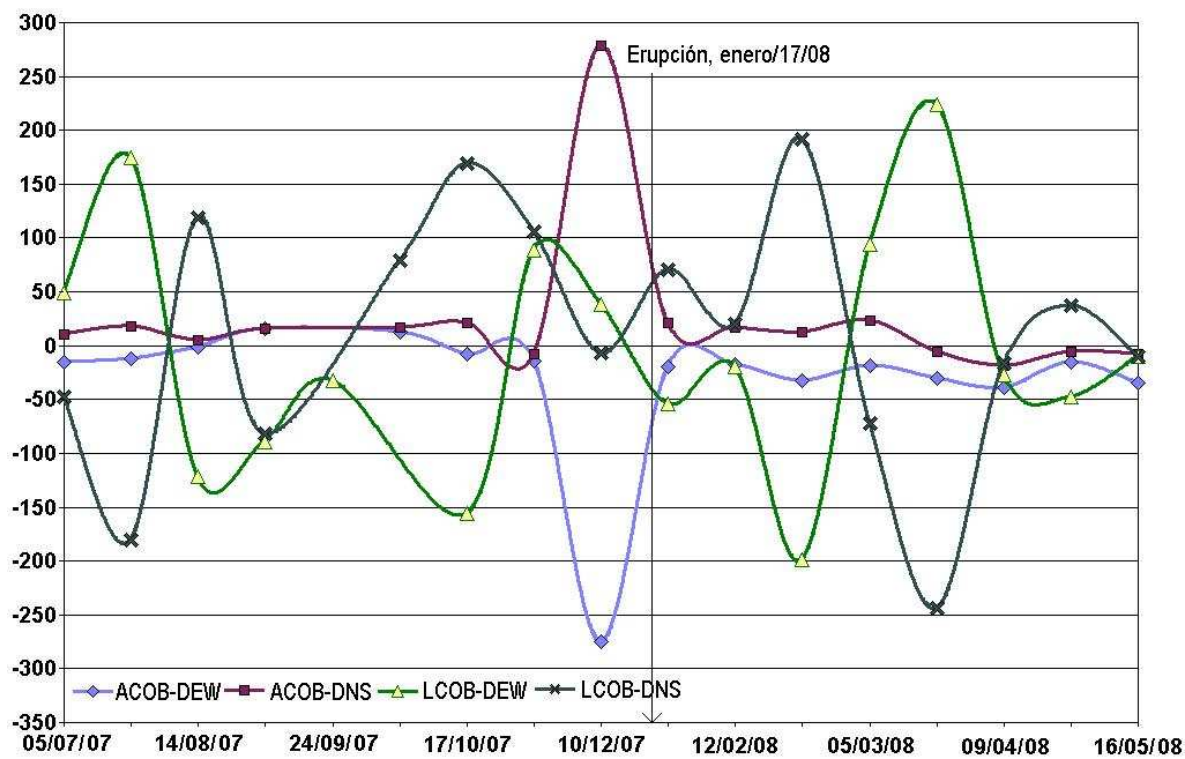


Figura 2.49. PEE medido en las componentes horizontales de la estación Cobanegra. Julio de 2007 a junio de 2008.



La estación Cobanegra mostró relativa estabilidad la mayor parte del tiempo, para los datos medidos con sensores anchos, antes de la erupción mostró un pico entre -274 y +278 mV, luego su comportamiento siguió siendo estable con valores bajos en un intervalo de -33 a +23 mV (Figura 2.49). Con los sensores largos su comportamiento fue fluctuante antes y después de la erupción. Para el primer semestre de 2008 el intervalo de variación fue de -244 a 224 mV (Figura 2.49).

## 2.7 ACTIVIDAD SUPERFICIAL

Las manifestaciones en superficie de la actividad del volcán se documentan mediante observaciones directas hacia la cima volcánica, desde la sede del OVSP, por reportes de las comisiones de personal en campo, por reportes de la comunidad o las autoridades, así como por sobrevuelos efectuados por personal del observatorio en el helicóptero Hughes de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC).

La página web del observatorio, en la dirección: (<http://intranet.ingominas.gov.co/pasto>), cuenta con una galería de imágenes y videos seleccionados que están a disposición del público en general, se solicita que cuando su usen se cite la fuente primaria con su respectiva referencia.

La observación principal del primer semestre de 2008 fue la erupción de enero 17 de 2008, cuya onda explosiva y su resplandor fueron percibidos por gran parte de la población de la ciudad de Pasto y de algunos de los pueblitos que tienen visual hacia Galeras, mientras el clima lo permitió, el desarrollo de la erupción también fue observado por los pobladores de la ciudad.

Durante el primer semestre de 2008 se realizaron 4 sobrevuelos, en enero 23, abril 7, abril 8 y junio 11 y en los tres primeros se tomó imágenes térmicas que permitieron observar la variación de la temperatura del material rocoso en el cono activo. En la mayoría de seguimientos ya sea desde tierra o desde aire, se observó la columna de gases de color blanco, tendida hacia el costado occidental. Los principales focos de emisión fueron el cráter principal y los cráteres secundarios denominados como El Paisita y Las Chavas. En algunas ocasiones la columna se asoció con señales de Tremor y emisión de ceniza fina que cayó en sectores altos del edificio volcánico. En las figuras 2.50 a 2.57 se puede apreciar una galería de imágenes de las principales manifestaciones de la actividad superficial durante el primer semestre de 2008.



