



## INGEOMINAS – OBSERVATORIO VULCANOLÓGICO Y SISMOLÓGICO DE PASTO

*San Juan de Pasto, 28 de julio de 2010*

La evaluación de los diferentes parámetros del monitoreo volcánico de Galeras, en el período comprendido entre el 20 y el 26 de julio de 2010, permitió continuar con el nivel de actividad en Amarillo ■ (III “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”).

En general durante el periodo evaluado, la actividad de Galeras continúa manteniendo niveles bajos de sismicidad, similares a los reportados en semanas anteriores, caracterizada por un leve aumento, en cuanto a ocurrencia de eventos asociados con fracturamiento de material cortical con posterior movimiento de fluido (Híbridos, HYB), relativa estabilidad en cuanto a eventos que involucran fracturamiento de material cortical (Volcano-Tectónicos, VT) y disminución en el registro de eventos relacionados con movimiento de fluidos de fuente transitoria (Largo Periodo, LP) y eventos de fuente persistente (Tremor, TRE) (Tabla 1, Figuras 1, 2, 3).

De acuerdo con ciertas características de los eventos registrados, se destacan algunos de los eventos LP, porque mostraron una frecuencia dominante en su registro y en ciertos casos, un decaimiento lento de su amplitud.

Se resalta una disminución del 58% en cuanto al registro de eventos no clasificables, sismos que por su nivel energético no cumplen con las condiciones de amplitud mínima en la estación de referencia Anganoy pero que son importantes en la evaluación de la actividad de Galeras (Tabla 1).

En cuanto a la energía sísmica liberada, se observó un aumento para los eventos tipo VT, TRE e HYB; mientras que los eventos tipo LP presentaron disminución en su energía (Tabla 2, Figuras 4, 5 y 6).

El mayor aporte en ocurrencia, se dio por parte de los eventos tipo HYB, seguido de los eventos tipo VT y LP (Tabla 1, Figura 2).

**Tabla 1.** Número de sismos volcánicos por tipo, registrados en las semanas comprendidas entre el 29 de junio de 2010 y el 26 de julio de 2010, incluyendo la semana evaluada en el presente informe, resaltada en color verde.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					
	LPS	HYB	VT	TRE	TOTAL	NO CLASIFICABLES
29-Jun-10 a 05-Jul-10	2	2	5	12	21	111
06-Jul-10 a 12-Jul-10	1	22	12	1	36	256
13-Jul-10 a 19-Jul-10	4	4	2	4	14	315
20-Jul-10 a 26-Jul-10	3	8	3	1	15	133

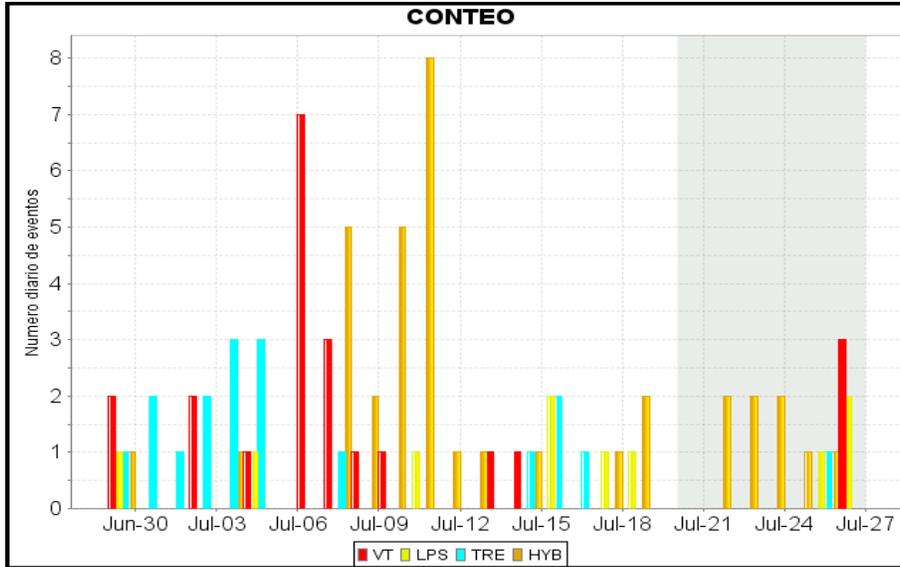


Figura 1. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos entre el 29 de junio de 2010 y el 26 de julio de 2010. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

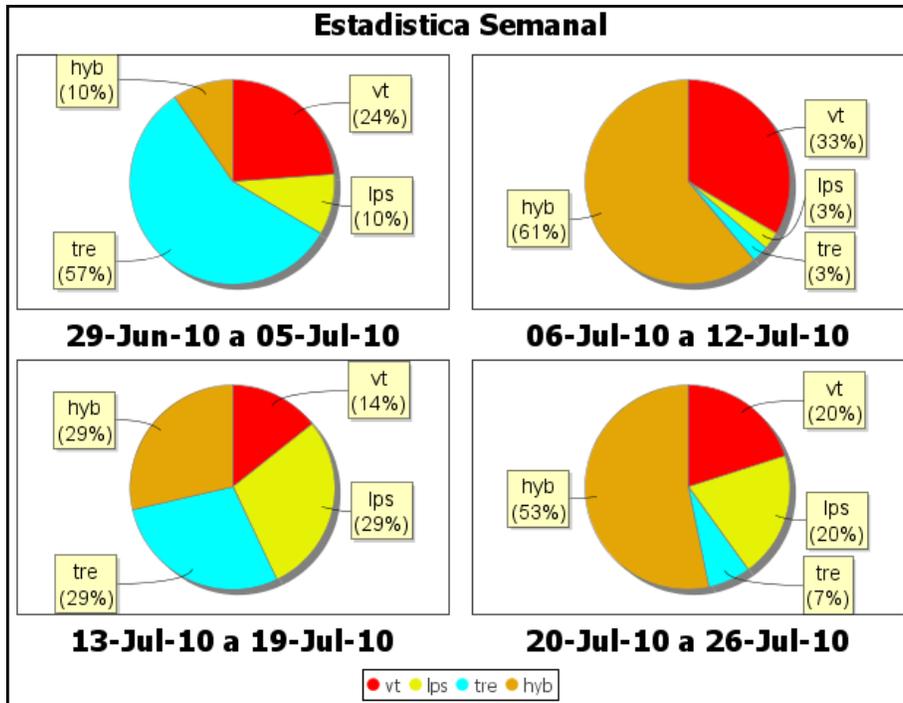


Figura 2. Porcentaje de ocurrencia de eventos sísmicos por tipo para los últimos cuatro periodos semanales, incluyendo el evaluado en este informe.

