

## INGEOMINAS – OBSERVATORIO VULCANOLÓGICO Y SISMOLÓGICO DE PASTO

San Juan de Pasto, 21 de julio de 2010

En la semana comprendida entre el 13 y el 19 de julio de 2010, el análisis de los diferentes parámetros para el monitoreo del volcán Galeras permitió mantener el nivel de actividad en Amarillo ■ ó III (Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica).

A lo largo del periodo evaluado, la actividad de Galeras mantuvo niveles bajos de sismicidad, tanto en ocurrencia, como a nivel energético, similares a los reportados en semanas anteriores, presentándose fluctuaciones en la sismicidad registrada. Se resalta la ocurrencia de eventos por mostrar características armónicas en su registro, relacionados con movimiento de fluidos al interior del sistema volcánico de fuente transitoria, llamados de Largo Periodo (LP), así como también la ocurrencia de una serie de sismos a manera de enjambre, eventos de pequeña nivel energético.

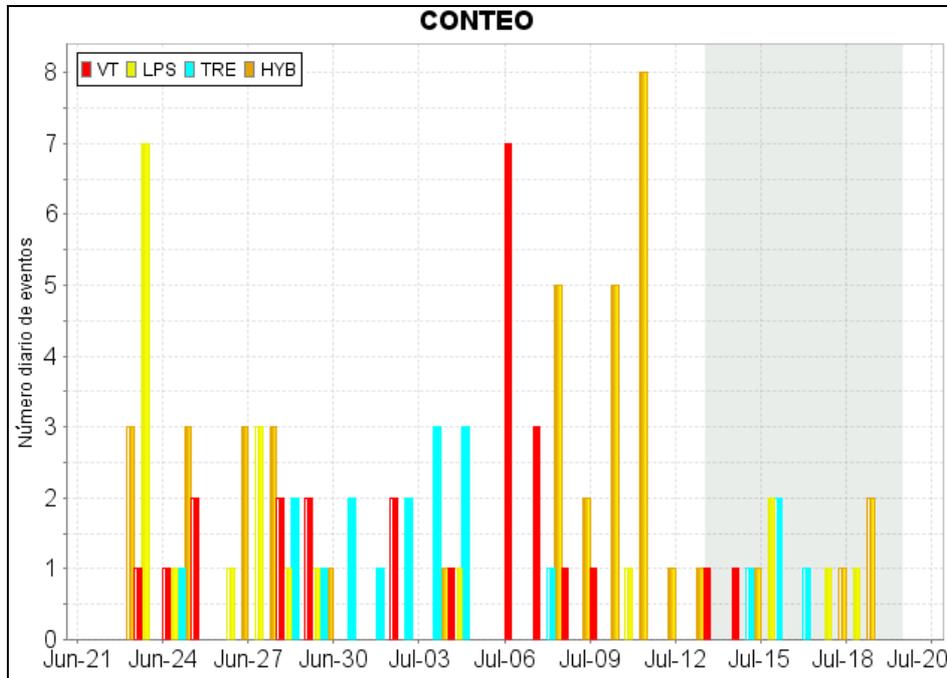
En comparación con la semana anterior, el número total de eventos clasificables registrados presentó una disminución (Tabla 1, Figuras 1 y 2), disminuyó cerca de 62% , no se observó el predominio de algún tipo de sismicidad en especial, además, se destaca un leve ascenso de aquellos eventos denominados No clasificables, cercano al 23%, sismos que por su nivel energético no cumplen con las condiciones de amplitud mínima en la estación de referencia, pero que son importantes en la evaluación de la actividad de Galeras. De igual manera, en comparación del periodo evaluado, con la primera semana del mes de julio, comprendida entre el 29 de junio y el 5 de julio, se observó un descenso en ocurrencia de eventos, cercano al 34% (Tabla 1).

En el transcurso de la semana, se registraron cuatro eventos relacionados con la dinámica de fluidos al interior del sistema volcánico, cuya fuente es más persistente en el tiempo (TRE), estos clasificaron no por su amplitud, sino por la duración alcanzada en el registro, en total presentaron una duración de 36.38 minutos.

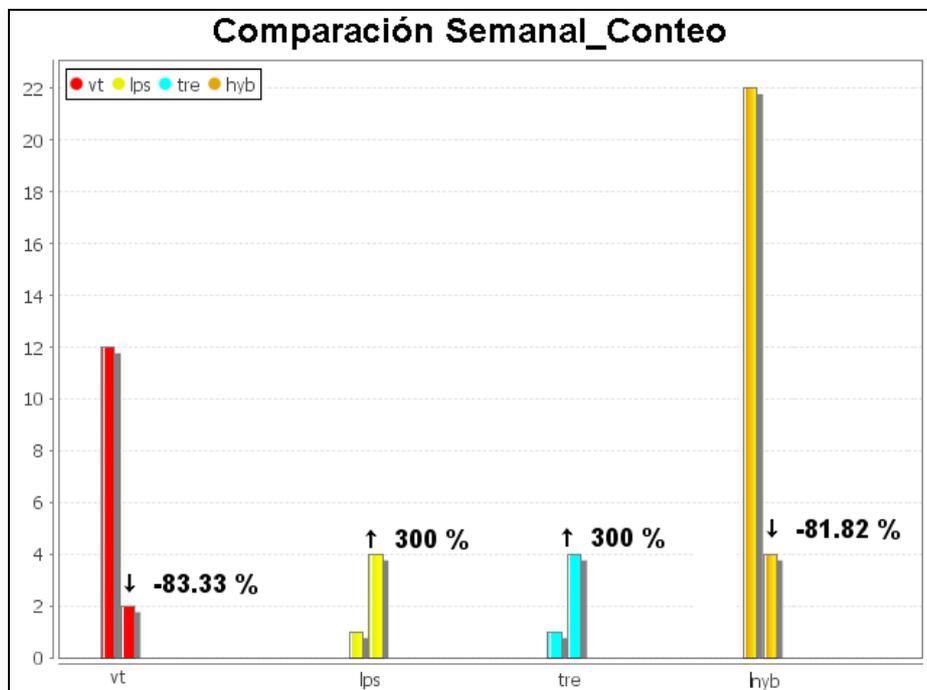
En la Figura 3 se muestra una comparación en términos porcentuales de la ocurrencia de la sismicidad registrada entre el 22 de junio y el 19 de julio de 2010. Esta información permite corroborar de manera porcentual, las fluctuaciones registradas de la sismicidad volcánica.

**Tabla 1.** Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Galeras, entre el 22 de junio y el 19 de julio de 2010, tomando periodos semanales, incluyendo la semana objeto de evaluación, resaltada en color verde.