Figura 2.50. Erupción de enero 17 de 2008, a las 08:06 p.m. imagen de la cámara web del OVSP



Figura 2.51. Imagen de la erupción de enero 17 de 2008, a las 08:13 p.m. Cortesía Prof. Alberto Quijano

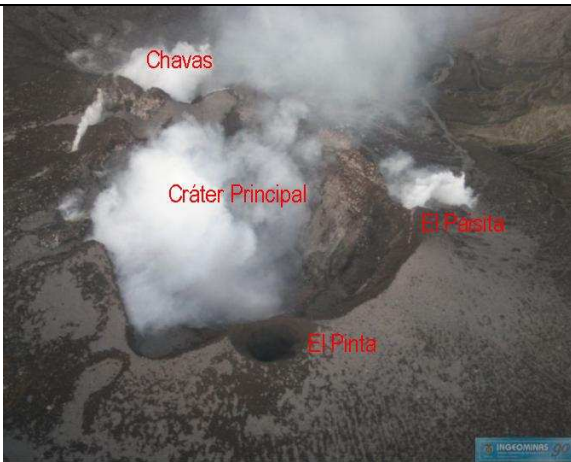


Figura 2.52. Sobrevuelo. Imagen del cono activo de Galeras, se observa ceniza y rocas en la superficie y gas de color blanco. 23/Ene/06:29 a.m.



Figura 2.53. Emisión de gases, vista desde Consacá. 17/Feb/09:39 a.m.



Figura 2.54. Emisión de gases, se observa granizo en la cima por las bajas temperaturas. 13/Mar/11:47 a.m.



Figura 2.55. En sobrevuelo, se observa emisión de gases, tendida hacia el occidente. 07/Abr/07:28 a.m.



Figura 2.56. Emisión de gases, tendida hacia el norte de Galeras. 03/May/06:05 a.m.



Figura 2.57. Sobrevuelo, emisión de gases, 11/Jun/06:54 a.m.

Las principales observaciones de la actividad superficial realizadas durante el primer semestre de 2008 se consignan en la tabla 2.6.

Tabla 2.6. Principales observaciones de la actividad superficial de Galeras. Primer semestre de 2008.

Fecha	Hora	Observaciones
3, 4, 8, 9, 10, 12 y 13 de enero		Se registraron columnas de gases y vapor de agua con alturas entre 100 m y 2100 m sobre la cima de Galeras, la mayoría de ellas dirigida hacia el noroccidente, pero algunas tuvieron dirección sur o norte del volcán. En enero 10 se reportó caída de ceniza en Pasto.
17- Enero	08:06 pm	Se registró una erupción explosiva con un fuerte sonido que se reportó sentido en toda la ciudad, se observó una luz potente al momento de la explosión, luego se elevó una columna con una altura aproximada de 8 km, con caída de fragmentos de color rojo incandescente que ocasionaron incendios, también se observó rayos en la atmósfera, después oscureció y ya la visibilidad no fue buena.
	09:00 pm	La explosión se reportó sentida en los poblados de Genoy, Consacá, Tangua, Sandoná, La Florida, Guaitarilla (veredas Ales y San Alejandro) y Anganoy, además se sintió muy fuerte en la ciudad de Pasto y sectores rurales como Aranda y San Cayetano, acompañada de vibración de puertas y ventanas. Se reportó caída de ceniza en Consacá, de tamaño de piedrecillas, en poblados como Sapuyes, Guachavez, Guaitarilla, El Espino, Piedrancha y Ricaurte cayó ceniza fina, en las veredas San Felipe, Moechiza y Cebadal de Yacuanquer cayó ceniza con tamaño de arena. Se observó el resplandor, la columna eruptiva y las rocas incandescentes desde Pasto y sectores rurales como Anganoy y San Cayetano, también desde otros poblados como Yacuanquer y Tangua. Se reportó un fuerte olor a azufre desde varias veredas de Consacá, Yacuanquer y Guaitarilla. En San Cayetano se ordenó la evacuación de las personas hacia los albergues.
18-Enero	10:00 am	Personal del OVSP inspeccionó dos edificios que reportaron ventanales rotos, por la caída de dos batientes defectuosos que se desprendieron en el momento de la explosión, también se reportó ruptura de vidriería de una marquesina que estaba previamente fisurada, afortunadamente ninguna persona resultó herida. Se hizo recorrido por la carretera circunvalar desde el sur, encontrándose la ceniza fina sobre las hojas primero en San Rafael (Consacá), luego del tamaño de arena en el sector de Bomboná, más tarde del tamaño de piedrecillas en el puente Alfonso López Pumarejo a la entrada de Consacá. Se tomó muestras de ceniza con coordenadas de los diferentes sitios.
19 y 20 de enero	08:00 am	Con los reportes de caída de ceniza, personal de Ingeominas salió a campo para levantar las muestras y los datos para los mapas de isópacas e isopleas asociadas con la erupción.