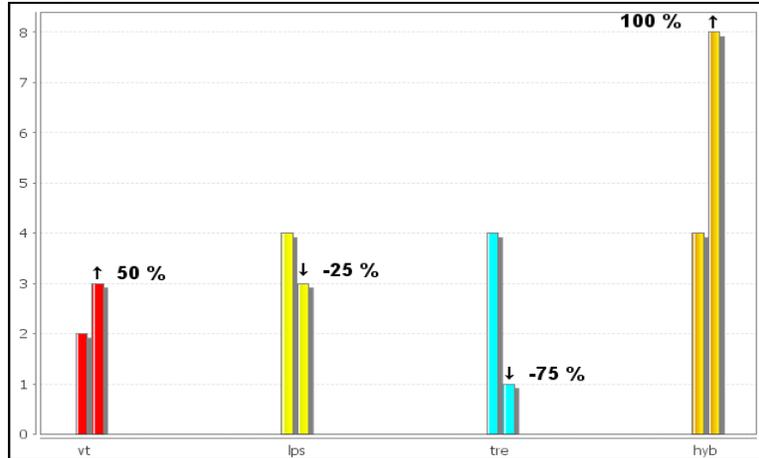


Figura 3. Relación porcentual que compara el número de eventos por tipo ocurridos durante la semana en evaluación, con respecto a la semana anterior.

Respecto al total de la energía liberada durante el periodo evaluado, los eventos tipo VT fueron los que liberaron la mayor cantidad de energía, aportando un 43% del total de la semana; seguido por los eventos tipo TRE, con un 28% (Tabla 2, Figuras 5 y 6).

Tabla 2. Energía liberada de sismos volcánicos por tipo, registrada en las semanas comprendidas entre el 29 de junio de 2010 y el 26 de julio de 2010, incluyendo la semana evaluada en el presente informe, resaltada en color verde.

Periodo Evaluado	Energía (ergios) por tipo de evento				
	LPS	HYB	VT	TRE	TOTAL
29-Jun-10 a 05-Jul-10	3.78E+11	2.26E+09	9.55E+10	1.59E+10	4.91E+11
06-Jul-10 a 12-Jul-10	7.20E+09	3.50E+10	2.38E+13	1.98E+11	2.41E+13
13-Jul-10 a 19-Jul-10	1.77E+10	4.20E+09	5.82E+09	2.67E+10	5.44E+10
20-Jul-10 a 26-Jul-10	1.25E+10	2.42E+10	5.31E+10	3.43E+10	1.24E+11

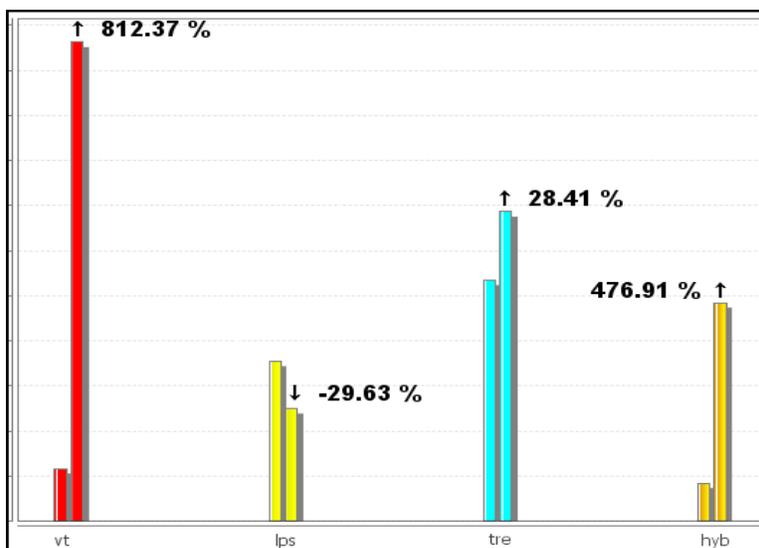


Figura 4. Comparación, entre las dos últimas semanas, de energía sísmica liberada por tipo de evento.

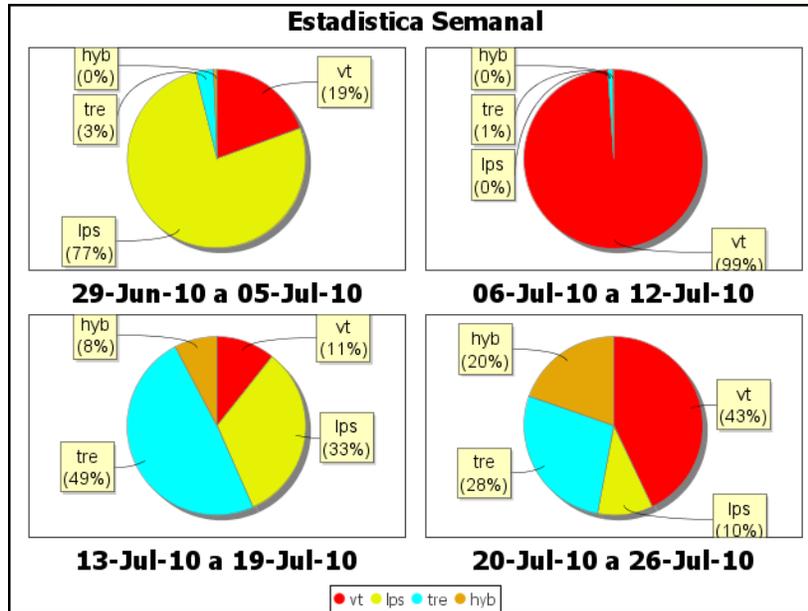


Figura 5. Porcentaje de energía liberada de eventos sísmicos por tipo para los últimos cuatro períodos semanales, incluyendo el evaluado en este informe.

