

## INGEOMINAS – OBSERVATORIO VULCANOLÓGICO Y SISMOLÓGICO DE PASTO

*San Juan de Pasto, 1 de junio de 2010*

La evaluación de los diferentes parámetros del monitoreo volcánico de Galeras, en el período comprendido entre el 25 y el 31 de mayo 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 el aumento, en cuanto a ocurrencia, de eventos relacionados con movimiento de fluidos de fuente persistente (Tremor, TRE); un leve aumento en el registro de eventos que involucran fracturamiento de material cortical (Volcano-Tectónicos, VT) y disminución de eventos relacionados con movimiento de fluidos de fuente transitoria (Largo Periodo, LP) y disminución de eventos asociados con fracturamiento de material cortical con posterior movimiento de fluido (Híbridos, HYB) (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.

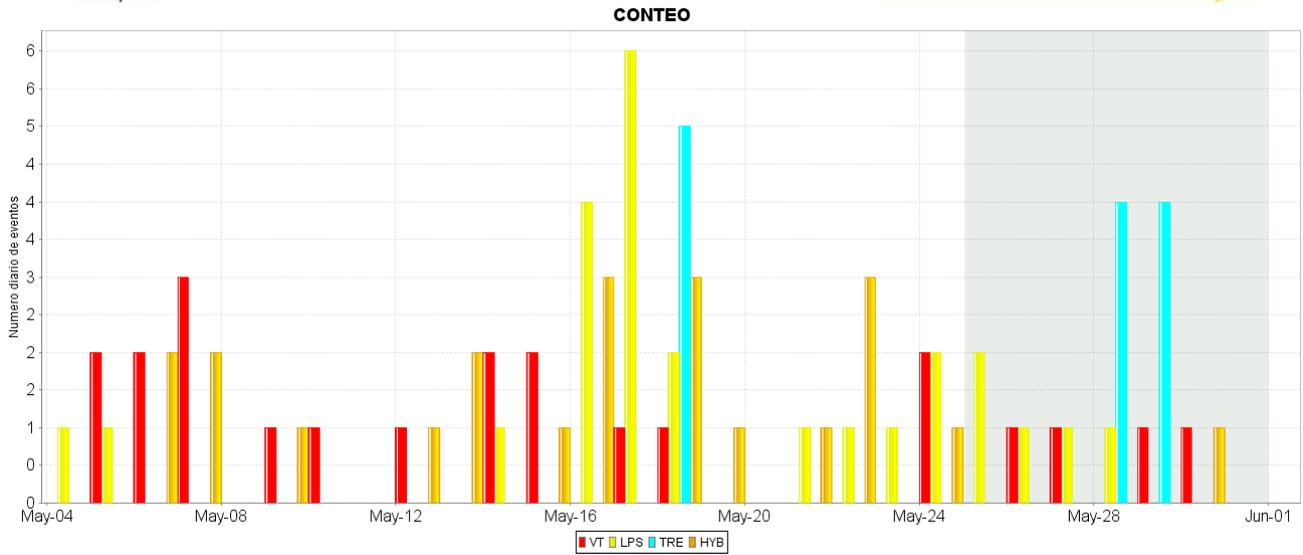
Se resalta la relativa estabilidad en cuanto al registro de eventos no clasificables, sismos que por su nivel energético no cumplen con las condiciones de amplitud mínima en la estación de referencia Anganoy; pero que son importantes en la evaluación de la actividad de Galeras (Tabla 1).

En cuanto a la energía sísmica liberada, se observó un aumento para los eventos tipo TRE y VT; mientras que los eventos tipo LP e HYB 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 TRE, seguido de los eventos tipo LP (Tabla 1, Figura 2).

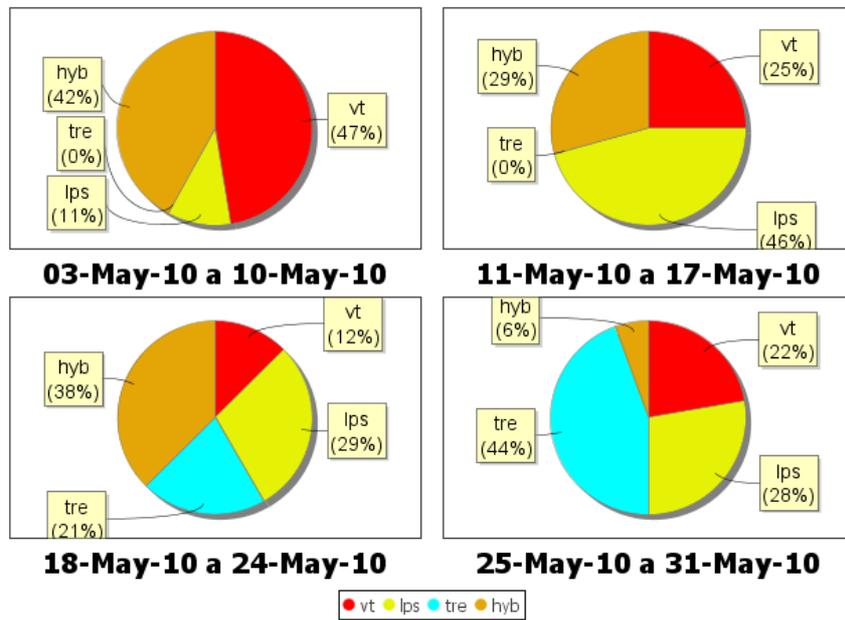
**Tabla 1.** Número de sismos volcánicos por tipo, registrados en las semanas comprendidas entre el 4 y el 31 de mayo de 2010, incluyendo la semana evaluada en el presente informe, resaltada en color verde.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo						Duración TRE (min)
	LPS	HYB	VT	TRE	TOTAL	NO CLASIFICABLES	
04-May-10 a 10-May-10	2	5	9	0	16	167	0
11-May-10 a 17-May-10	11	7	6	0	24	191	0
18-May-10 a 24-May-10	7	9	3	5	24	365	14.2
25-May-10 a 31-May-10	5	1	4	8	18	354	110.6