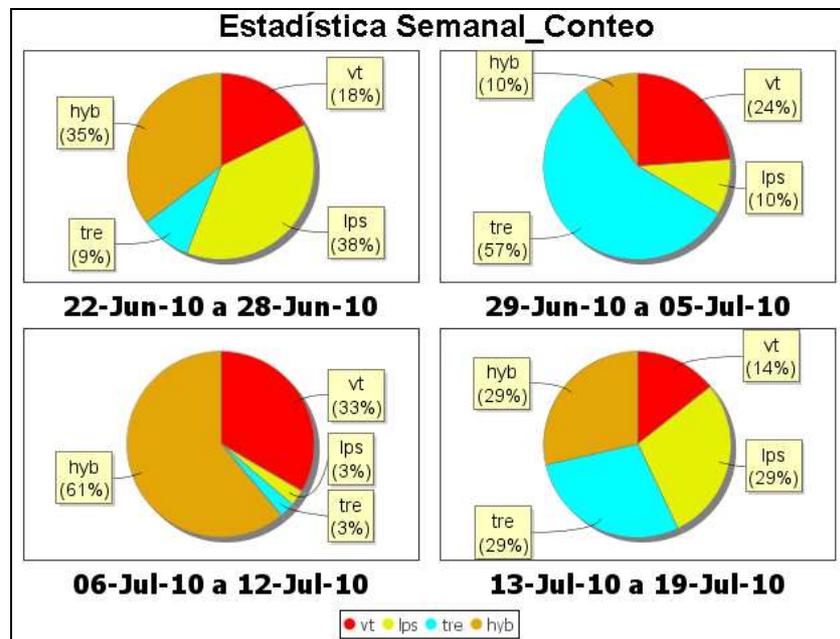
Periodo Evaluado	Número de eventos registrados por tipo					
	LPS	HYB	VT	TRE	TOTAL	NO CLASIFICABLES
22-Jun-10 a 28-Jun-10	13	12	6	3	34	141
29-Jun-10 a 05-Jul-10	2	2	5	12	21	111
06-Jul-10 a 12-Jul-10	1	22	12	1	36	256
13-Jul-10 a 19-Jul-10	4	4	2	4	14	315



**Figura 1.** Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Galeras, entre el 22 de junio y el 19 de julio de 2010. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.



**Figura 2.** Relación porcentual para Galeras, que compara el número de eventos por tipo ocurridos durante la semana evaluada, con respecto a la semana anterior.



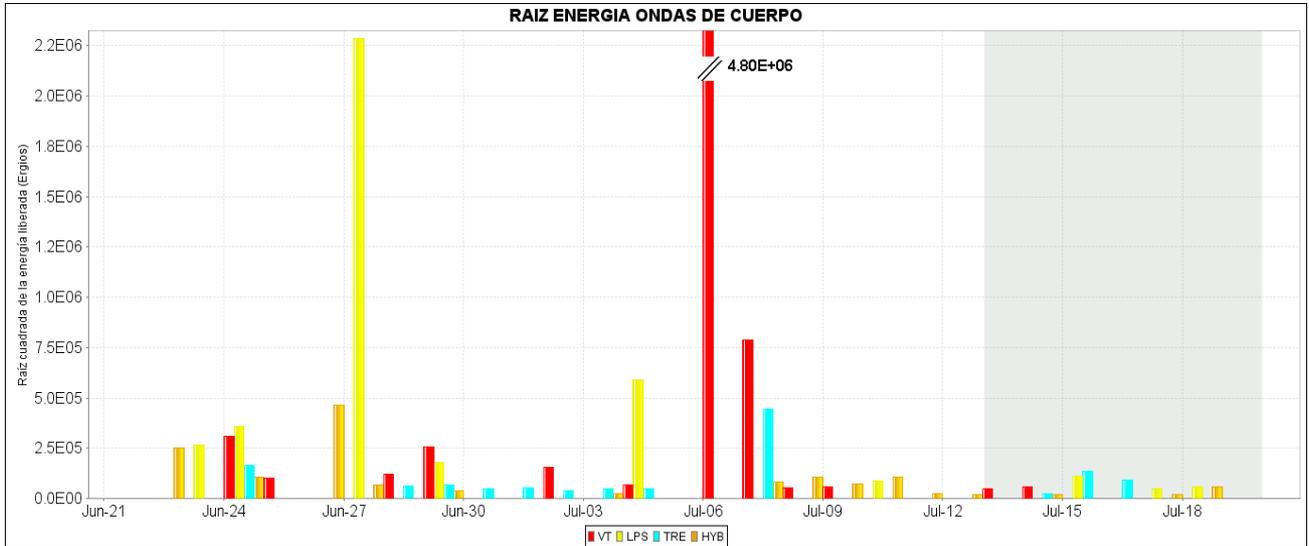
**Figura 3.** Relación porcentual para Galeras, que compara el número de eventos por tipo ocurridos entre el 22 de junio y 19 de julio de 2010, tomando periodos semanales.

En cuanto a la liberación diaria de energía, se observó, con respecto al periodo anterior un descenso, cercano al 99%. Para esta semana, el mayor aporte proviene de los eventos tipo TRE, en términos generales, la mayoría de eventos registraron disminución en la energía diaria liberada, excepto los eventos LP, los cuales mostraron un ascenso del 40% (Tabla 2, Figuras 4 y 5). De los eventos registrados en la semana evaluada, el evento más energético corresponde a un TRE ocurrido el 15 de julio, a las 11:53 a.m., con un valor de energía de ondas de cuerpo, estimado en  $1.59E+10$  ergios, el cual clasificó no por su amplitud, sino por la duración total de su registro, alcanzando 26.46 minutos en la estación base de clasificación.

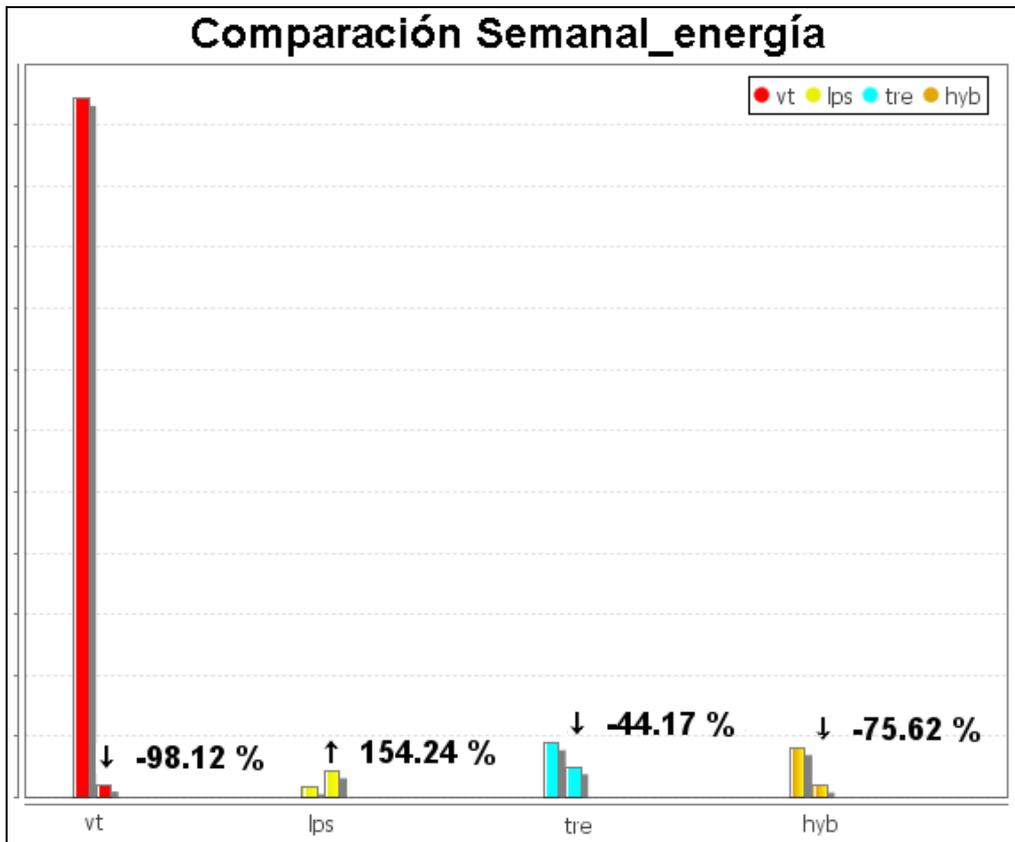
En la Figura 6 se muestra la comparación en términos de la energía, de la sismicidad registrada entre el 22 de junio y el 19 de julio de 2010.