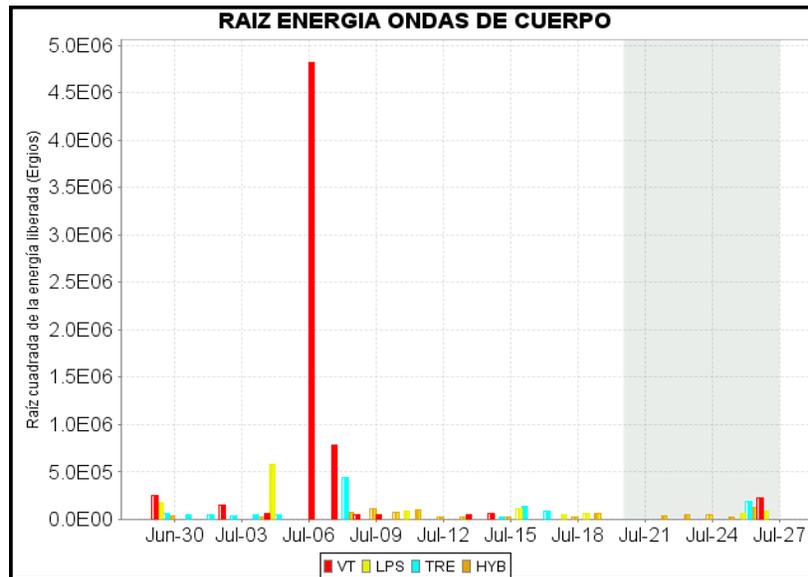


Figura 6. Histograma de la energía liberada (en términos de su raíz cuadrada) de eventos volcánicos por tipo, registrada entre el 29 de junio de 2010 y el 26 de julio de 2010. El recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

De la sismicidad asociada con la dinámica de fluidos al interior del sistema volcánico, registrada entre el 19 y el 20 de julio de 2010, se destaca que algunos de los eventos tipo LP, entre clasificables y no clasificables, mostraron características armónicas, es decir, frecuencias dominantes claramente diferenciables en su espectro, visibles en algunas de las estaciones de la red de Galeras. Las figuras 7, 8, 9 y 10 muestran a manera de ejemplo los sismogramas y los espectros en frecuencia de cuatro de estos eventos.

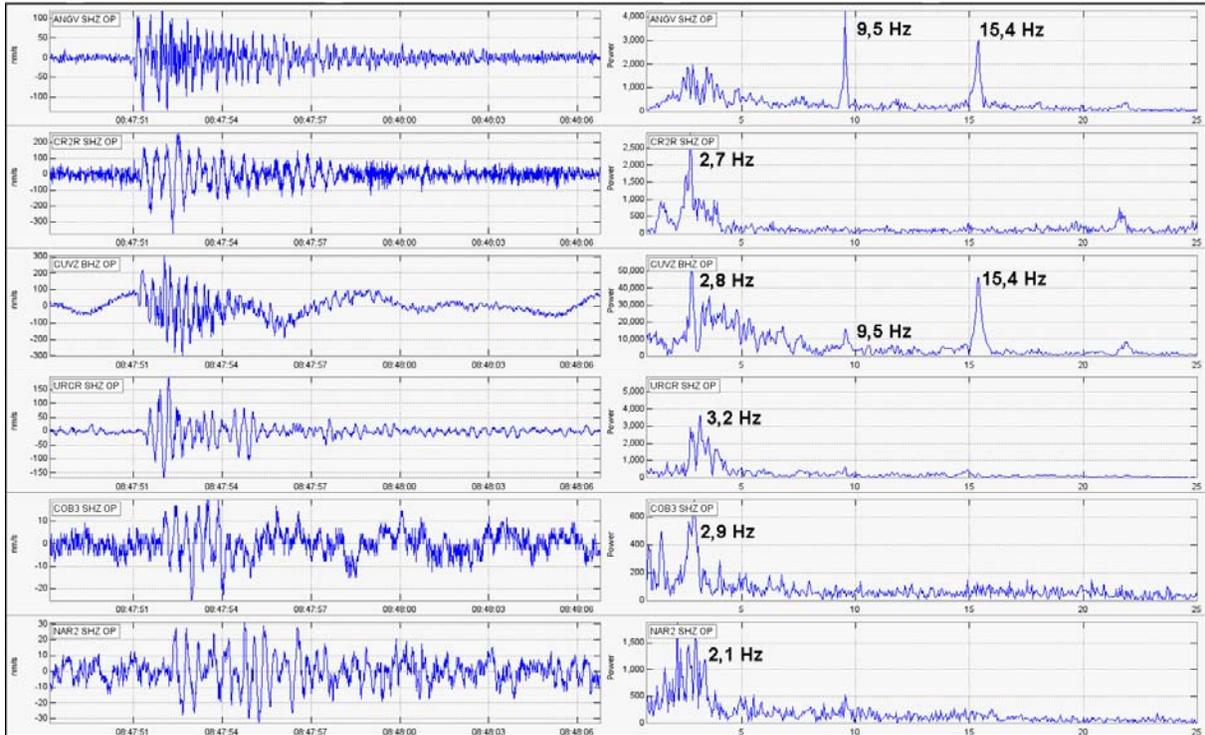


Figura 7. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo LP no clasificable registrado el 20 de julio de 2010 a las 3:46 a.m.

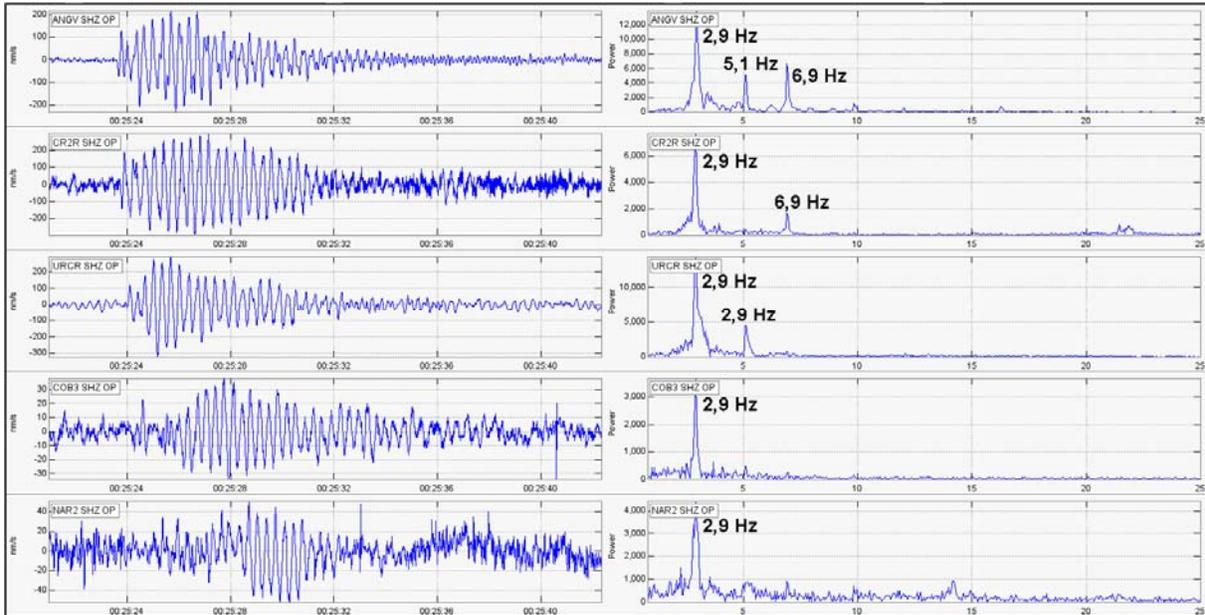


Figura 8. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo LP no clasificable registrado el 22 de julio de 2010 a las 7:25 p.m.