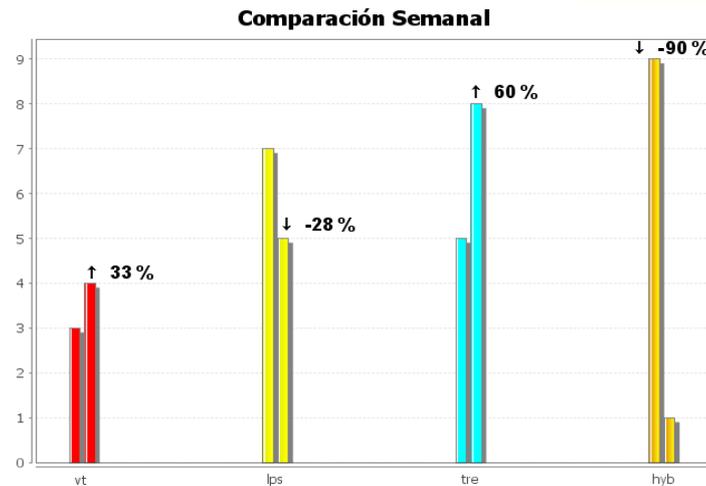


**Figura 1.** Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos entre el 4 y el 31 de mayo de 2010. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

**Estadística Semanal**



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

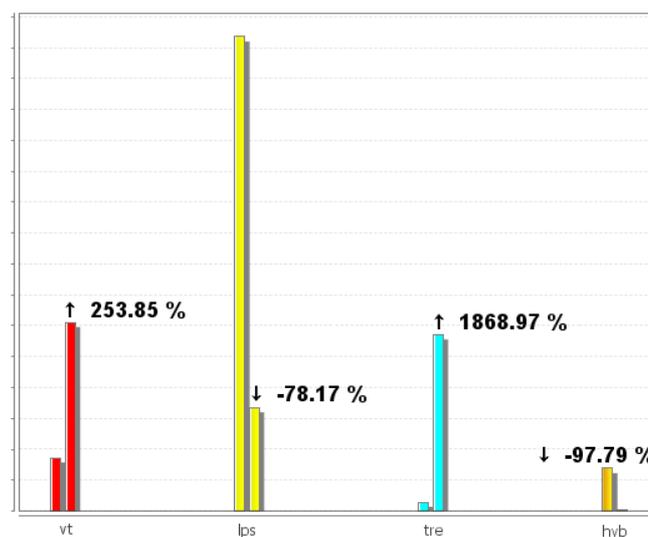


**Figura 3.** Relación porcentual que compara el número de eventos por tipo ocurridos durante la semana en evaluación, con respecto a la semana anterior.

En comparación con la semana comprendida entre el 18 y el 24 de mayo de 2010, los niveles de energía sísmica liberada registraron un aumento para los eventos tipo VT y TRE (Tabla 2, Figura 4), siendo estos primeros los que liberaron mayor cantidad de energía, aportando un 40% del total de la semana; seguido por los eventos tipo TRE, con un 38% (Tabla 2, Figura 5, Figura 6).

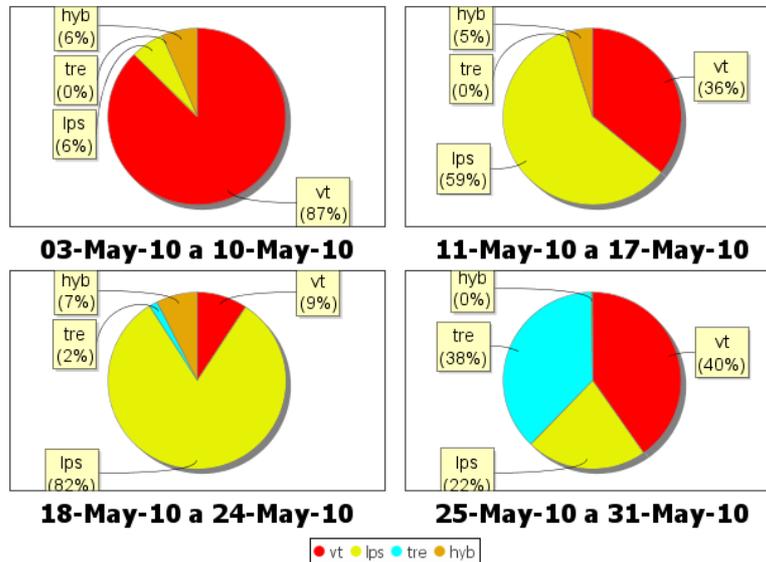
**Tabla 2.** Energía liberada de sismos volcánicos por tipo, registrada en las semanas comprendidas entre el 4 y el 31 de mayo de 2010, incluyendo la semana evaluada en el presente informe, resaltada en color verde.

Periodo Evaluado	Energía (ergios) por tipo de evento				
	VT	LPS	TRE	HYB	TOTAL
03-May-10 a 10-May-10	3.05E+11	2.15E+10	0	2.21E+10	3.48E+11
11-May-10 a 17-May-10	1.83E+11	3.03E+11	0	2.47E+10	5.11E+11
18-May-10 a 24-May-10	1.73E+10	1.54E+11	2.90E+09	1.38E+10	1.88E+11
25-May-10 a 31-May-10	6.11E+10	3.35E+10	5.71E+10	3.05E+08	1.52E+11