**Tabla 2.** Energía liberada de ondas de cuerpo por los diferentes tipos de eventos volcánicos, ocurridos en Galeras, entre el 22 de junio y 19 de julio de 2010, tomando periodos semanales, incluyendo la semana objeto de evaluación, resaltada en color verde..

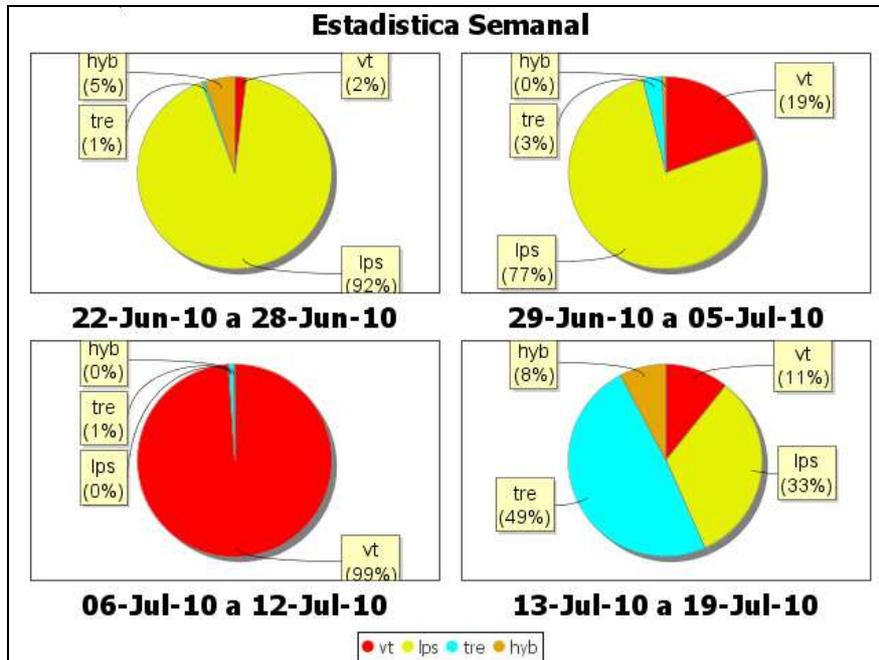
Periodo Evaluado	Energía liberada por tipo de evento [ergios]				
	LP	HYB	VT	TRE	TOTAL
22-Jun-10 a 28-Jun-10	5.42E+12	2.93E+11	1.19E+11	3.05E+10	5.86E+12
29-Jun-10 a 05-Jul-10	3.78E+11	2.26E+09	9.55E+10	1.59E+10	4.91E+11
06-Jul-10 a 12-Jul-10	7.20E+09	3.50E+10	2.38E+13	1.98E+11	2.41E+13
13-Jul-10 a 19-Jul-10	1.77E+10	4.20E+09	5.82E+09	2.67E+10	5.44E+10



**Figura 4.** Energía diaria liberada por los eventos volcánicos en términos de su raíz cuadrada, según la clasificación del evento, ocurridos en Galeras, entre el 22 de junio y el 19 de julio de 2010.

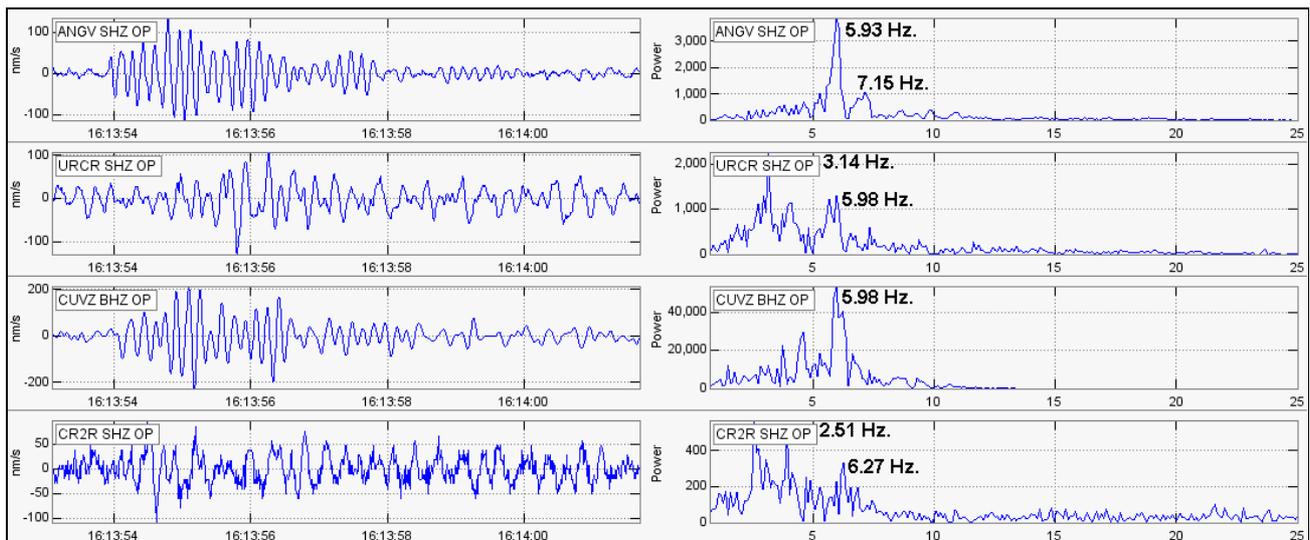


**Figura 5.** Relación porcentual para Galeras, que compara la energía liberada de eventos por tipo ocurridos durante la semana evaluada, con respecto a la semana anterior.