23 - Enero	10:00 am	Personal del OVSP que subió a inspeccionar la cima de Galeras, reportó que en el sendero Achichay se observó varios cráteres de impacto y diferentes tamaños de roca, la mayoría con diámetro aproximado de 13 cm y unos pocos fragmentos de aproximadamente 50 cm; los fragmentos de roca tenían diferentes tonos de grises y algunos con tonos rojizos; no se observó ceniza. Se vio bastante salida de gases del cráter principal, el gas que sale del sector noroccidental presentó color azul, no hubo olor a azufre. Hacia el sector de la estación sismológica Cráter y por las antenas de televisión y Telecom, se observó cráteres de impacto de diferentes tamaños, el más grande tuvo una profundidad de 6 m con un diámetro mayor entre 15 y 18 m y con muchos fragmentos de roca incrustados y como salpicaduras de tierra hacia los bordes. A 100 m de la estación sísmica Cráter existe un cráter de impacto de 5 m de diámetro y 2 m de profundidad. La caseta de la estación al parecer fue rozada por un fragmento que le fracturó la pared y le voló parte de la esquina de la loza de cubierta.
26 - Enero	05:49 am 03:30 pm	Al amanecer del día se observó una columna de color blanco con altura de 200 m. Personal del OVSP reportó que en el Camino Real se encontró un cráter de impacto de aproximadamente 30 cm de diámetro y profundidad, entre las quebradas de Maragato y Barranco. Luego se encontró un fragmento de roca entre las quebradas de Chorrillo y Maragato, no se observó caída de ceniza en el recorrido.
1 al 29 de febrero		Durante todo el mes se observaron columnas de gas y vapor de agua, mayoritariamente de color blanco, con alturas que oscilaron entre 200 m y 1.800 m sobre la cima de Galeras, algunas de ellas de color oscuro y con presencia de ceniza fina. Las columnas se observaron especialmente en horas de la mañana y con el viento dirigiéndolas hacia el sur o suroriente y en pocas ocasiones hacia el occidente.
1 al 31 de marzo		En algunos días del mes fue posible la observación de columnas de gas y vapor de agua de color blanco, especialmente en horas de la mañana, dirigidas en su mayoría hacia el sur. Sus alturas oscilaron entre 150 y 500 m sobre la cima.
3 - Marzo	11:50 am	Personal del OVSP reportó desde la cima que se observó el volcán despejado y salida de gas de las fumarolas Deformes, Joyas Alto y del cráter principal, que no hubo olor a azufre, que se escucharon ruidos que al parecer provenían de la fumarola Deformes.
1 al 30 de abril		Durante todo el mes, al amanecer o al anochecer se observaron columnas de gas y vapor de agua de color blanco dispersándose hacia el sur. Sus alturas oscilaron entre 150 m y 2.200 m sobre la cima de Galeras. También se recibió muchos reportes de fuerte olor a azufre, desde los barrios occidentales de la ciudad de Pasto y sectores como Anganoy y San Cayetano.
7 - Abril	06:30	Durante sobrevuelo se observó la emisión de gases y vapor de agua de color blanco, con una altura aproximada de 400 m por encima del cráter, dirigida hacia el occidente, siendo la mayor cantidad emitida desde el cráter principal y en menor cantidad desde la fumarola Deformes y los cráteres adventicios El Pinta y El Paisita.
8 - Abril	06:36	En sobrevuelo se observó que la columna se dispersaba hacia el occidente, dirección que mantuvo durante todo el tiempo de sobrevuelo. Se observó abundante emisión de gases sin mucha presión de salida, principalmente desde el cráter principal. Debido a la cantidad de gases emitidos, no fue posible la observación de detalles del fondo del cráter. La temperatura máxima medida con la cámara térmica Flir sobre la zona de cráter fue de 228 °C en el fondo.
1 al 31 de mayo		Durante casi todo el mes fue posible observar a la madrugada o al anochecer las columnas de gases y vapor de agua, con alturas que oscilaron entre 210 m y 2.000 m sobre la cima de Galeras, siendo la mayor parte dirigidas hacia el norte.
10 - Mayo	10:00 am	Una comisión del OVSP desde la cima del volcán Galeras, reportó que durante toda la mañana hubo salida permanente de gases desde el cráter principal, la fumarola Deformes y los cráteres secundarios El Pinta y Chavas, siendo los gases emitidos de manera pulsátil. El fuerte viento dirigía la columna hacia el occidente.
1 al 30 de junio		En gran parte del mes fue posible observar la columna de gases y vapor de agua, dirigida hacia el W y NW con alturas entre 110 m y 1.750 m sobre la cima de Galeras. En junio 10

		hacia las 5:40 p.m. se observó la columna desde la vereda Chanarro de Túquerres. En junio 16 y junio 17 se reportó caída de ceniza fina en los poblados de Santa Bárbara, Barranco, El Ingenio, Santa Rosa, San José y La Florida.
11 - Jun	06:00 am	En sobrevuelo se observó emisión de gases desde el cráter principal y desde los cráteres secundarios El Pinta (baja presión), El Paisita y Chavas y desde fumarolas como Deformes y Marte, eventualmente cuando las emisiones eran menores se pudo observar algunos puntos de emisión en la pared sur del cráter principal. El color de la columna fue blanco con una tonalidad azul en El Paisita. La columna de emisión de gases se observó desde la salida del sol y se mantuvo durante casi todo el día. Durante el sobrevuelo, la altura de la columna osciló entre 900 m y 1.400 m sobre la cima y se percibió fuerte olor a azufre.

## 2.8 IMÁGENES TERMICAS

En algunos sobrevuelos hechos por personal de INGEOMINAS-OVSP con la colaboración la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) en un helicóptero Hughes, se tomó imágenes térmicas con el fin de hacer el seguimiento de la evolución de las temperaturas de la roca en diferentes puntos del cono activo de Galeras, lo cual permitió establecer un aumento paulatino de la temperatura durante el segundo semestre de 2007 alcanzando temperaturas superiores a 400°C dos meses antes de la erupción de enero 17 de 2008. Después de la erupción, se observó un descenso marcado en la temperatura máxima, bajando de 403°C a 160°C. En abril la temperatura nuevamente subió a 210°C. En la tabla 2.7 se puede apreciar la evolución de la temperatura en el cono activo, entre julio de 2007 y abril de 2008 y en las figuras 2.58 a 2.65 se muestra las imágenes térmicas obtenidas en el mismo periodo de tiempo. Estas imágenes también se encuentran disponibles en la página web del observatorio, en la dirección: <http://intranet.ingeominas.gov.co/pasto>

Tabla 2.7. Temperaturas máximas obtenidas de imágenes térmicas en Galeras. Julio de 2007 a abril de 2008.