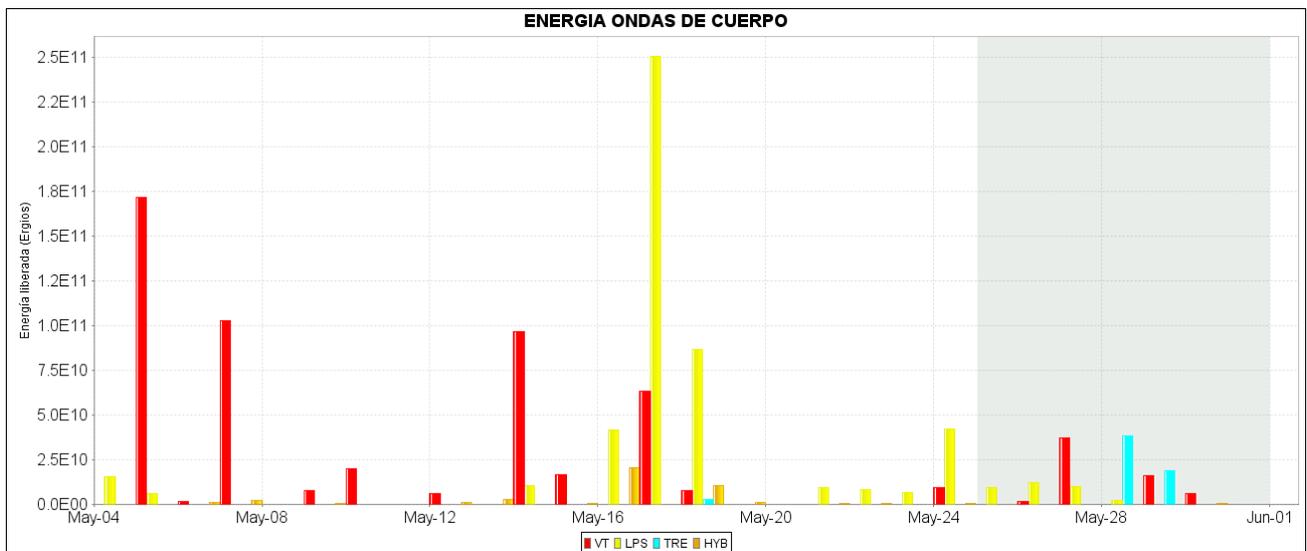


**Figura 4.** Comparación, entre las dos últimas semanas, de energía sísmica liberada por tipo de evento.

### Estadística Semanal

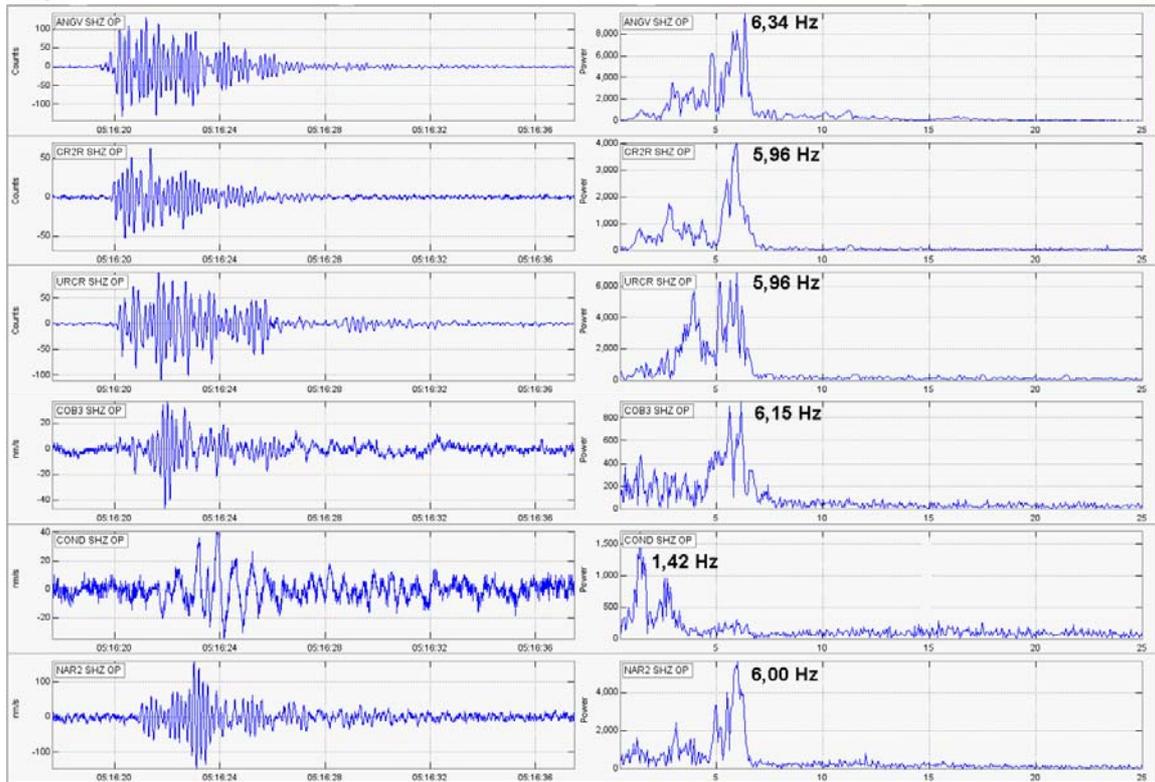


**Figura 5.** Porcentaje de energía liberada de eventos sísmicos por tipo para los últimos cuatro períodos semanales, incluyendo el evaluado en este informe.

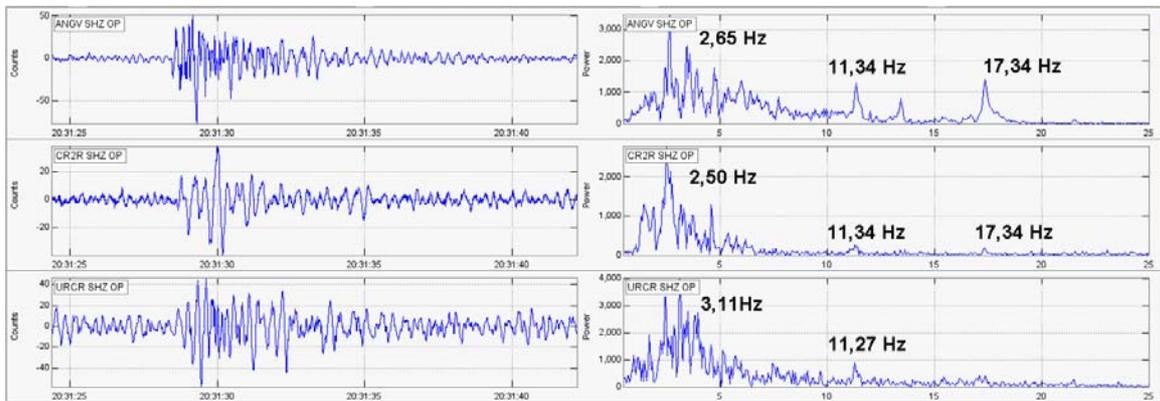


**Figura 6.** Histograma de la energía liberada de eventos volcánicos por tipo, registrada entre el 6 de abril y el 3 de mayo de 2010. El recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