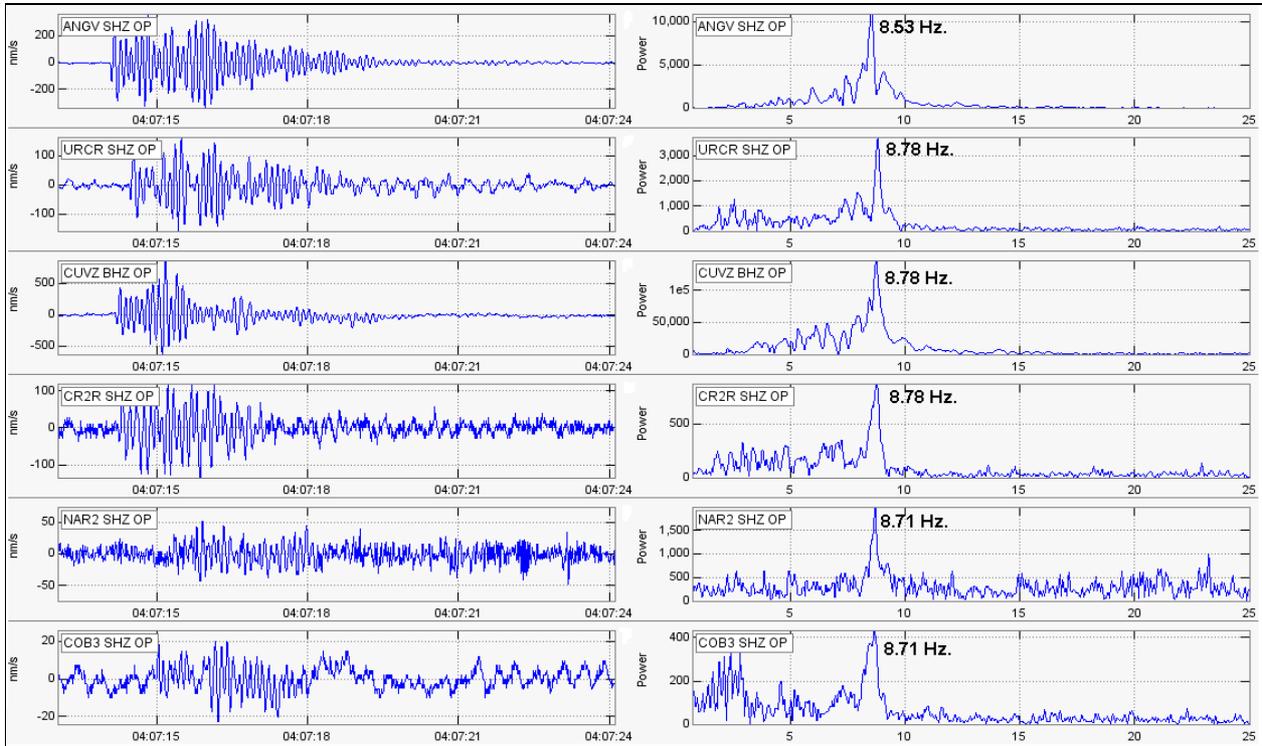


**Figura 6.** Relación porcentual de la energía sísmica liberada por los eventos de Galeras, registrados entre el 22 de junio y el 13 de julio de 2010, tomando periodos semanales.

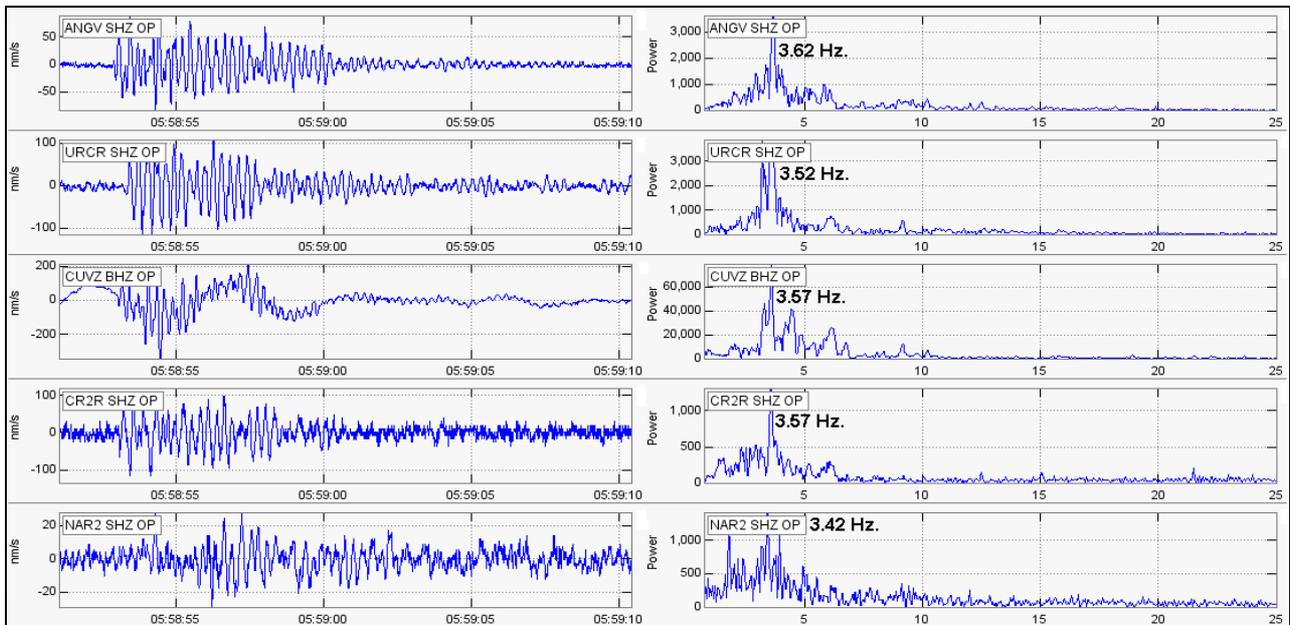
De la sismicidad registrada en el periodo evaluado, se destaca la ocurrencia de algunos de los eventos de fluidos, tipo LP, entre clasificables y no clasificables, los cuales mostraron características armónicas, es decir, por mostrar frecuencias dominantes claramente diferenciables en su espectro, como las que se muestran en las Figuras 7 a 9.



**Figura 7.** Sismogramas (componente Vertical) y espectros en frecuencia del evento tipo LP ocurrido el 13 de julio a las 11:13 a.m. registrado por algunas de las estaciones de monitoreo del volcán Galeras, alcanzando una duración de 10 segundos en la estación ANGV.