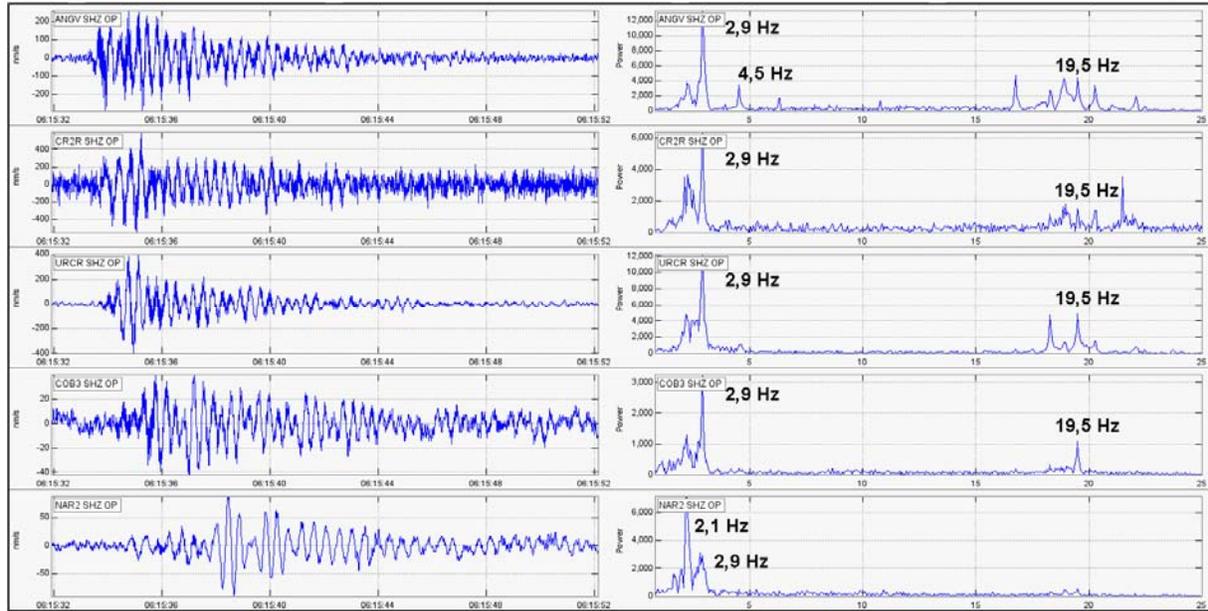


Figura 9. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo LP no clasificable registrado el 25 de julio de 2010 a la 1:15 a.m.

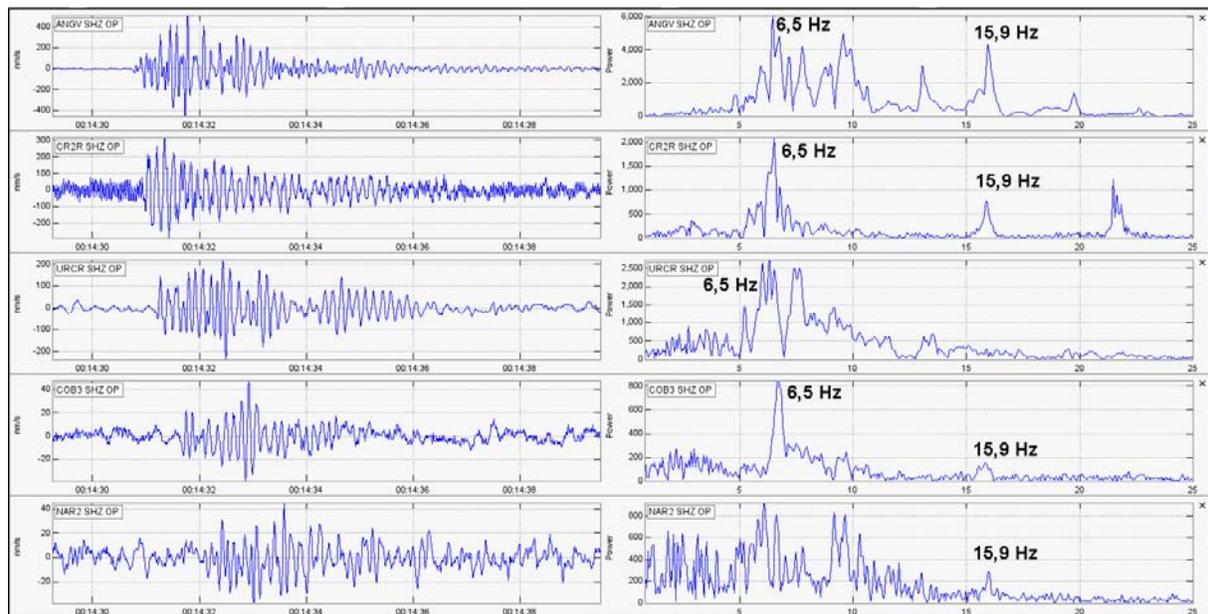
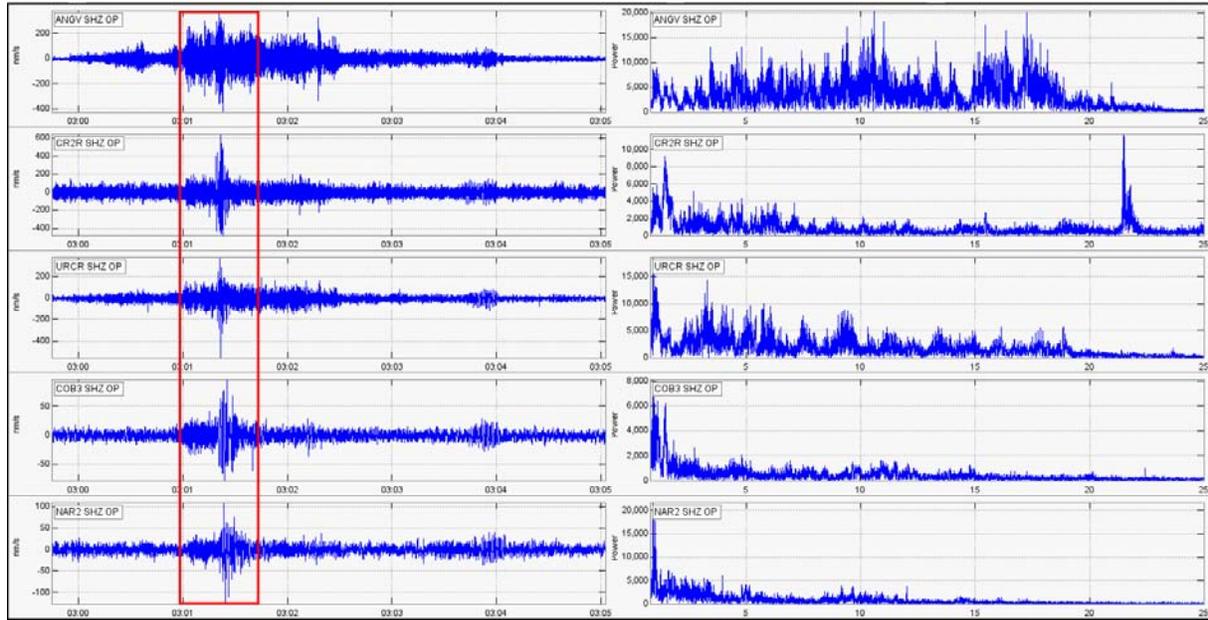