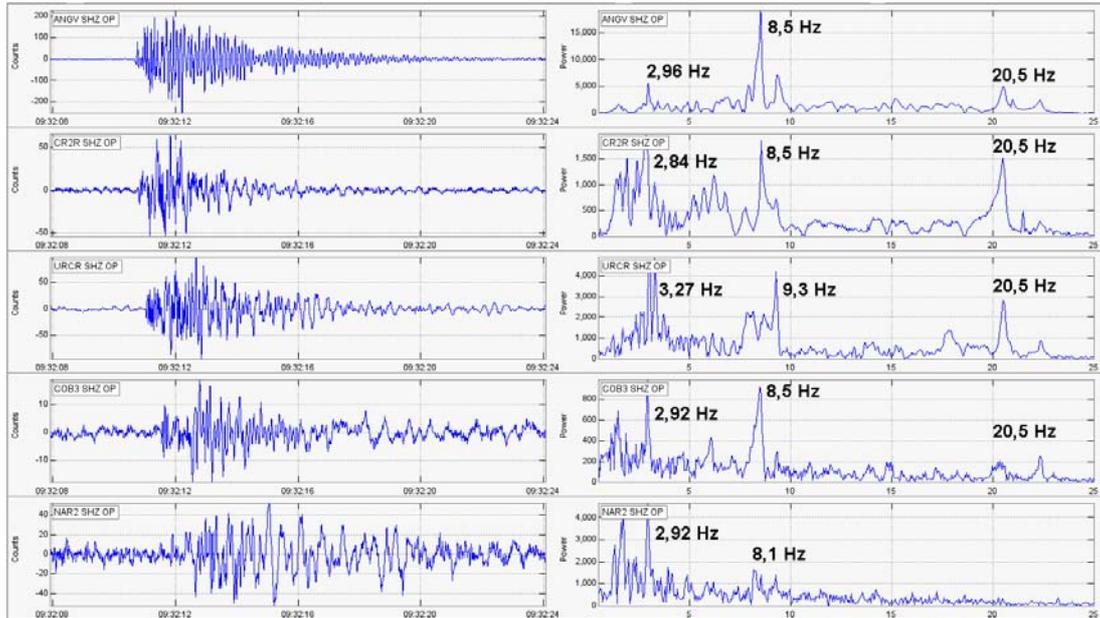
De la sismicidad asociada con la dinámica de fluidos al interior del sistema volcánico, registrada entre el 25 y el 31 de mayo de 2010, se destaca que algunos de los eventos tipo LP, entre clasificables y no clasificables, tuvieron un registro caracterizado por presentar una lenta atenuación en la parte final del evento. Las figuras 7, 8, 9 y 10 muestran a manera de ejemplo los sismogramas y los espectros en frecuencia de cuatro de estos eventos.



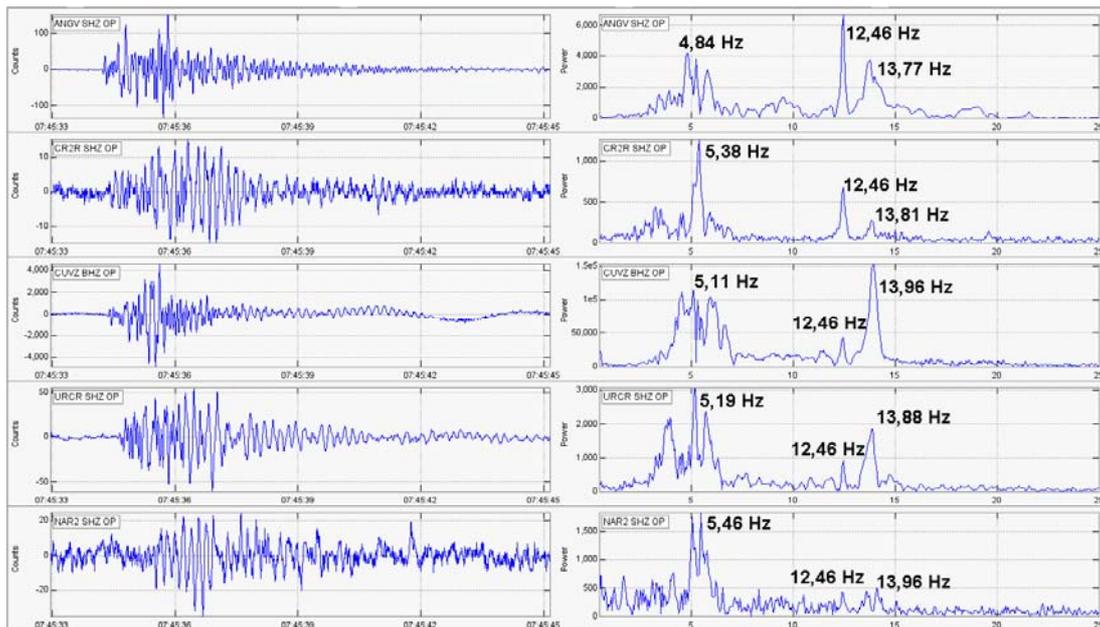
**Figura 7.** Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo LP registrado el 25 de mayo de 2010 a las 00:16 a.m.



**Figura 8.** Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo LP no clasificable registrado el 25 de mayo de 2010 a las 3:31 p.m.

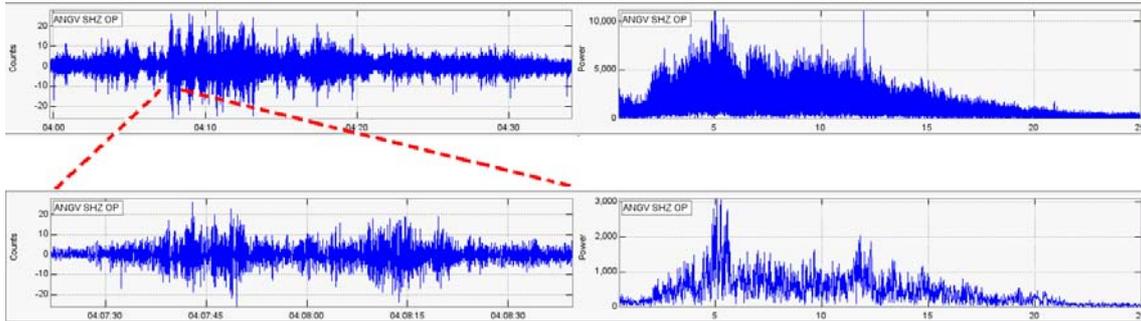


**Figura 9.** Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo LP registrado el 27 de mayo de 2010 a las 4:32 a.m.



**Figura 10.** Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo LP registrado el 28 de mayo de 2010 a las 2:45 a.m.

Como se mencionó anteriormente, durante el periodo evaluado se destaca también el aumento en cuanto a ocurrencia y energía liberada de eventos tipo TRE. El registro de todos los episodios de tremor totalizó 110 minutos, y en su mayoría presentaron frecuencias dominantes alrededor de los 5 Hz en la estación de referencia Anganoy (ANGV). La figura 11 muestra a manera de ejemplo el sismograma y el espectro en frecuencia del evento tipo TRE registrado el 29 de mayo de 2010 a las 10:59 p.m., el cual tuvo una duración de 20,12 minutos y su frecuencia dominante fue de 5,25 Hz.