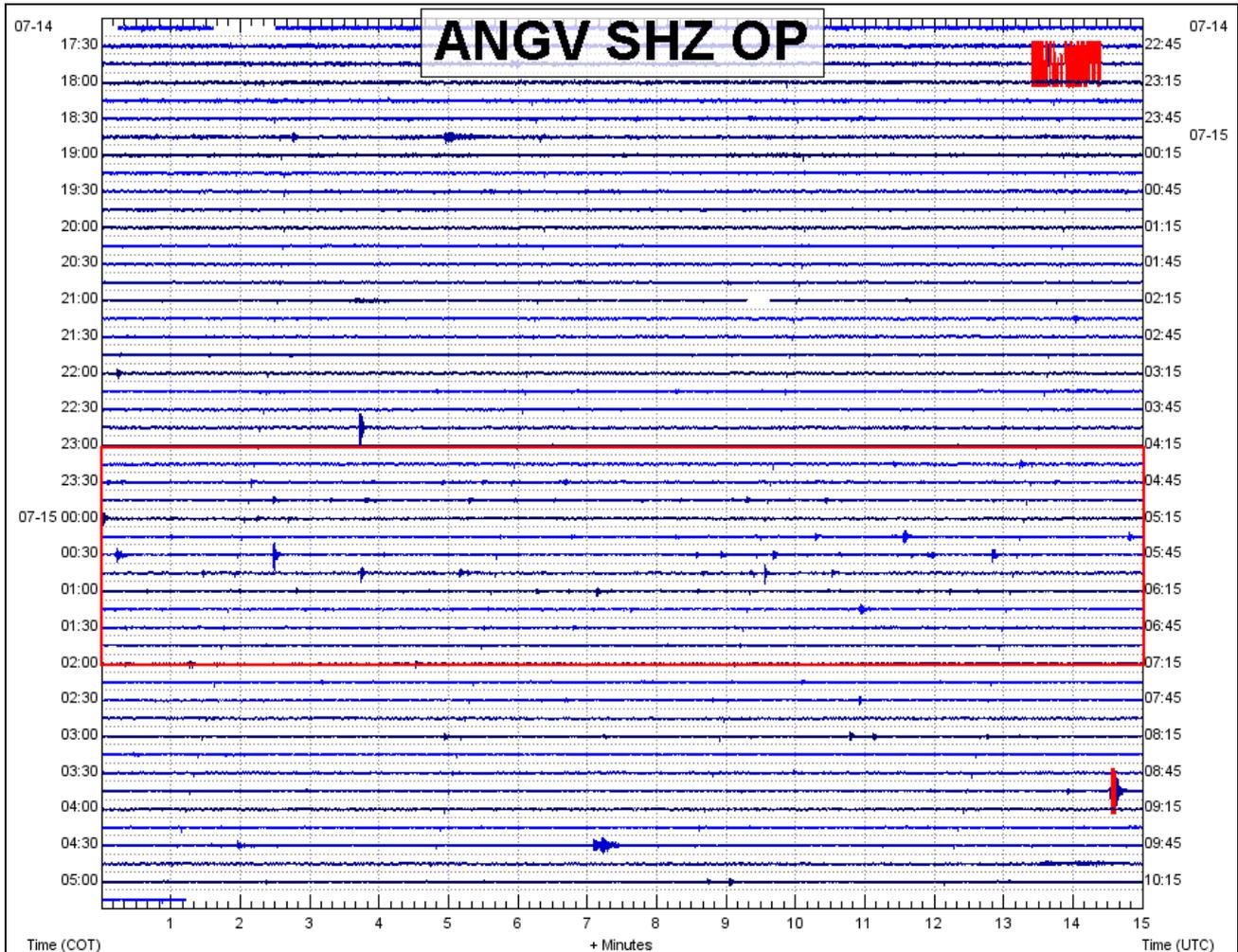


**Figura 8.** Sismogramas (componente Vertical) y espectros en frecuencia del evento tipo LP ocurrido el 15 de julio a las 11:07 p.m. registrado por algunas de las estaciones de monitoreo del volcán Galeras, alcanzando una duración de 10 segundos en la estación ANGV.



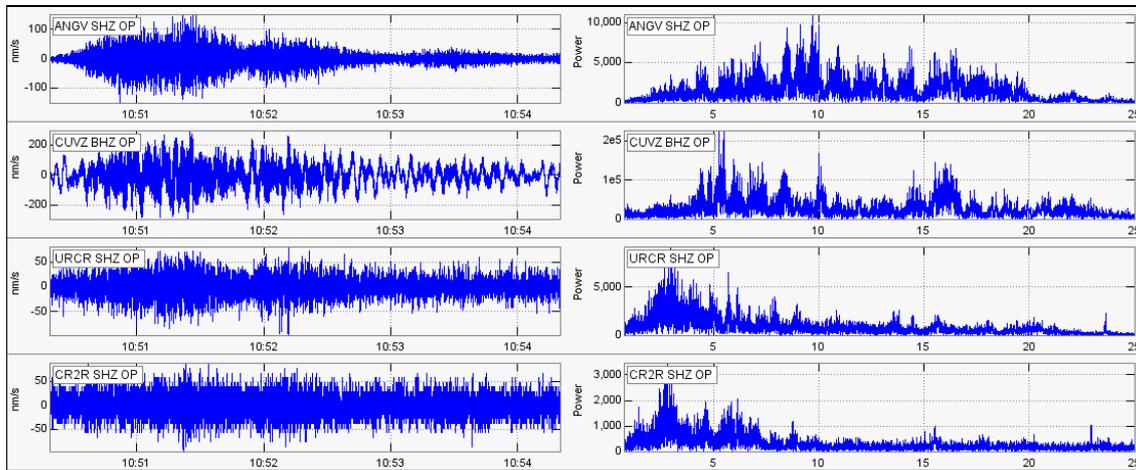
**Figura 9.** Sismogramas (componente Vertical) y espectros en frecuencia del evento tipo LP ocurrido el 17 de julio a las 00:58 a.m. registrado por algunas de las estaciones de monitoreo del volcán Galeras, alcanzando una duración de 11 segundos en la estación ANGV.

También es importante mencionar la ocurrencia de una serie de eventos a manera de enjambre, el cual ocurrió entre las 11:28 p.m. del 14 de julio y las 2:07 a.m. del 15 de julio, sismos no clasificables, de pequeño nivel energético, totalizando 51 eventos. En su mayoría estos eventos presentaron características tanto de movimiento de fluidos como de fractura de material cortical, llamados híbridos – HYB (Figura 10).



**Figura 10.** Sismograma de la estación Anganoy (ANGV-componente Vertical), el recuadro en coloración roja, muestra el episodio de enjambre de eventos ocurrido entre el 14 y 15 de julio de 2010.

En la Figura 11, se muestra uno de los eventos tipo TRE- espasmódico, registrado en el transcurso de la semana, el cual presentó una duración de 4.57 minutos.



**Figura 11.** Sismogramas (componente Vertical) y espectros en frecuencia del evento tipo TRE ocurrido el 16 de julio a las 5:50 a.m. registrado por algunas de las estaciones de monitoreo del volcán Galeras, alcanzando una duración de 4.57 minutos en la estación ANGV.

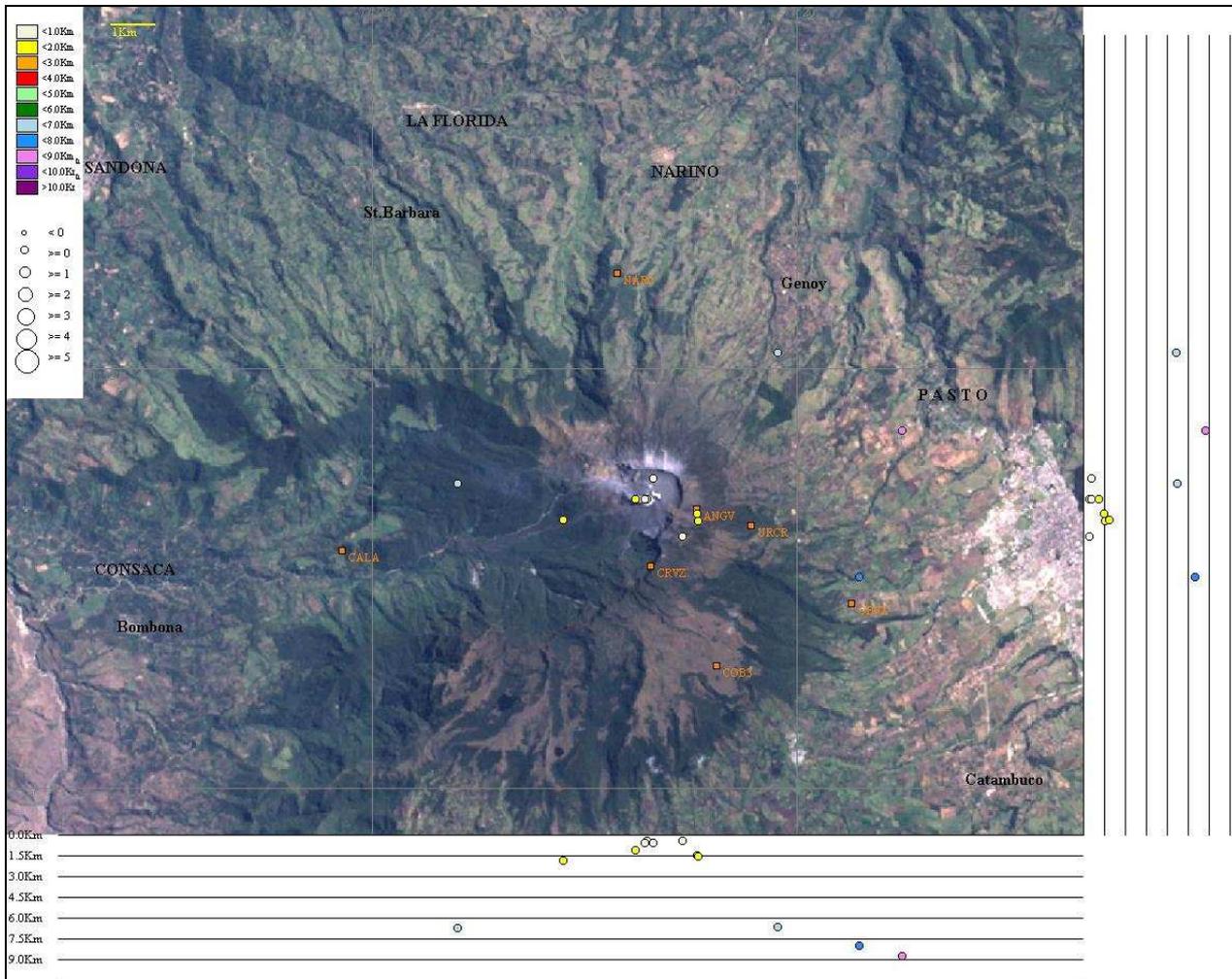
Con relación a la sismicidad asociada con fracturamiento de material cortical al interior del edificio volcánico, eventos VT e HYB, en el transcurso de la semana fue posible obtener una solución de localización con base en el tiempo de arribo de las ondas P y S a las estaciones de monitoreo volcánico en Galeras y aplicando el método de Geiger al utilizar el programa HYPO71 para 12 sismos entre clasificables y no clasificables, 8 tipo VT y 4 de tipo HYB. Además, los eventos tipo VT clasificables mostraron un descenso en ocurrencia del 84% en comparación con el número de eventos de la semana anterior (Tabla 1), así como también, una disminución en su energía liberada (Tabla 2).