Figura 10. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo LP registrado el 25 de julio de 2010 a las 7:14 p.m.

Durante el periodo evaluado se destaca la ocurrencia del evento tipo TRE - espasmódico registrado el 25 de julio de 2010 a las 9:59 p.m., este episodio de temblor tuvo una duración de 5,5 minutos y una energía liberada de ondas de cuerpo de  $3,43 \times 10^{10}$  ergios en la estación de referencia Anganoy (ANGV) (Figura 11).



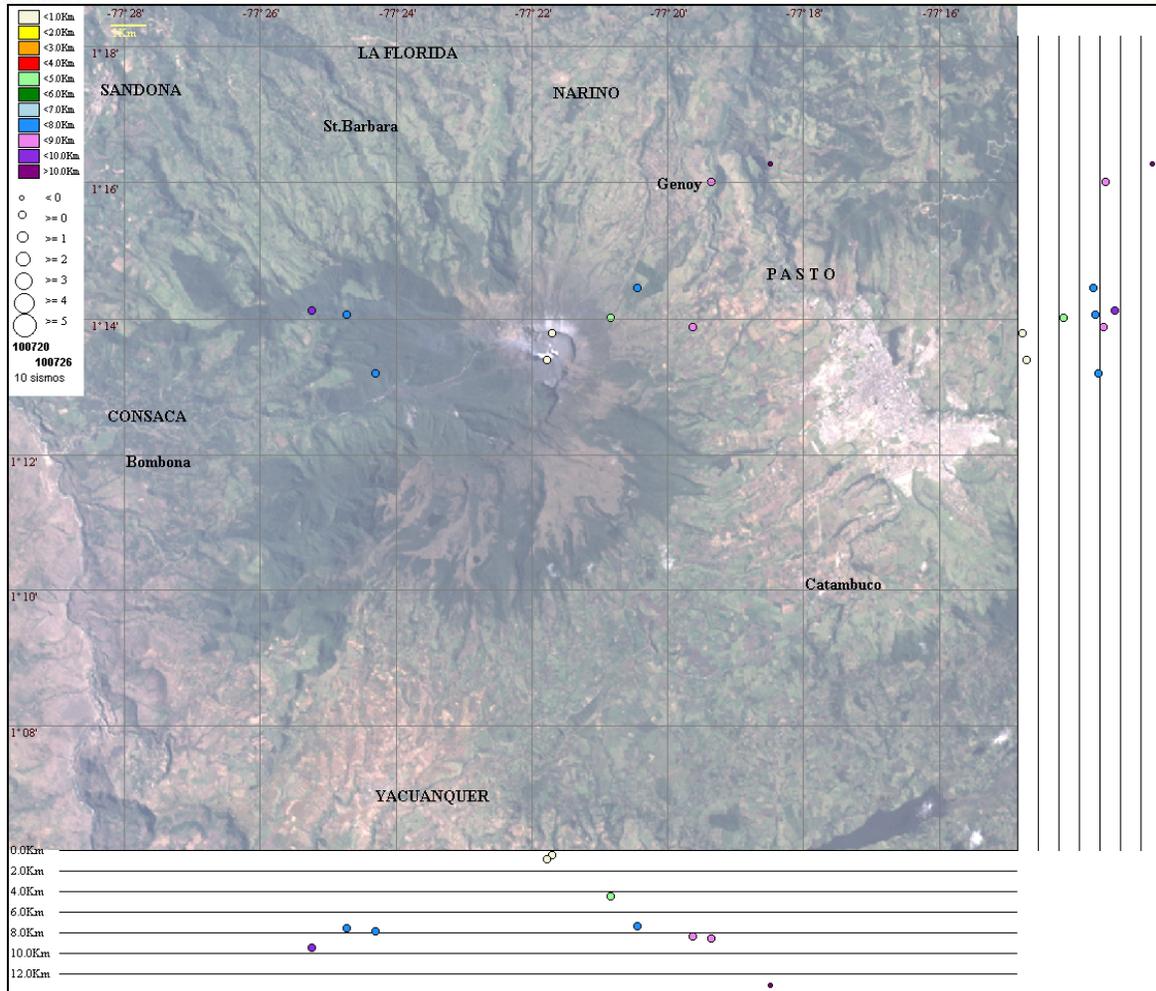
**Figura 11.** Sismogramas y espectro en frecuencia del evento tipo TRE registrado el 25 de julio de 2010 a las 9:59 p.m. El recuadro en rojo resalta el registro de un evento regional el cual coincidió con el registro del temblor

Respecto a los sismos que involucran fracturamiento de material cortical, con base al tiempo de arribo de las ondas P y S y utilizando el programa HYPO71, fue posible obtener una solución de localización para 10 de estos eventos, entre clasificables y no clasificables, 7 de los cuales corresponden a eventos tipo VT y 3 a eventos tipo HYB.

A partir de los parámetros de localización de los eventos VT e HYB, consignados en la tabla 3 y la figura 12 se puede apreciar que los eventos se ubicaron de manera dispersa alrededor del edificio volcánico, con profundidades entre 0,5 y 13 Km respecto a la cima de Galeras y a distancias menores a los 8 Km respecto al cráter principal. Las magnitudes de los sismos localizados se calcularon en un rango entre - 0,1 y 0,7 grados en la escala de Richter.

**Tabla 3.** Parámetros de localización de sismos asociados con fracturamiento de material cortical e híbridos, registrados entre el 20 y el 26 de julio de 2010.