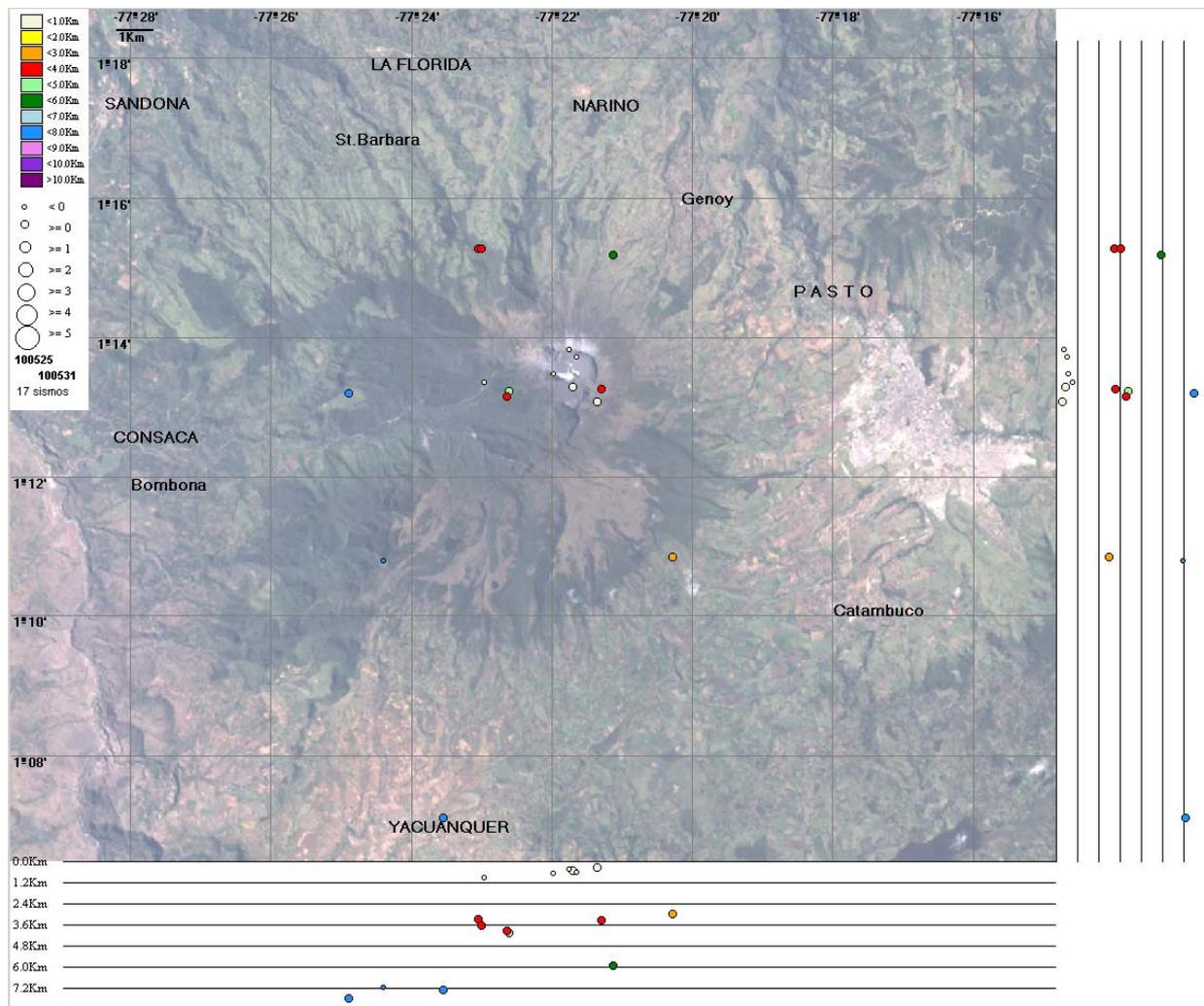
**Figura 11.** Sismograma y espectro en frecuencia del evento tipo TRE registrado el 29 de mayo de 2010 a las 10:59 p.m.

Respecto a los sismos que involucran fracturamiento de material cortical y con base al tiempo de arribo de las ondas P y S a las estaciones de monitoreo volcánico en Galeras, aplicando el algoritmo de Geigger y utilizando el programa HYPO71, fue posible obtener una solución de localización para 17 de estos eventos, entre clasificables y no clasificables, 11 de los cuales corresponden a eventos tipo VT y 6 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 0,3 y 8 Km; la mayoría de eventos se registraron en profundidades menores a 4 Km, con respecto a la cima de Galeras y a distancias menores a los 7 Km respecto al cráter principal. Las magnitudes de los sismos localizados se calcularon en un rango entre -0,6 y 0,8 grados en la escala de Richter.

**Tabla 3.** Parámetros de localización de sismos asociados con fracturamiento de material cortical e híbridos, registrados entre el 25 y el 31 de mayo de 2010.

Fecha	Hora	Latitud		Longitud		Prof. (Km)	Magnitud Coda	Magnitud Local	# Fase	GAP	Dist. Min	RMS	ERH	ERZ	Calidad	Tipo
		°	'	°	'											
26/05/2010	00:14:19	1	13.28	77	21.31	3.3	0.8	0.3	9	124	0.3	0.03	0.1	0.2	B1	GVA
26/05/2010	03:36:50	1	5.05	77	18.93	5.9	0.5	0	10	336	11.6	0.08	0.8	0.3	C1	GVA
26/05/2010	11:13:52	1	13.25	77	22.62	4.0	0.8	0.4	10	179	2.5	0.07	0.3	0.5	B1	GVA
27/05/2010	14:04:34	1	13.09	77	21.38	0.3	1.1	0.6	11	159	0.6	0.1	0.3	0.8	B1	GVA
28/05/2010	21:39:16	1	15.2	77	21.15	5.9	0.8	0	7	195	1.9	0.05	1.8	0.4	C1	GVA
29/05/2010	09:47:51	1	10.86	77	20.29	3.0	0.8	0.3	11	220	0.8	0.08	0.3	0.6	C1	GVA
29/05/2010	14:28:50	1	15.29	77	23.06	3.3	1.9	0.8	11	238	2.8	0.06	0.5	0.7	C1	GVA
30/05/2010	00:35:13	1	13.3	77	21.72	0.5	0.2	0.3	8	265	1	0.04	0.3	0.5	C1	GHD
30/05/2010	00:48:55	1	15.29	77	23.02	3.6	1.1	0.6	12	237	2.7	0.05	0.4	0.5	C1	GVA
30/05/2010	00:51:33	1	13.72	77	21.66	0.6	-0.2	-0.6	7	282	1.1	0.02	0.2	0.3	C1	GHD
30/05/2010	06:08:12	1	7.11	77	23.56	7.3	0.3	0.1	8	345	9.1	0.08	1.9	0.3	C1	GVA
30/05/2010	07:35:30	1	13.48	77	21.99	0.7	-0.7	-0.3	8	288	1.5	0.04	0.3	0.7	C1	GHD
30/05/2010	09:57:18	1	13.84	77	21.76	0.4	-0.8	0	6	333	1.4	0.02	0.2	0.6	C1	GHD
30/05/2010	16:16:17	1	10.79	77	24.4	7.2	0.7	-0.5	13	302	2.7	0.06	0.4	0.3	C1	GVA
30/05/2010	16:43:48	1	13.21	77	24.9	7.8	1.6	0	14	274	4.5	0.08	0.4	0.1	C1	GVA
31/05/2010	19:37:22	1	13.16	77	22.66	4.0	0.5	0.3	10	180	2.4	0.07	0.3	0.5	B1	GHD
31/05/2010	23:23:39	1	13.37	77	22.97	0.9	-0.2	-0.2	6	346	3.3	0.03	0.5	1	C1	GHD