Los eventos se localizaron de manera dispersa alrededor del edificio volcánico, ubicados a diferentes distancias epicentrales del cráter principal, las cuales oscilan entre 0.1 y 6 km., (Tabla 3, Figura 12), la mayoría de estos eventos se ubicaron a distancias epicentrales menores de 2 km.

Las magnitudes locales de estos sismos fluctuaron entre 0 y 0.7 grados en la escala de Richter. Los sismos localizados mostraron profundidades entre 0.4 y 9 km., tomando como referencia la cima de Galeras, de los cuales ocho eventos tuvieron profundidad menor a 2 km., con respecto a la cima volcánica (Tabla 3).

**Tabla 3.** Parámetros de las localizaciones obtenidos a partir de los registros sísmicos de los principales eventos Volcano-tectónicos e híbridos ocurridos en Galeras, durante la semana comprendida entre el 13 y el 19 de julio de 2010.

FECHA	HORA LOCAL	LATITUD		LONGITUD		PROF. Km	MAGNITUD			No. FASES	GAP	Dist-Min Km	RMS	ERH	ERZ	CALIDAD	TIPO EVENTO
		grados	minutos	grados	minutos		Md	ML									
13-Jul-10	12:29 AM	1	13	77	21.35	0.42	0.64	0.6	9	154	0.7	0.09	0.3	0.7	B1	GVA	
13-Jul-10	12:48 AM	1	13.45	77	21.92	1.11	0.6	0.4	10	284	1.4	0.07	0.4	0.5	C1	GVA	
13-Jul-10	12:51 AM	1	13.45	77	21.78	0.42	0.38	0.3	10	275	1.1	0.04	0.2	0.4	C1	GVA	
14-Jul-10	2:50 AM	1	13.27	77	21.18	1.49	0.13	0.1	8	144	0.2	0.06	0.3	0.4	B1	GHD	
14-Jul-10	3:11 AM	1	13.7	77	21.7	0.57	0.1	0.1	7	283	1.2	0.02	0.3	0.4	C1	GHD	
14-Jul-10	5:01 AM	1	13.45	77	21.8	0.54	-0.17	0.2	8	277	1.2	0.04	0.3	0.6	C1	GHD	
14-Jul-10	9:05 AM	1	14.27	77	18.77	8.74	0.49	0.7	14	270	3.6	0.06	0.6	0.5	C1	GVA	
14-Jul-10	10:48 PM	1	13.19	77	21.17	1.51	0.53	0.3	11	141	0.3	0.07	0.3	0.3	B1	GVA	
16-Jul-10	7:20 PM	1	13.2	77	22.77	1.85	0.15	0.1	14	124	3	0.06	0.1	0.4	B1	GHD	
17-Jul-10	4:51 AM	1	13.64	77	24.01	6.74	0.08	0	16	175	3	0.07	0.2	0.3	B1	GVA	
18-Jul-10	9:57 AM	1	12.52	77	19.27	7.96	-0.05	0	10	248	2	0.09	0.9	0.5	C1	GVA	
19-Jul-10	1:27 AM	1	15.2	77	20.23	6.66	0.24	0.2	12	228	3.1	0.08	0.4	0.3	C1	GVA	

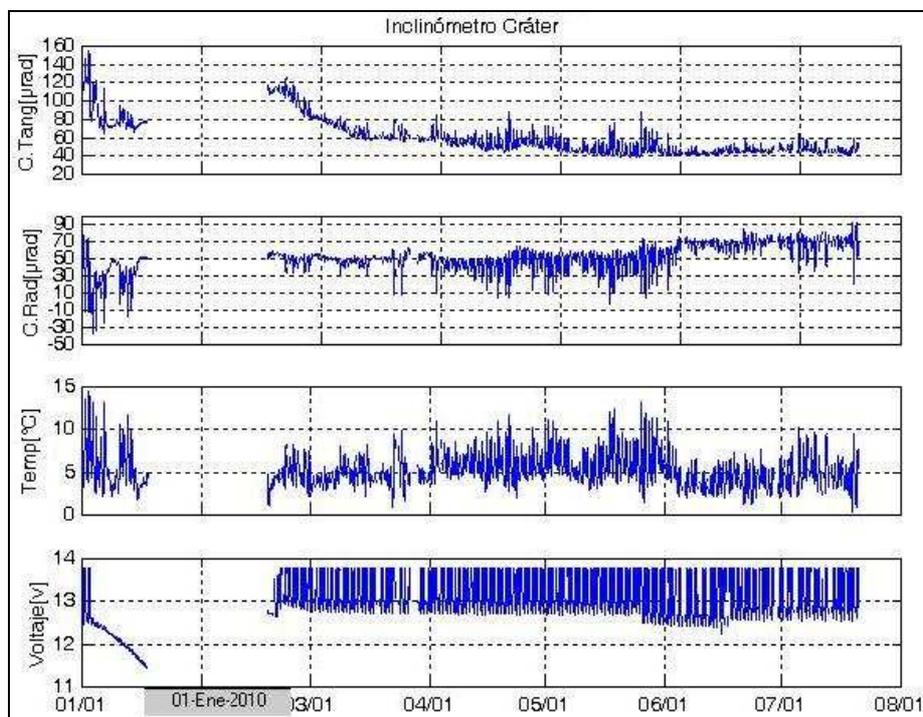


**Figura 12.** Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura e híbridos registrados por algunas estaciones de la red de monitoreo de Galeras, ocurridos en la semana comprendida entre el 13 y el 19 de julio de 2010, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 1.5 km., de profundidad, el tamaño de los círculos depende de la ML de los sismos y el color de su profundidad.