Fecha	Hora	Temperatura Máxima °C
18/Julio/2007	06:31 am	174
17/Septiembre/2007	06:46 am	121
27/Septiembre/2007	06:15 am	218
02/Octubre/2007	06:51 am	370
27/Noviembre/2007	06:12 am	403
23/Enero/2008	06:30 am	160
07/Abril/2008	07:27 am	197
08/Abril/2008	06:57 am	210

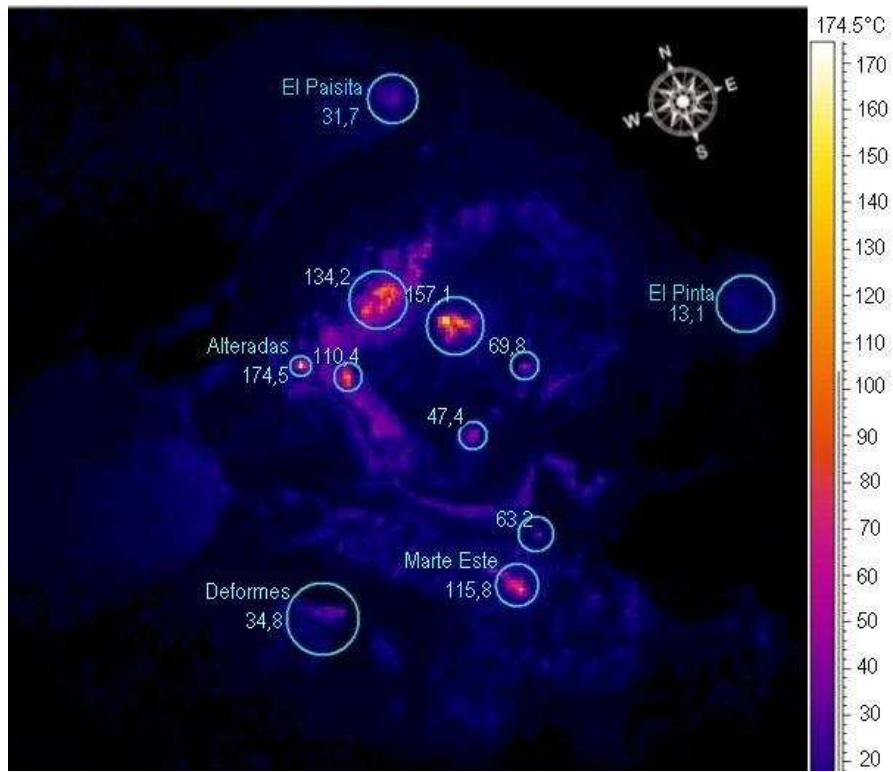


Figura 2.58. Imagen Térmica, julio 18 de 2007, 06:31 a.m.

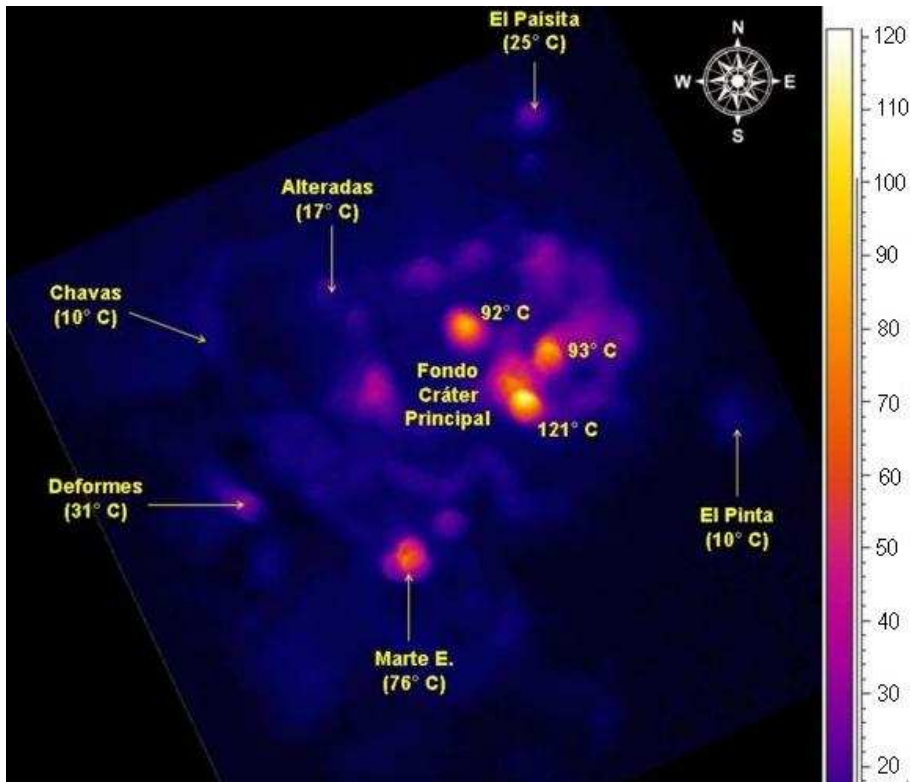


Figura 2.59. Imagen Térmica, septiembre 17 de 2007, 06:46 a.m.