**Figura 12.** Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura e híbridos registrados entre el 25 y el 31 de mayo de 2010, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 1,2 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, con variaciones de 4 y 6  $\mu\text{rad}$  respectivamente (Figura 13).

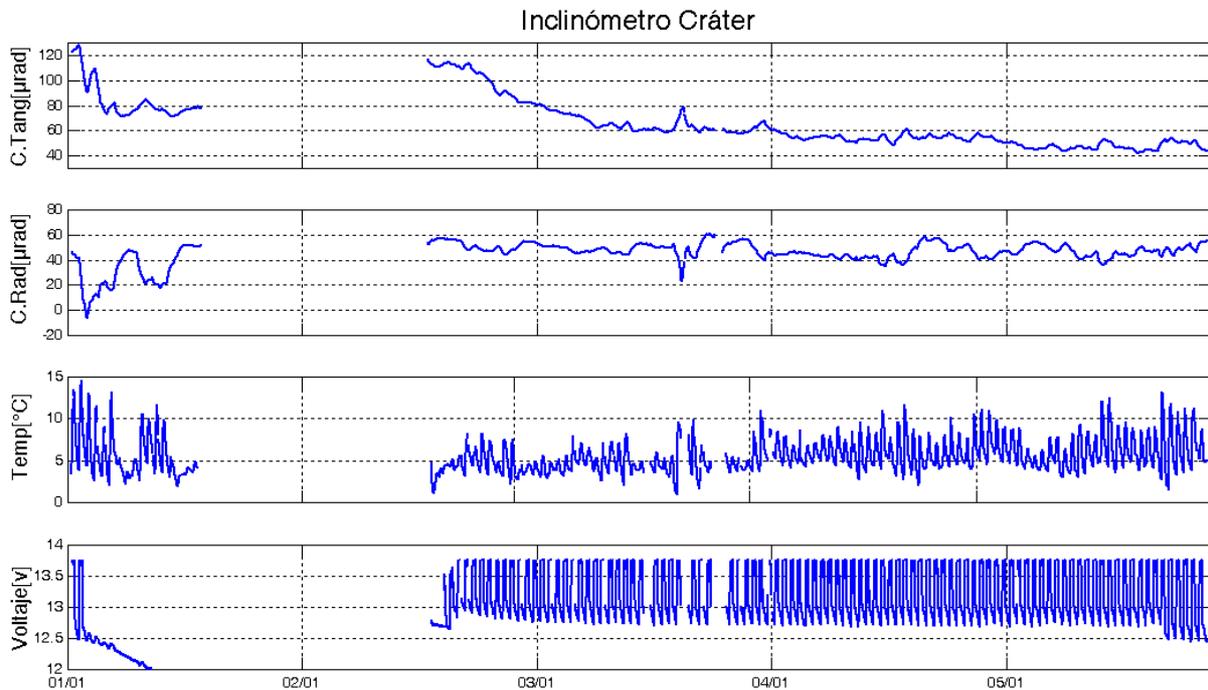
Respecto a la componente tangencial del inclinómetro Peladitos (1,4 Km al sureste del cráter principal, 3850 msnm), se observa que continúa con un comportamiento levemente ascendente, el cual, para el periodo en evaluación acumula una variación menor a los 5  $\mu\text{rad}$ ,

mientras que la componente radial muestra un comportamiento relativamente estable, con pequeñas fluctuaciones que se asemejan al comportamiento del canal de temperatura (Figura 14).

Las componentes tangencial y radial del inclinómetro Huairatola (1,7 Km al norte del cráter principal, 3745 msnm) mostraron estabilidad (Figura 15).

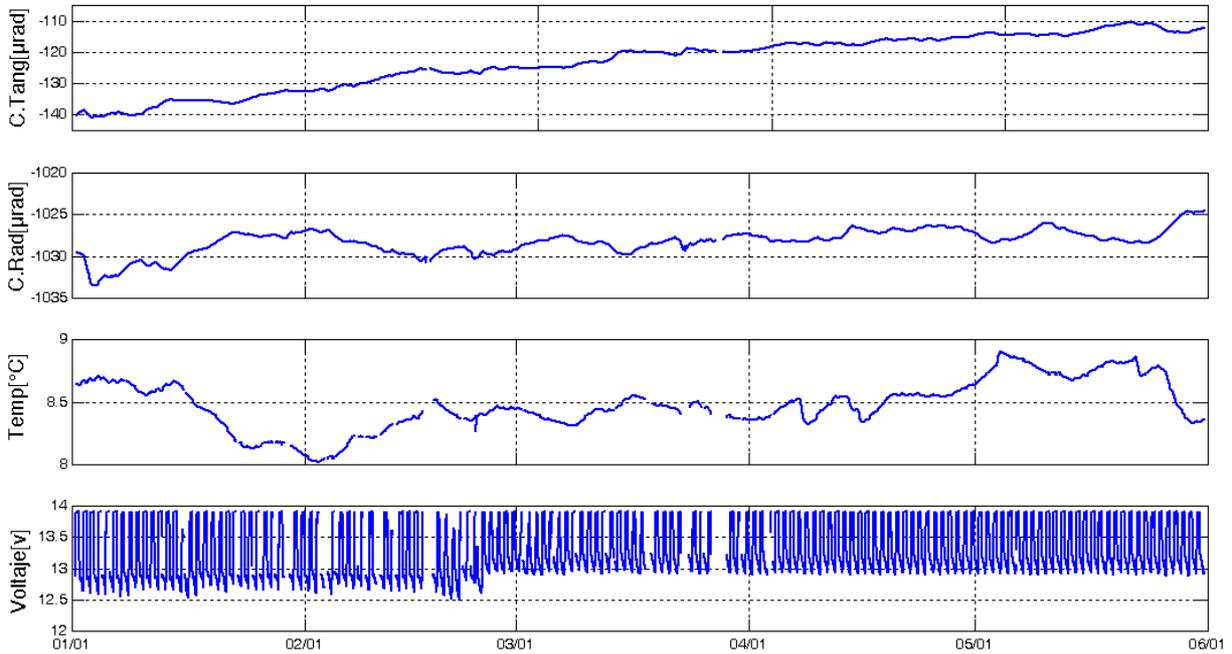
El inclinómetro Calabozo (6,8 Km al oeste-suroeste del cráter principal, 2350 msnm), evaluando el mes de mayo de 2010, se observa que tanto la componente Tangencial, como Radial registran un comportamiento levemente estable con pequeñas fluctuaciones (Figura 16). Se aclara que de este inclinómetro se tuvo registro hasta el 26 de mayo de 2010 ya que se desinstalaron los radios de transmisión con el fin de configurarlos.