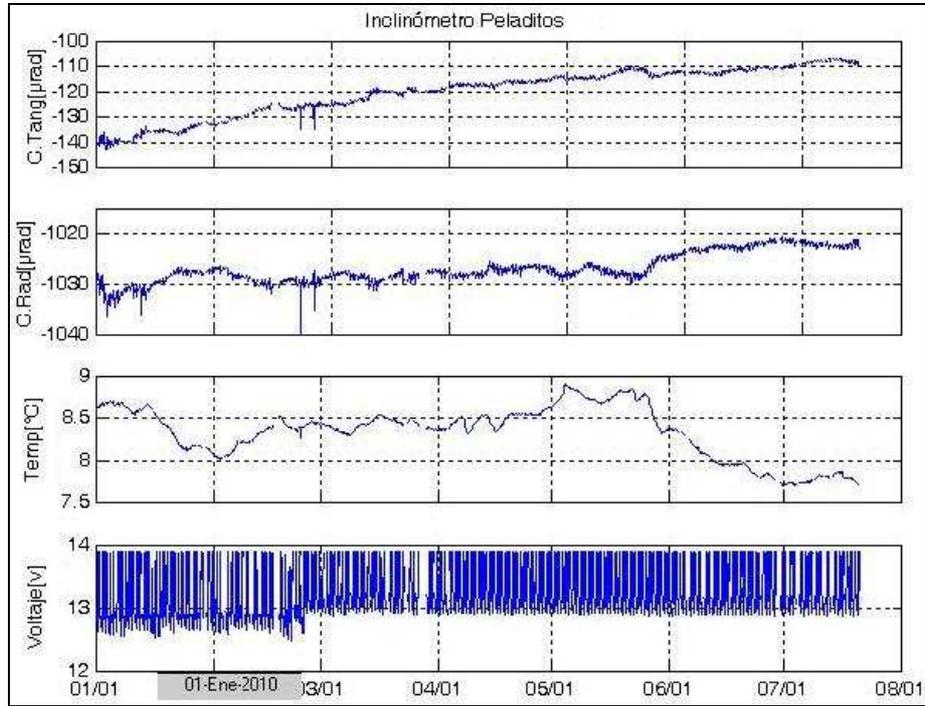
Durante la semana, se contó con los datos de los inclinómetros electrónicos Cráter, Peladitos, Calabozo, Huairatola y Cobanegra, en cuanto a la información suministrada sobre los procesos deformativos del edificio volcánico se resalta los siguientes aspectos:

- El inclinómetro Cráter (ubicado a 0.8 km., al este-noreste del cráter principal, 4060 msnm), en la componente Tangencial continua el comportamiento estable, el cual desde el mes de mayo de 2010 hasta la fecha, mostró variaciones poco significativas, menores a 3  $\mu\text{rad}$  y para su componente Radial un ligero ascenso, el cual desde el mes de junio de 2010 hasta el 19 de julio de 2010 registró 9  $\mu\text{rad}$  (Figura 13).

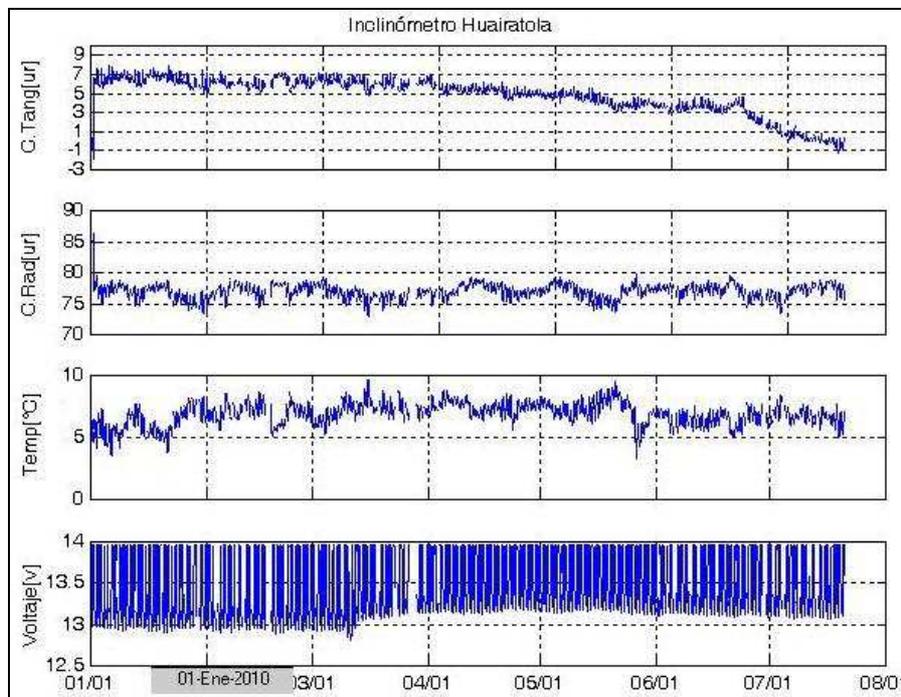
- El inclinómetro Peladitos (ubicado a 1.4 km., al sureste del cráter principal, 3850 msnm), en la componente Tangencial continua el comportamiento ascendente, el cual desde el 1 de enero de 2010 hasta el 20 de julio de 2010 alcanzó 34  $\mu$ rad, y desde el 28 de mayo hasta la fecha de 3  $\mu$ rad, de igual manera, la componente Radial muestra que continua la tendencia ascendente, la cual desde el 1 de enero de 2010 hasta el 20 de julio de 2010, registró 9  $\mu$ rad, y desde el 28 de mayo de 2010 hasta la fecha de 3  $\mu$ rad (Figura 14).
- El inclinómetro Huairatola (ubicado a 1.7 km., al norte del cráter principal, 3745 msnm), mostró variaciones poco significativas, menores a 5  $\mu$ rad, tanto en la componente Radial como Tangencial, por lo que su comportamiento se considera como estable en sus dos componentes (Figura 15).
- En cuanto al inclinómetro Calabozo (ubicado a 6.8 km., al oeste-suroeste del cráter principal, 2350 msnm), se observó que desde mediados del mes de mayo de 2010 hasta la fecha de cierre de este informe mostró un comportamiento estable con pequeñas fluctuaciones, esto tanto para la componente Radial, como Tangencial. (Figura 16).
- El inclinómetro Cobanegra (ubicado a 3.9 km., al sur-sureste del cráter principal, 3610 msnm), mostró que tanto para la componente Tangencial, como Radial desde el mes de junio de 2010, tiende a estabilizarse. (Figura 17).



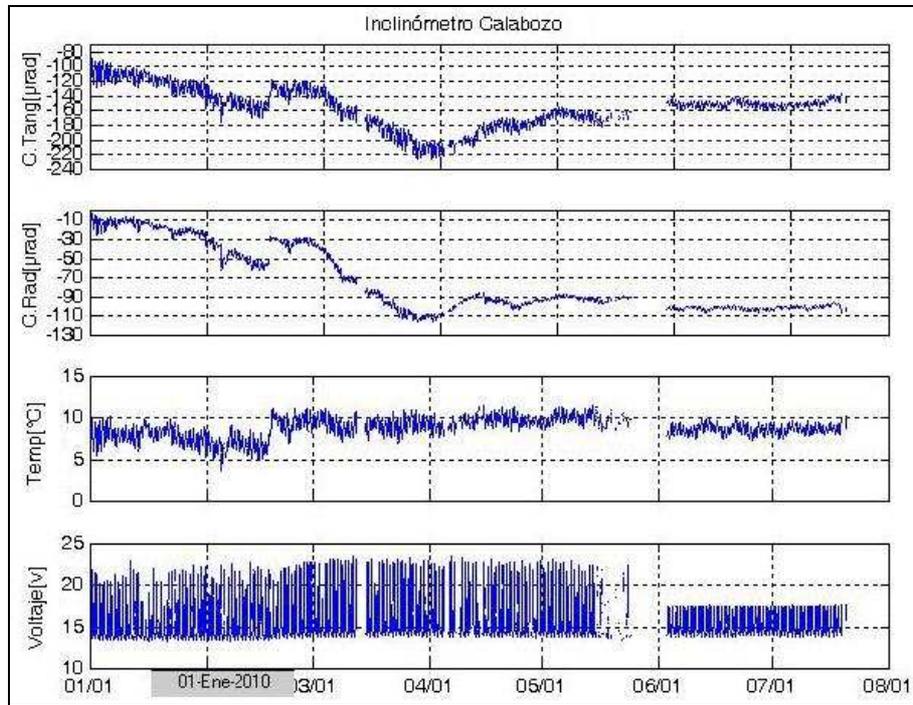
**Figura 13.** Componentes de inclinación Radial y Tangencial, junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del inclinómetro Cráter, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 19 julio de 2010.