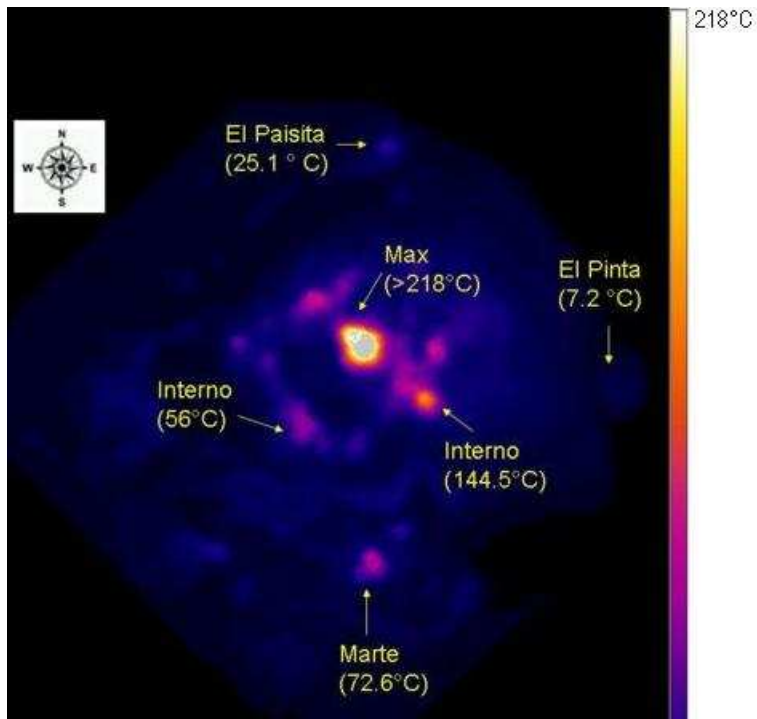


Figura 2.60. Imagen Térmica, septiembre 27 de 2007, 06:15 a.m.

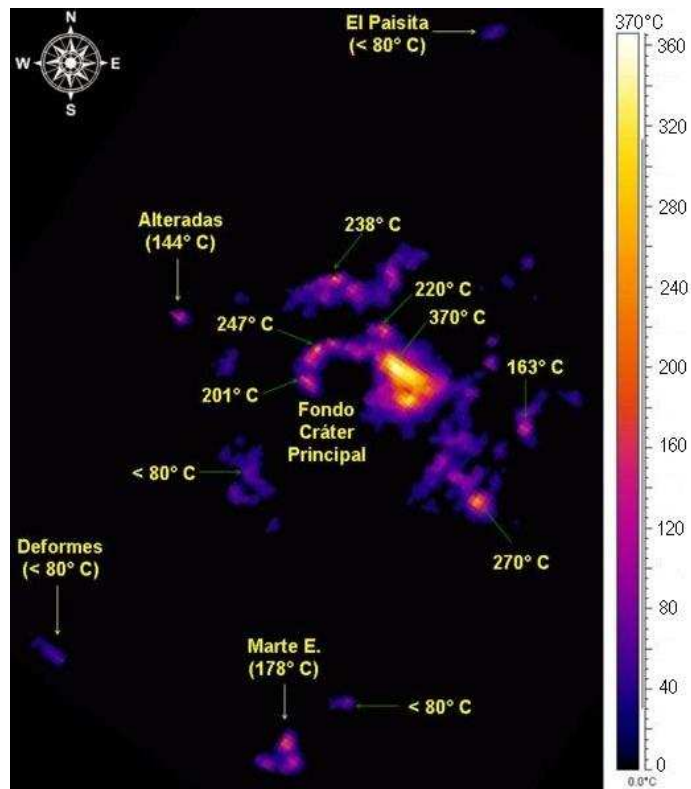


Figura 2.61. Imagen Térmica, octubre 2 de 2007, 06:51 a.m.

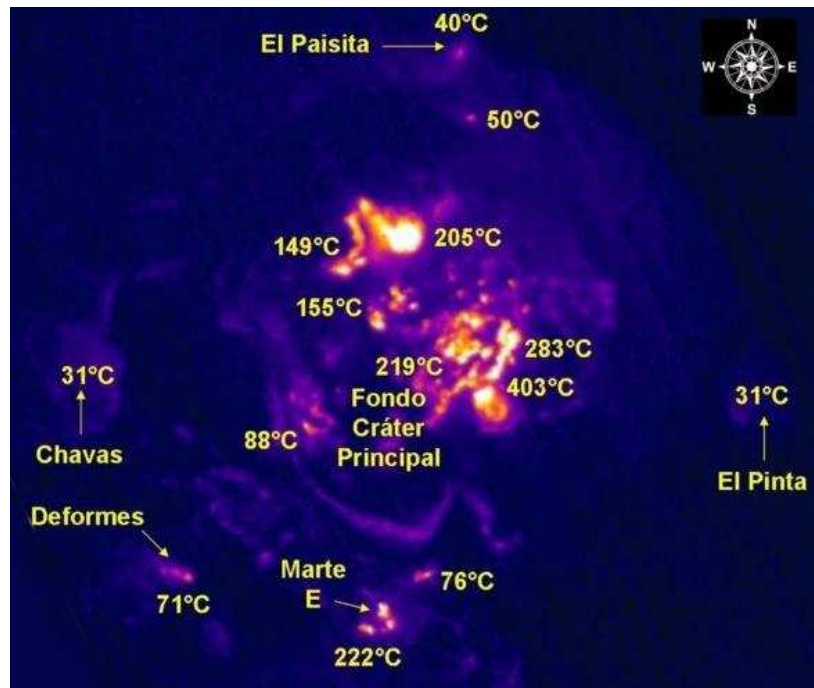


Figura 2.62. Imagen Térmica, noviembre 27 de 2007, 06:12 a.m.