El inclinómetro Cobanegra (3,9 Km al sur-sureste del cráter principal, 3610 msnm), muestra un comportamiento estable para sus componentes Tangencial y Radial (Figura 17).



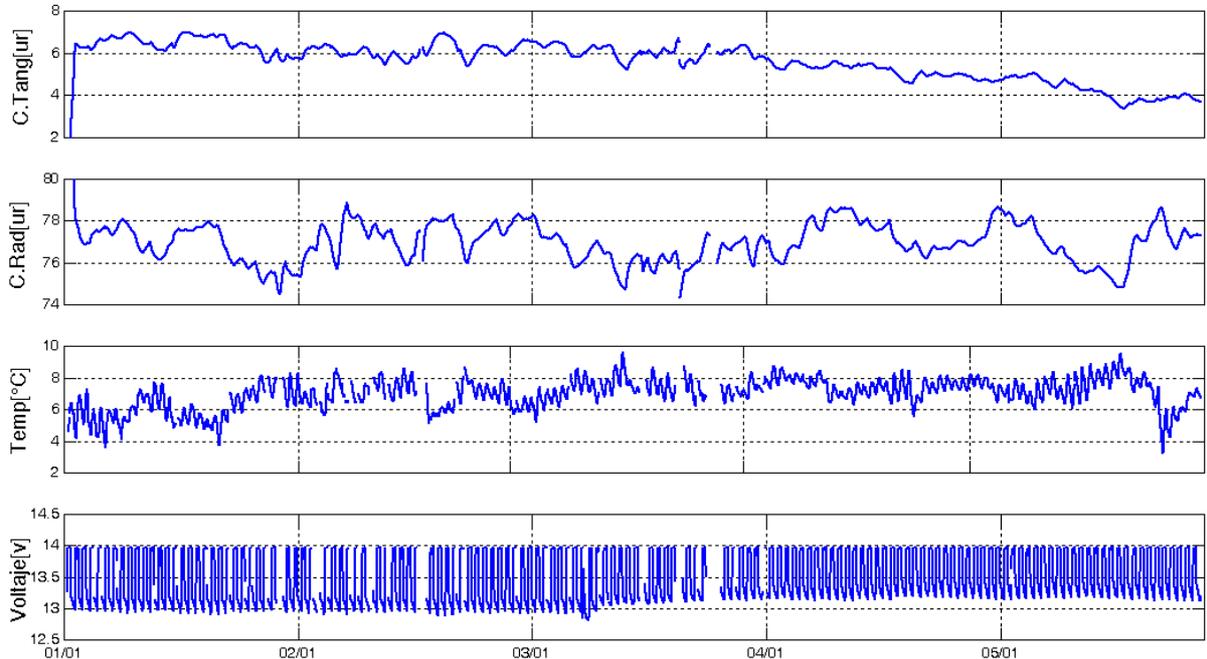
**Figura 13.** Componentes de inclinación radial (Y) y tangencial (X) junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del sistema de alimentación del inclinómetro Cráter, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2010 y el 31 de mayo de 2010.

Inclinómetro Peladitos

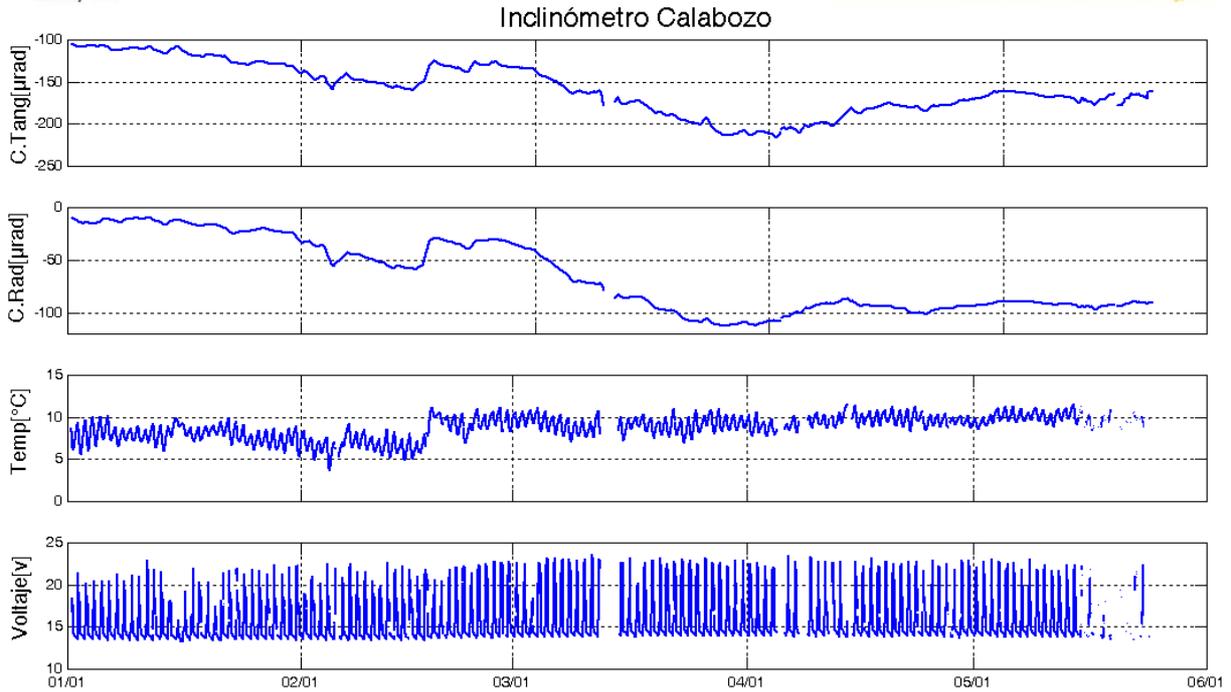


**Figura 14.** Componentes de inclinación radial (Y) y tangencial (X) junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del sistema de alimentación del inclinómetro Peladitos, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2010 y el 31 de mayo de 2010.