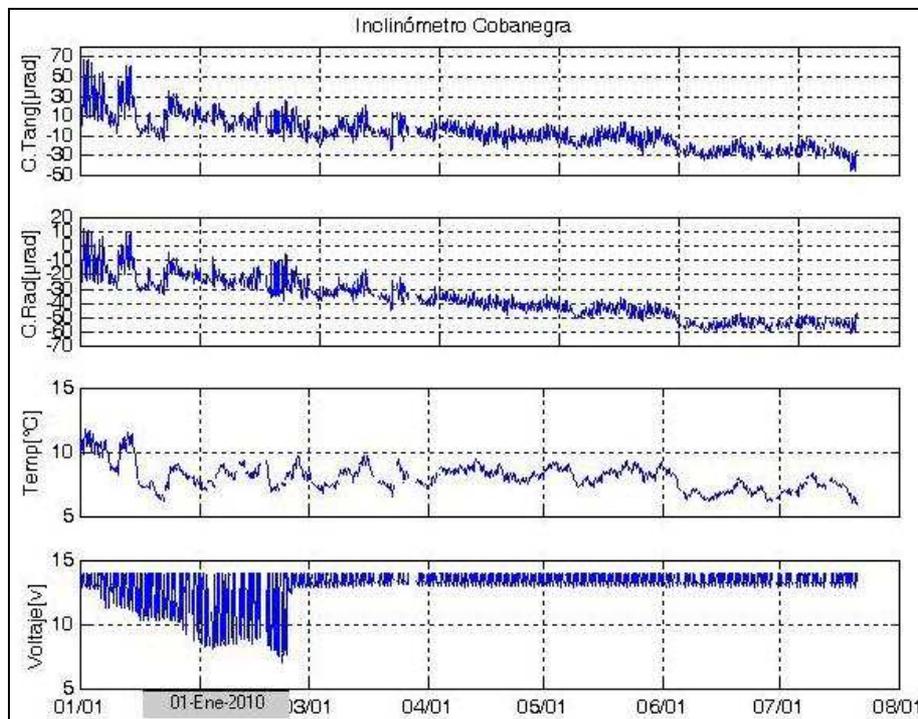
**Figura 14.** Componentes de inclinación Radial y Tangencial, junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del inclinómetro Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 19 de julio de 2010.



**Figura 15.** Componentes de inclinación Radial y Tangencial, junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del inclinómetro Huairatola, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 19 de julio de 2010.



**Figura 16.** Componentes de inclinación Radial y Tangencial, junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del inclinómetro Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 19 de julio de 2010.



**Figura 17.** Componentes de inclinación Radial y Tangencial, junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del inclinómetro Cobanegra, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 19 de julio de 2010.

En general, el registro de la red de inclinómetros permite observar que las variaciones en los comportamientos de las componentes Radial y Tangencial de los equipos fueron no muy significativas.

Se tomó datos de flujo de Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ) emitido por Galeras a la atmósfera, utilizando las estaciones telemétricas permanentes tipo scanDOAS (Differential Optical Absorption Spectrometer) y el instrumento movilDOAS del Proyecto NOVAC (Network for Observation of Volcanic and Atmospheric Change; <http://www.novac-project.eu>) de la Unión Europea del cual INGEOMINAS es partícipe. Las estaciones se localizan en el cuadrante noroccidental de Galeras, debido a que el viento se dirige hacia ese sector durante la mayor parte del año. Mientras la estación climática está por fuera de operación, los datos de velocidad y dirección del viento, necesarios para los cálculos, fueron obtenidos de los reportes del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM). El MovilDOAS se usa para hacer medidas móviles, principalmente en la carretera Circunvalar a Galeras.

De todos los escaneos diarios que hacen las estaciones, se reporta el valor máximo del día, teniendo en cuenta que algunas veces puede haber muchos escaneos y en otras pocos, dependiendo del clima, el enlace de los radios, la rata de emisión, etc. Aún cuando las estaciones scanDOAS funcionaron satisfactoriamente durante la semana en evaluación, no se registraron escaneos con pluma, es decir, no registraron escaneos válidos para hacer su valoración, de igual manera, algunos escaneos realizados con el instrumento MovilDOAS, en recorridos por la carretera Circunvalar a Galeras, registraron datos de flujo de  $\text{SO}_2$ , de 120 Toneladas/día, el 19 de julio, por alrededores de la población de Consacá; con velocidad de viento de 4.9 m/s.

Además se utilizó la información de las imágenes satelitales capturadas 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, el cual monitorea la presencia de algunos gases en la atmósfera, entre ellos el  $\text{SO}_2$ ; no se tiene registro de concentración de  $\text{SO}_2$  emitido por Galeras para el periodo evaluado.

La actividad superficial se documentó a partir de observaciones directas hacia la cima desde la sede del OVSP, por reportes de las comisiones de personal en campo, por reportes de la comunidad o las autoridades y por videos de la cámara Web instalada en el OVSP. En el transcurso de la semana, no fue posible evidenciar salida de gases sobre la cima de Galeras, debido a que la mayor parte de tiempo, la cima volcánica se encontró cubierta por nubes, se resaltan el reporte dado por personal del OVSP, el 19 de julio en trabajo de campo por la cima de Galeras, evidenciando salida de gases de coloración blanca, del cono activo, a manera de pulsos, principalmente del campo fumarólico Las Deformes y el cráter secundario Chavas, de igual manera gracias a imágenes tomadas por el Señor Mario Alberto Caicedo L., Analista Radio y TV Estación RTVC Galeras, Colombia Telecomunicaciones S.A., el día 19 de julio de 2010, es posible evidenciar salida de gases del cono activo, en poca cantidad, principalmente del campo fumarólico Las Deformes, Las Chavas, El Paisita y de la pared interna del cono, hacia el sector norte, debajo del Paisita (Figura 18).



**Figura 18.** Imagen de Galeras tomada por el Señor Mario Alberto Caicedo desde la estación RTVC Galeras el 19 de julio de 2010, en la cual es posible evidenciar salida de gases.

## CONCLUSIONES

- El registro de la sismicidad presente en el transcurso de la semana, evidenció los niveles de actividad no muy energéticos. Adicionalmente, es importante mencionar que se registran lapsos de tiempo con ausencia de sismicidad.
- Durante el periodo evaluado, solamente se registró emisiones de Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) para el día 19 de julio, utilizando el instrumento MovilDOAS, calculando un valor de 120 Toneladas/día, considerado como bajo para Galeras.
- Debido a la gran nubosidad presente, en el transcurso de la semana, no fue posible observar emisión de gases sobre la cima de Galeras, el 19 de julio, personal del OVSP en trabajos de campo, por la cima de Galeras, reportó emisión de gases de coloración blanca, por diferentes sectores del cono activo, de manera pulsátil, además se corroboró con imágenes capturadas por el Señor Mario Alberto Caicedo desde la estación RTVC Galeras.

- Si bien la actividad actual en Galeras continúa mostrando niveles bajos de ocurrencia y energía liberada, así como también un desarrollo inestable, el comportamiento registrado permite prever 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”.