Fecha	Hora	Latitud		Longitud		Prof. (Km)	Magnitud Coda	Magnitud Local	# Fases	GAP	Dist. Min	RMS	ERH	ERZ	Calidad	Tipo
		o	'	o	'											
20/07/2010	01:00:11	1	16.28	77	18.49	13.2	0.7	-0.1	11	284	6.1	0.03	1.2	0.8	C1	GVA
21/07/2010	02:20:03	1	13.2	77	24.31	7.9	0.3	0	12	167	2	0.09	0.4	0.4	B1	GVA
21/07/2010	02:37:29	1	14.07	77	24.74	7.5	0.6	0	7	219	2.9	0.05	0.5	0.5	C1	GVA
21/07/2010	16:27:30	1	13.8	77	21.72	0.5	0.0	0.2	6	331	1.3	0.02	0.2	0.4	C1	GHD
23/07/2010	00:42:54	1	13.4	77	21.79	0.8	-0.4	0.3	8	285	1.2	0.02	0.2	0.3	C1	GHD
24/07/2010	22:58:35	1	13.89	77	19.63	8.3	0.5	0.5	10	276	2	0.07	0.6	0.4	C1	GVA
25/07/2010	03:43:48	1	14.02	77	20.85	4.5	0.5	0.6	11	175	1.4	0.05	0.2	0.3	B1	GHD
26/07/2010	17:01:27	1	16.02	77	19.36	8.6	0.3	0.1	10	284	4.5	0.06	0.6	0.4	C1	GVA
26/07/2010	17:04:31	1	14.46	77	20.45	7.4	0.5	0.7	16	200	2.4	0.08	0.3	0.3	C1	GVA
26/07/2010	17:27:51	1	14.13	77	25.25	9.5	0.8	0.7	16	243	2.9	0.1	0.6	0.5	C1	GVA



**Figura 12.** Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura e híbridos registrados entre el 20 y el 26 de julio de 2010, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2 Km de profundidad, el tamaño de los círculos que representan los sismos depende de su  $M_L$  y el color su profundidad, de acuerdo con las convenciones ubicadas en la parte superior izquierda de la figura.

Por su parte, los inclinómetros electrónicos localizados en el edificio volcánico, los cuales nos brindan información sobre los procesos de deformación de Galeras, mostraron lo siguiente:

El inclinómetro Cráter (ubicado a 0,8 Km al este-noreste del cráter principal, 4060 msnm), muestra un comportamiento relativamente estable en sus componentes Tangencial y Radial, similar al reportado en la semana anterior. Sin embargo, al final del periodo evaluado, la componente radial muestra una variación que puede estar relacionada a cambios en la temperatura (Figura 13).

Respecto a la componente tangencial del inclinómetro Peladitos (1,4 Km al sureste del cráter principal, 3850 msnm), se observó que entre el 1 de enero de 2010 y el 20 de julio de 2010 continuó con un comportamiento levemente ascendente, acumulando una variación de 34  $\mu$ rad, a partir del 20 de julio y hasta la fecha de cierre de este informe esta componente muestra un comportamiento relativamente estable. Respecto a la componente radial, muestra un comportamiento con fluctuaciones que se asemejan al inverso de la señal observada en el canal de temperatura (Figura 14).

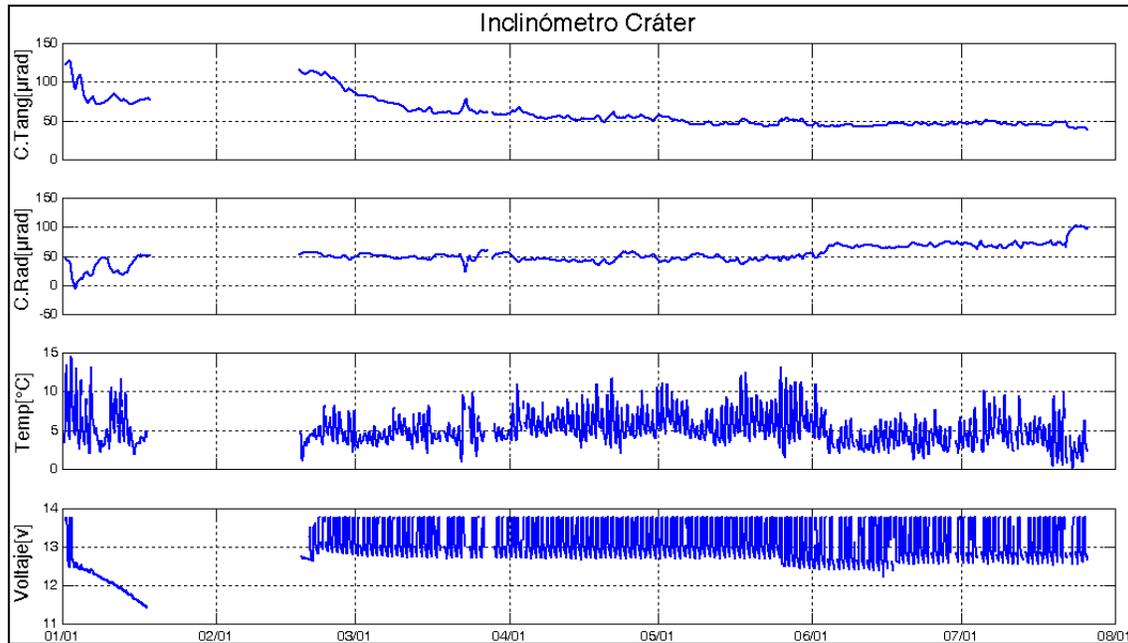


Figura 13. Componentes de inclinación radial (Y) y tangencial (X) junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del sistema de alimentación del inclinómetro Cráter, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2010 y el 26 de julio de 2010.