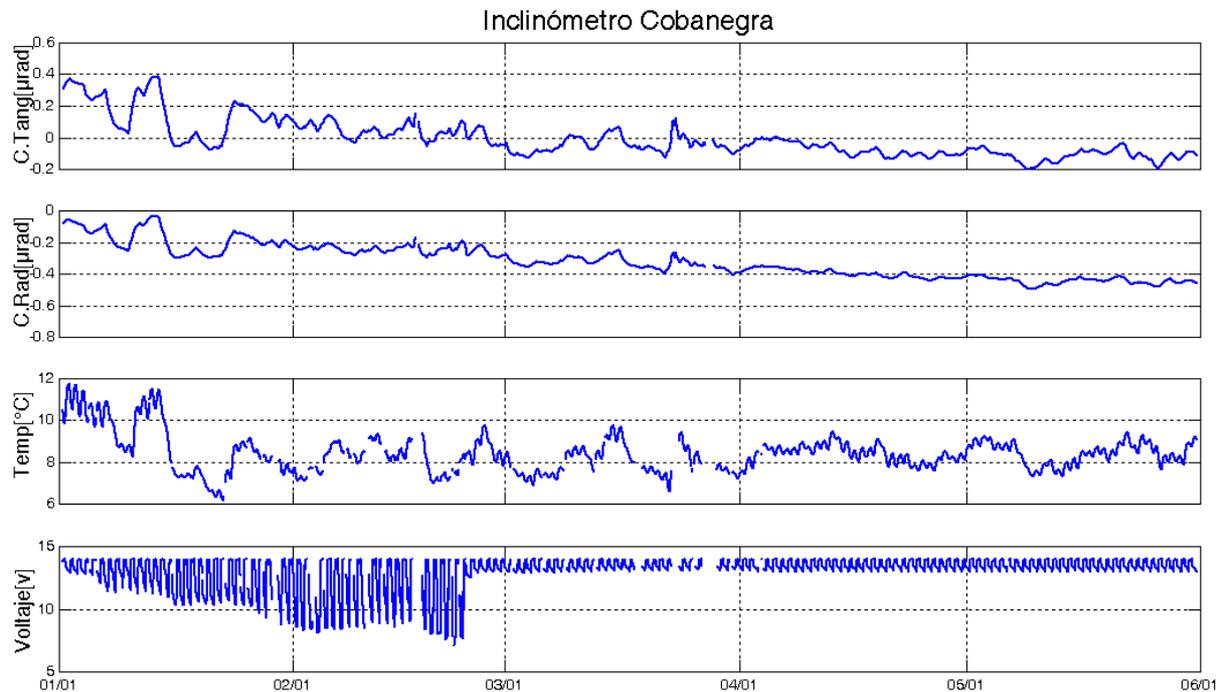
Inclinómetro Huairatola



**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 31 de mayo de 2010.



**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 31 de mayo de 2010.



**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 31 de mayo 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 nor-occidental 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 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, solo fue posible evidenciar actividad superficial los días 25 y 28 de mayo de 2010, a continuación se presenta una descripción.

- El 25 de mayo, a partir de las 7:40 a.m. aproximadamente, en las cuales se observa condiciones climáticas óptimas se observa una emisión a manera de pulsos de coloración gris; los cuales, por acción de los vientos se dispersan rápidamente en dirección norte.

En este día, a las 12:40 p.m., personal que labora en el OVSP y que se encontraba realizando labores de mantenimiento a las estaciones en la cima del volcán reporta que percibieron moderado olor a azufre en el lugar donde se encuentra instalada la estación sísmica Anganoy.

Para el 28 de mayo de 2010 se tuvo el registro de las siguientes emisiones:

- Desde las 7:23 a.m. hasta aproximadamente 8:15 a.m., se observa un emisión pulsátil de color gris, La cual alcanza una altura máxima de 150 m sobre la cima del volcán. La dispersión por acción de los vientos fue en dirección Norte.
- Entre las 3:37 p.m. y las 4:28 p.m., se observó una emisión de color blanco que alcanzó una altura máxima de 350 m sobre la cima del volcán. Su dispersión por acción de los vientos fue en dirección Norte (Figura18).
- Entre las 4:29 p.m. y las 5:00 p.m., se observó una emisión de color gris que alcanzó una altura máxima de 460 m sobre la cima del volcán. La columna se dispersó hacia el flanco norte del volcán Galeras (Figura 19).
- Entre las 5:04 p.m. y las 5:47 p.m. se observó una emisión de color gris que alcanzó una altura máxima de 340 m sobre la cima del volcán. Esta emisión se dispersó en dirección Norte.



**INGEOMINAS**  
INSTITUTO COLOMBIANO  
DE GEOLOGÍA Y MINERÍA  
República de Colombia



**Figura 18.** Emisión de gases registrada el día 28 de mayo de 2010 entre las 3:37 p.m. y las 4:28 p.m.



**Figura 19.** Emisión de gases registrada el día 28 de mayo de 2010 entre las 4:29 p.m. y las 5:00 p.m.



## CONCLUSIONES

- Se mantiene la baja tasa de ocurrencia sísmica con niveles bajos de energía liberada. Durante el periodo, se destaca el aumento en cuanto a la ocurrencia y a la energía liberada por los eventos tipo TRE, los cuales en total sumaron una duración de 110 minutos. En cuanto a los registros volcánicos asociados con la dinámica de fluidos en su interior, de fuente transitoria, algunos de ellos se caracterizan por presentar una lenta atenuación de amplitud en la parte final del evento.
- Durante la semana, instrumentalmente no se registraron emisiones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Una de la comisiones del Ingeominas que se encontraba en la cima de Galeras reportó olores a gases azufrados.
- Los eventos relacionados con procesos de fracturamiento de material cortical, en su mayoría ocurrieron de manera dispersa, con profundidades menores a 8 Km y magnitudes locales inferiores a 1 grado en la escala abierta de Richter.
- 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”**.