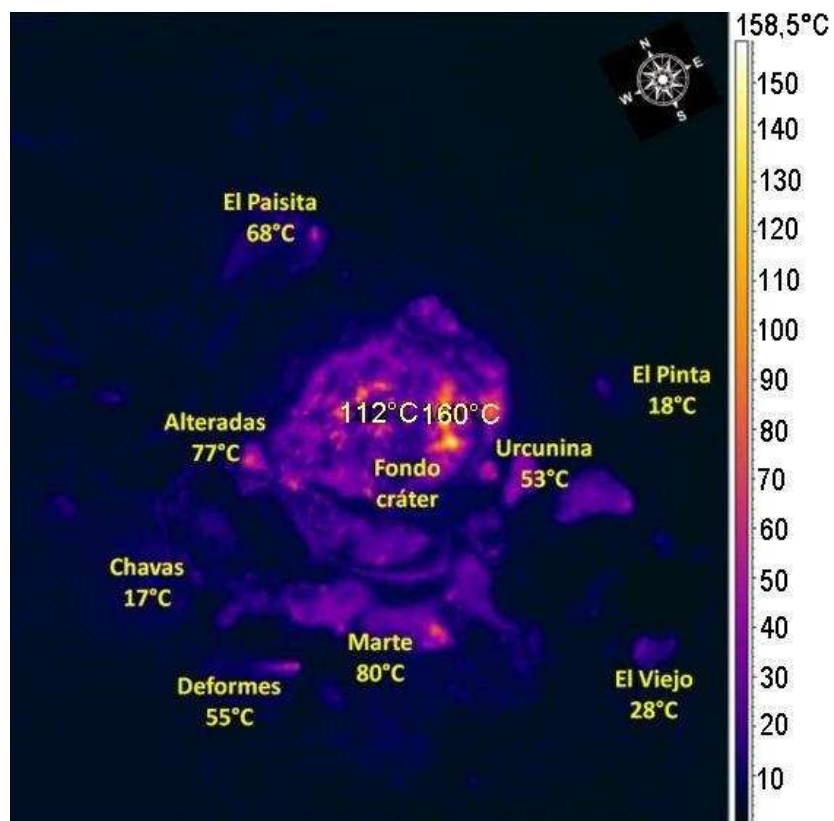


Figura 2.63. Imagen Térmica, enero 23 de 2008, 06:30 a.m.



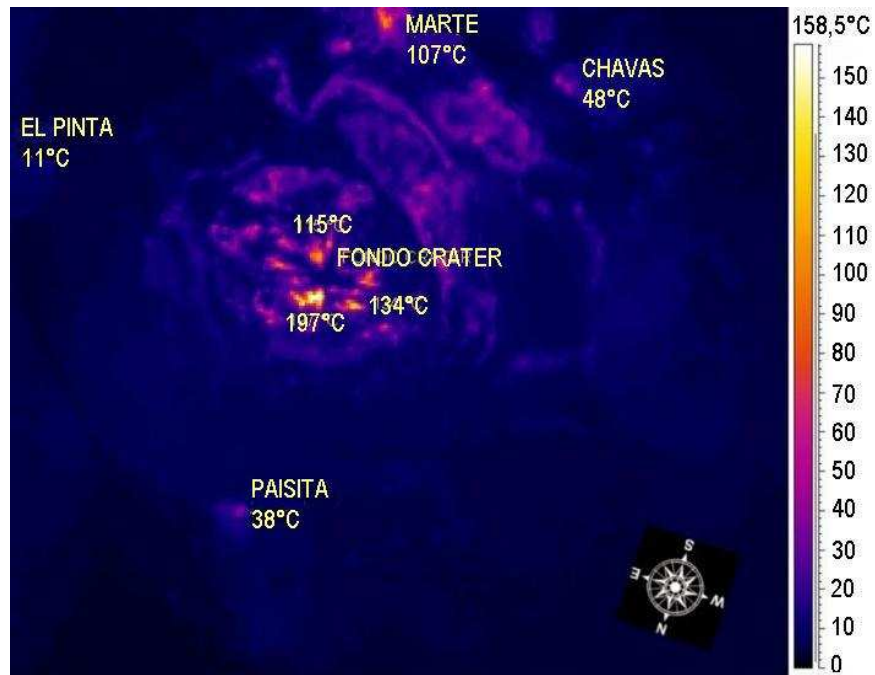


Figura 2.64. Imagen Térmica, abril 7 de 2008, 07:27 a.m.