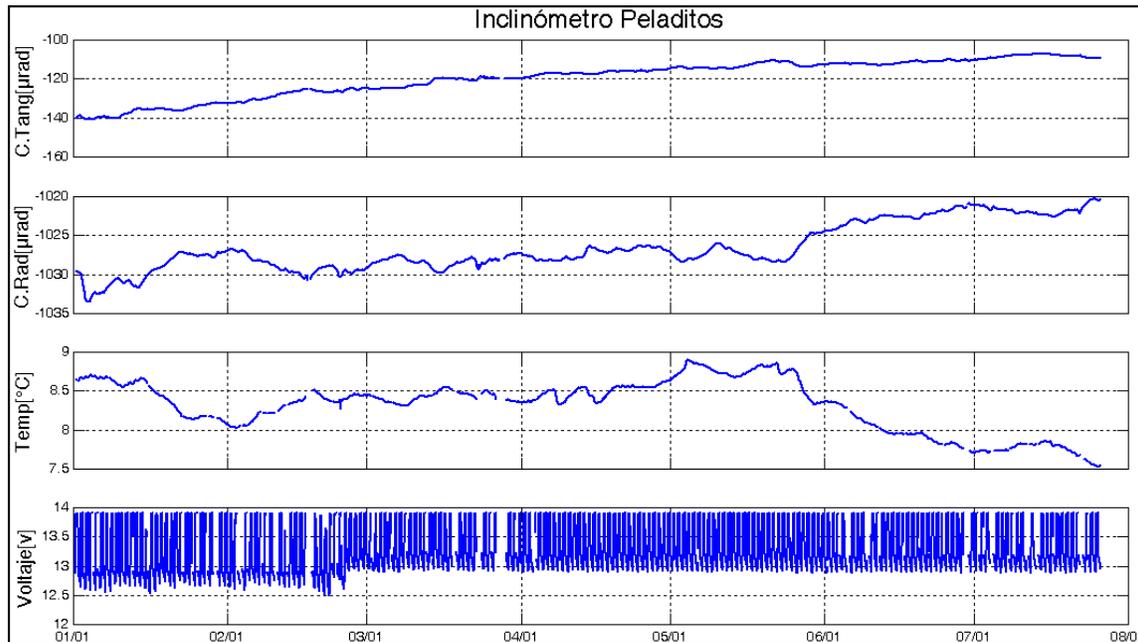
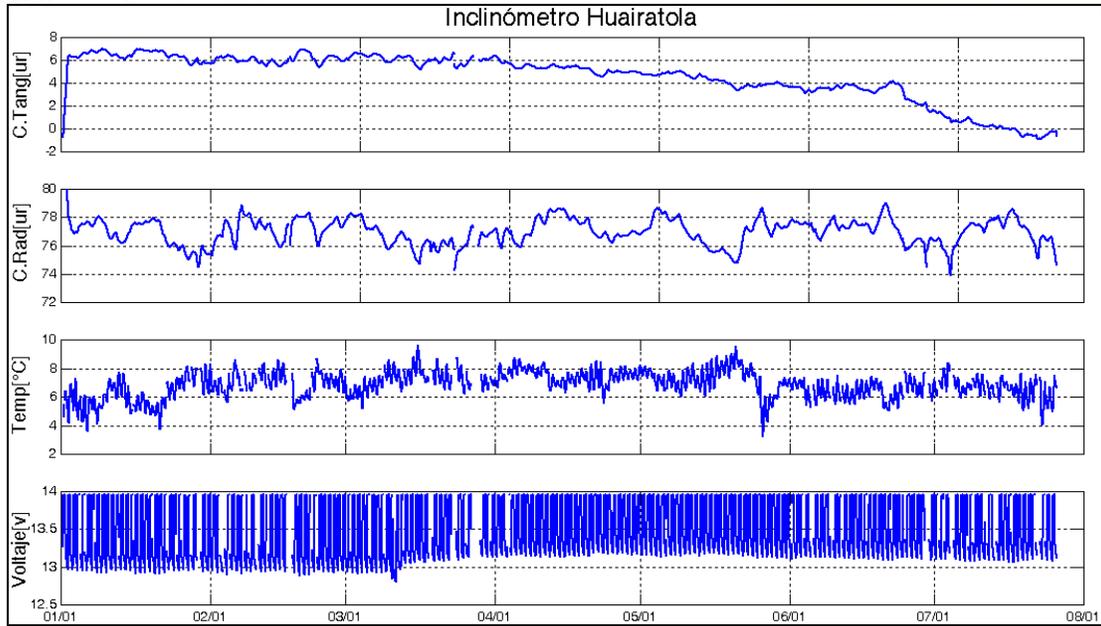


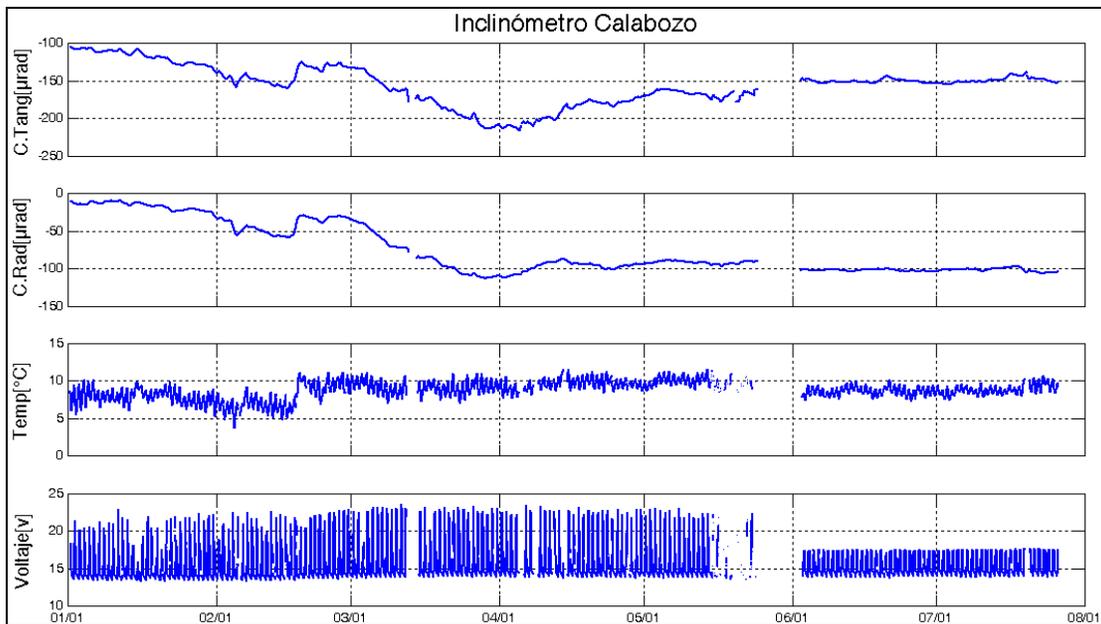
Figura 14. Componentes de inclinación radial (Y) y tangencial (X) junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del sistema de alimentación del inclinómetro Peladitos, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2010 y el 26 de julio de 2010.

La componente tangencial del inclinómetro Huairatola (1,7 Km al norte del cráter principal, 3745 msnm) muestra desde el 1 de enero de 2010 un comportamiento levemente descendente, el cual acumula una variación de 3  $\mu\text{rad}$  hasta el 15 de junio de 2010. A partir del 15 de junio de 2010 este comportamiento descendente se hace más pronunciado y acumula, hasta el 26 de junio de 2010 una variación de 4  $\mu\text{rad}$ . Respecto a la componente radial se observa un comportamiento relativamente estable (Figura 15).



**Figura 15.** Componentes de inclinación radial (Y) y tangencial (X), junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del sistema de alimentación del inclinómetro Huairatola, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2010 y el 26 de julio de 2010.