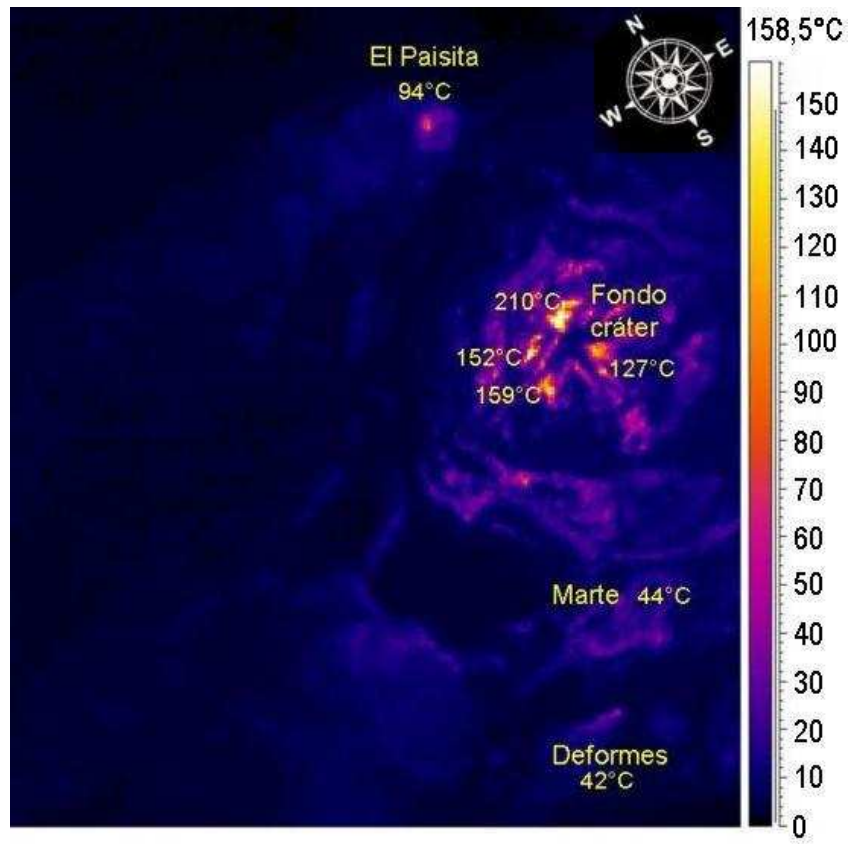


Figura 2.65. Imagen Térmica, abril 8 de 2008, 06:57 a.m.

## 2.9 ESTACION CLIMATICA

La estación climática (1,6 Km S del cono activo) se reinstaló en abril 25. Esta estación telemétrica permite realizar un seguimiento a parámetros del clima como velocidad y dirección del viento, temperatura ambiente, precipitación, presión atmosférica y humedad relativa, los cuales son utilizados para trabajar y correlacionar con otras variables analizadas dentro del monitoreo volcánico.

Los datos de los meses de mayo y junio y los pocos días de abril en que funcionó la estación climática en el primer semestre de 2008 permitieron observar que el viento mantuvo una dirección con un azimut entre 300 y 330 grados desde el norte, lo cual significa una dirección preferencial hacia el NW (Figura 2.66) y el promedio de velocidad del viento fue de 21,2 Km/h (5,9 m/s), en la segunda mitad del mes de junio se nota un ascenso paulatino de los valores de velocidad del viento, siendo el máximo de 86,4 Km/h (24 m/s), el cual se registró en junio 30 (Figura 2.67). El sensor de temperatura sufrió problemas a finales de mayo, por lo cual los datos abarcan solamente un mes, entre abril 25 y mayo 20 de 2008, tiempo en el cual la temperatura ambiente en la cima osciló entre 1°C y 7°C y su promedio aproximado fue de 4,5 °C (Figura 2.68). El pluviómetro trabajó bien en mayo y junio, con un intervalo de oscilación de sus valores entre 0 mm/día y 10 mm/día (Figura 2.69). Los sensores de humedad relativa y presión atmosférica arrojaron valores promedio de 96% y 629 Hpa, respectivamente.

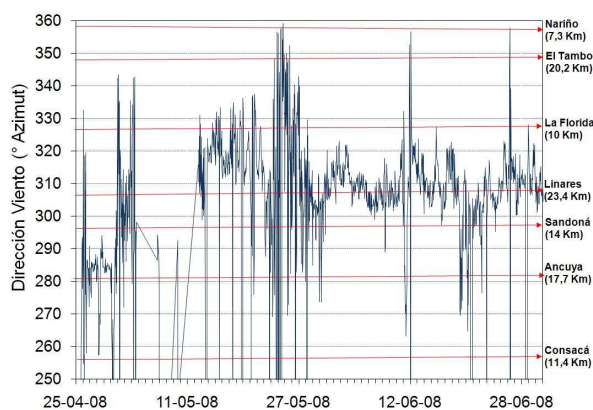


Figura 2.66. Comportamiento de los valores de dirección del viento en la cima de Galeras. Abril a junio de 2008.

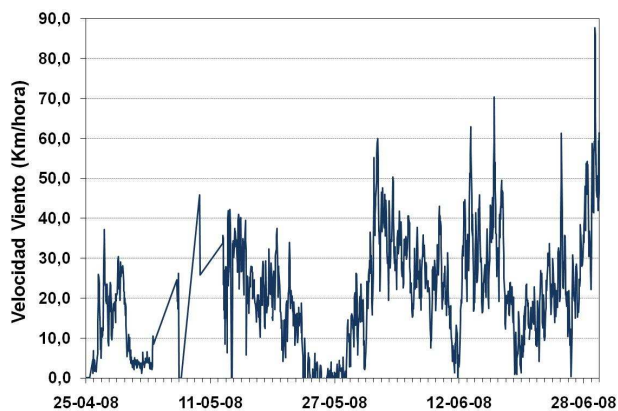


Figura 2.67. Comportamiento de los valores de velocidad del viento en la cima de Galeras. Abril a junio de 2008.

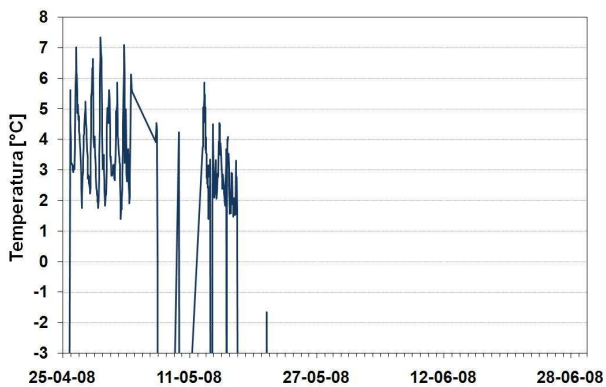


Figura 2.68. Comportamiento de los valores de temperatura en la cima de Galeras. Abril a junio de 2008.

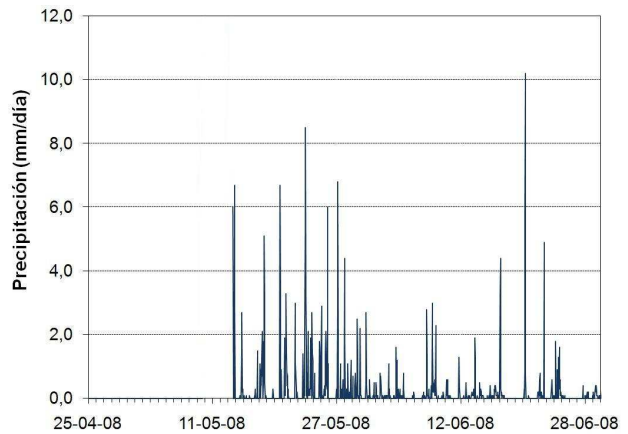


Figura 2.69. Comportamiento de los valores de precipitación en la cima de Galeras. Abril a junio de 2008.

## 2.10 CONCLUSIONES

- El evento más importante de la actividad de Galeras en el primer semestre de 2008 fue la ocurrencia de una erupción explosiva cuyo resplandor, onda de choque y emisión de material fueron observados por gran parte de la población de la ciudad de San Juan de Pasto y por ciudadanos de otros poblados de la zona de influencia de Galeras. Este material eyectado pertenecía a un remanente del domo emplazado en el fondo del cráter principal en enero de 2006.
- Luego de un período de aproximadamente seis meses, donde predominaron procesos asociados con la dinámica de fluidos en el interior del volcán, se presentó una fase de acumulación de presiones internas y de transformaciones geométricas y físicas en el interior del volcán evidenciadas principalmente por la disminución en el registro de los episodios de tremor y por la ocurrencia de eventos tipo Tornillo, etapa que evolucionó tan rápidamente, que pasaron solo 34 horas después de la ocurrencia del primero de los seis Tornillos, para que el proceso desencadenara en una erupción explosiva en enero 17 de 2008, a las 8:06 p.m.
- Los valores de flujo de  $\text{SO}_2$  antes de la erupción eran bajos debido al sello que ejercía el remanente del domo de lava que impedía la salida de gases y contribuyó a la presurización del sistema.
- Antes de la erupción se observó un aumento paulatino de la temperatura alcanzando valores superiores a  $400^\circ\text{C}$  dos meses antes de la erupción de enero 17 de 2008. Después de la erupción, se observó un descenso marcado en la temperatura, bajando a  $160^\circ\text{C}$ .
- El proceso eruptivo elevó considerablemente los niveles de energía de la sismicidad, con relación a los valores del semestre anterior, pero hay que aclarar que a finales del semestre ocurrió el registro de tres eventos de fractura energéticos que se reportaron como sentidos, los cuales elevaron aún más los niveles de energía sísmica liberada.
- Luego de la fase principal de la erupción ocurrió un enjambre de eventos LP asociados con la liberación de los gases magmáticos que se encontraban presurizados y atrapados dentro

del sistema volcánico por el sello que ejercía el remanente del domo de lava emplazado a comienzos de 2006 en el fondo del cráter principal, que fue volado en parte por la explosión y la consecuente emisión de material.

- Comparando la erupción del 17 de enero de 2008 (1800  $\mu\text{m/s}$  en la estación Cufiño) con eventos eruptivos ocurridos en Galeras desde 2004, su nivel energético no supera los niveles de las erupciones de agosto 12 y noviembre 21 de 2004, pero si es mayor que los alcanzados durante los procesos eruptivos de agosto 11 de 2004, noviembre 24 de 2005 y julio 12 de 2006.
- Con la evaluación preliminar de los depósitos generados en la erupción se totalizó un volumen de 868.677  $\text{m}^3$ , correspondiente a 352.385  $\text{m}^3$  emitidos como ceniza y 516.292  $\text{m}^3$  como bloques proyectados balísticamente alrededor de la cima.
- Los análisis preliminares al material eyectado permiten concluir que el material juvenil se encontraba en proceso de cristalización, pero debido a la rapidez del evento eruptivo, el proceso de cristalización quedó incompleto.

## 2.11 BIBLIOGRAFÍA

Instituto Colombiano de Geología y Minería, INGEOMINAS. Boletín Semestral de la Actividad de los Volcanes Colombianos, julio a diciembre de 2007. Informe inédito. Pasto. Abril 2008.

Instituto Colombiano de Geología y Minería, INGEOMINAS. Reportes Mensuales de Actividad del Volcán Galeras. Meses de julio a diciembre de 2007, enero a junio de 2008. Varios autores. Informes inéditos. Pasto. 2008.

## 2.12 PERSONAL PARTICIPANTE

Personal INGEOMINAS Observatorio Vulcanológico de Pasto		
Gómez Martínez Diego Mauricio		Ponce Villarreal Anita Patricia
Cadena Oscar Ernesto		Silva Parra Betty
Narvárez Medina Lourdes		Torres Corredor Roberto Armando
Ortega Estupiñán Adriana Micaela		Mier Richard Andrés
Laverde Castaño Carlos Andrés		Grupo de Estudiantes
Personal INGEOMINAS otras sedes		
Dra. Marta Lucía Calvache		Gustavo Garzón Valencia
Gloria Patricia Cortés		María Luisa Monsalve
Bernardo Pulgarín Alzate		