En cuanto al inclinómetro Calabozo (6,8 Km al oeste-suroeste del cráter principal, 2350 msnm), se observa que tanto la componente Tangencial, como Radial registraron un comportamiento levemente estable con pequeñas fluctuaciones (Figura 16).



**Figura 16.** Componentes de inclinación radial (X) y tangencial (Y), junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del sistema de alimentación del inclinómetro Calabozo, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2010 y el 26 de julio de 2010.

El inclinómetro Cobanegra (3,9 Km al sur-sureste del cráter principal, 3610 msnm), muestra que tanto la componente tangencial como radial, entre el 1 de enero y el 6 de junio de 2010 tuvieron un comportamiento descendente, el cual, desde el 7 de junio de 2010 tiende a estabilizarse en las dos componentes (Figura 17).

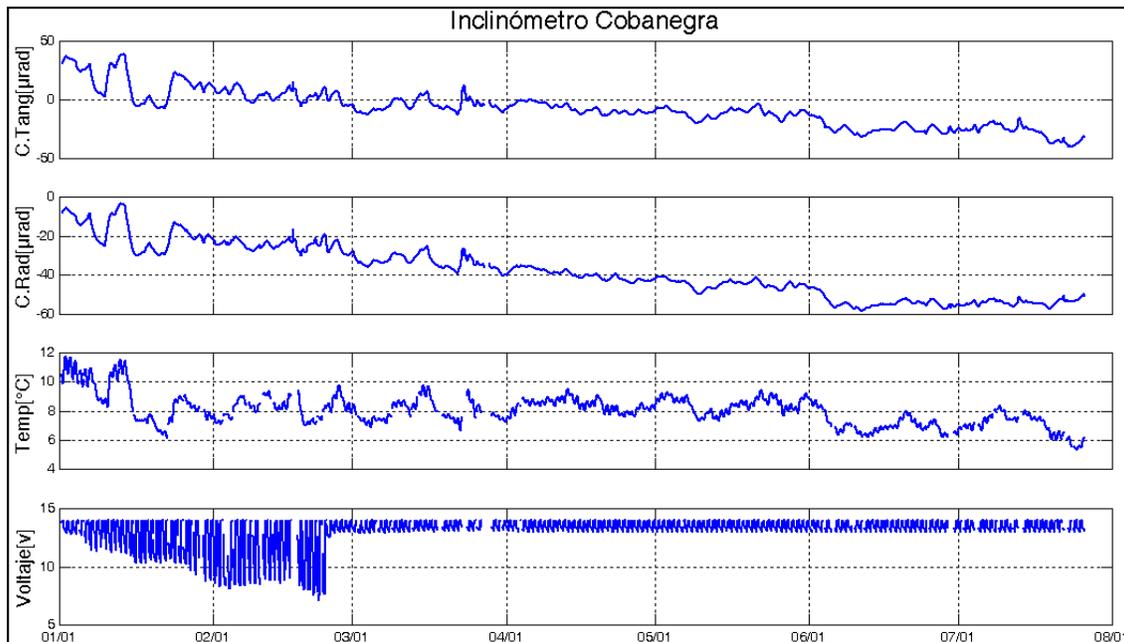


Figura 17. Componentes de inclinación radial (X) y tangencial (Y), junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del sistema de alimentación del inclinómetro Cobanegra, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2010 y el 26 de julio de 2010.

Con relación al monitoreo de las emisiones de Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ) a la atmósfera, provenientes del volcán, las estaciones ScanDOAS (ubicadas en el sector noroccidental del edificio volcánico) del proyecto NOVAC (<http://www.novac-project.eu/>) en Galeras no registraron datos con flujo de  $\text{SO}_2$ . además, en el transcurso del periodo evaluado no se realizaron mediciones con el instrumento MovilDOAS en la vía circunvalar al Galeras.

De acuerdo con las imágenes obtenidas por el sensor OMI (*Ozone Monitoring Instrument*), acoplado al satélite Aura, que es el tercer satélite del Sistema de Observación Terrestre (Earth Observing System) de la NASA, no se tiene registro de concentraciones de  $\text{SO}_2$  emitido por Galeras para el periodo evaluado.

Respecto a la actividad superficial, se documentó a partir de observaciones directas hacia la cima desde la sede del OVSP y por videos de la cámara Web instalada en el OVSP, se destaca que a pesar de contar en general con buenas condiciones climáticas, no fue posible evidenciar actividad superficial. Sin embargo, el 21 de julio de 2010 se recibieron reportes por parte de la Coordinadora del CREPAD desde la población de Consacá, sobre emisión de gases de manera pulsátil, de coloración blanca, en poca cantidad, tanto desde el interior del cráter principal como de otros sectores del cono activo. Además, el 22 y 24 de julio de 2010 se recibieron reportes de olores a gases azufrados desde el norte y occidente de la ciudad de Pasto.

En reconocimiento aéreo realizado el 23 de julio de 2010 con el apoyo de la Fuerza Aérea Colombiana FAC (Helicóptero Huey II), fue posible registrar imágenes digitales del cono volcánico de Galeras. En las imágenes se observa entre las nubes expulsión de gases de color blanco desde el cráter secundario Las Chavas y salida de gas a manera de pulsos desde el cráter principal (Figuras 18 y 19). Durante el sobrevuelo no se percibió olor a azufre.



**Figura 18.** Registro fotográfico tomado durante el sobrevuelo a la zona de influencia de Galeras, el cual se realizó en horas de la mañana del 23 de julio de 2010 con el apoyo de la Fuerza Aérea Colombiana. En la fotografía se observa salida de gas por entre las nubes.



**Figura 19.** Registro fotográfico tomado durante el sobrevuelo a la zona de influencia de Galeras, el cual se realizó en horas de la mañana del 23 de julio de 2010 con el apoyo de la Fuerza Aérea Colombiana. En la fotografía se observa salida de gas desde el cráter secundario Las Chavas.



## CONCLUSIONES

- Teniendo en cuenta los niveles bajos de ocurrencia y energía sísmica liberada, la ausencia de registro instrumental de dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) y las bajas variaciones mostradas por la red de inclinómetros de Galeras, se hace evidente que, dentro del actual contexto, el sistema volcánico refleja un estado de actividad poco energético.
- Si bien la actividad actual en Galeras continúa mostrando cambios, el comportamiento registrado permite pensar en la posibilidad de que se requiera algún tiempo para que se generen nuevas condiciones de sobrepresión.

Teniendo como base lo anteriormente expuesto, el nivel de actividad durante el periodo evaluado se mantuvo en:

Nivel Amarillo ■ (III) "Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica".