

INGEOMINAS – OBSERVATORIO VULCANOLÓGICO Y SISMOLÓGICO DE PASTO

San Juan de Pasto, 4 de agosto de 2010

En la semana comprendida entre el 27 de julio y el 2 de agosto 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).

En general, la actividad de Galeras mantuvo niveles bajos de sismicidad, tanto en ocurrencia, como a nivel energético, similares a los reportados en semanas anteriores. Comparando la actividad volcánica de la semana evaluada en este informe y la previa a este período, se observó un incremento en la ocurrencia de aquellos eventos que involucran tanto el fracturamiento de la roca como el movimiento de fluidos (Híbridos, HYB), así como también de eventos relacionados con movimiento de fluidos al interior del sistema volcánico de fuente transitoria (Largo Período, LP), (Tabla 1, Figuras 1 y 2). Se resalta la ocurrencia de eventos tipo LP, por mostrar características armónicas en su registro, así como también la ocurrencia de una serie de sismos a manera de enjambre (secuencia de sismos que ocurren durante un lapso corto de tiempo), eventos de pequeño nivel energético.

Adicionalmente, se resalta que en el transcurso de la semana, no se registraron episodios relacionados con movimiento de fluidos de fuente persistente (Tremor, TRE), (Tabla 1, Figuras 1 y 2). En comparación con la semana anterior, el número total de eventos clasificables registrados presentó un incremento, cercano al 87% (Tabla 1, Figuras 1), además, se destaca el incremento presentado por aquellos eventos denominados No clasificables, cercano al 158%, 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.

En la Figura 3 se muestra una comparación en términos porcentuales de la ocurrencia de la sismicidad registrada entre el 6 de julio y el 2 de agosto de 2010, esta información permite corroborar de manera porcentual, que los eventos más representativos de la actividad volcánica corresponden a eventos tipo HYB.

Tabla 1. Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Galeras, entre el 6 de julio y el 2 de agosto 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
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
27-Jul-10 a 02-Aug-10	7	17	4	0	28	343

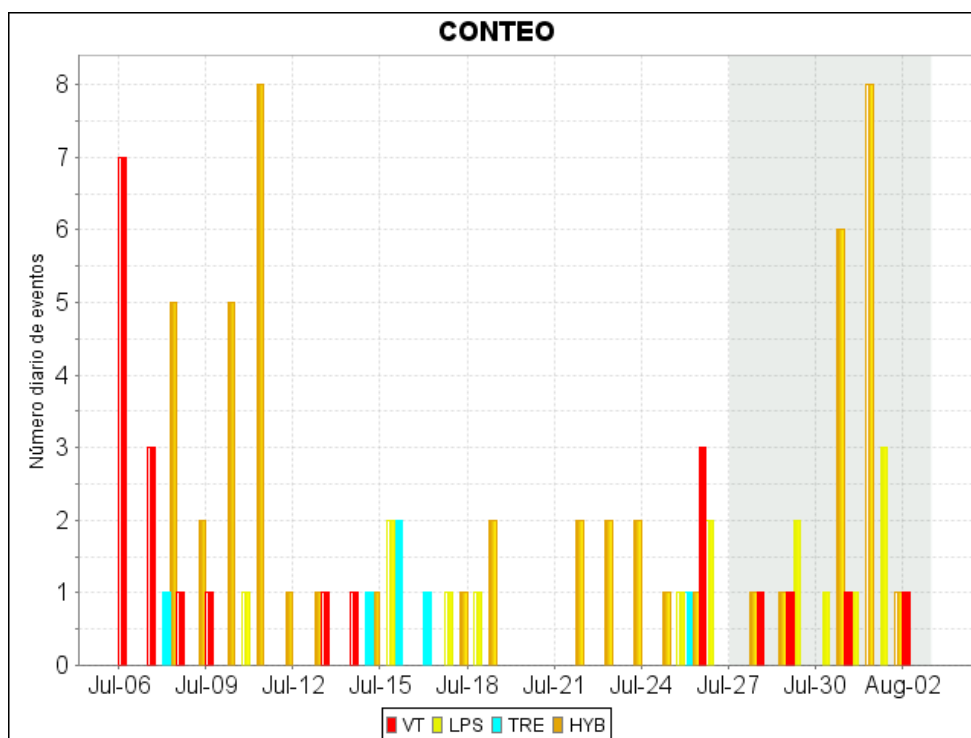


Figura 1. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Galeras, entre el 6 de julio y el 2 de agosto de 2010. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

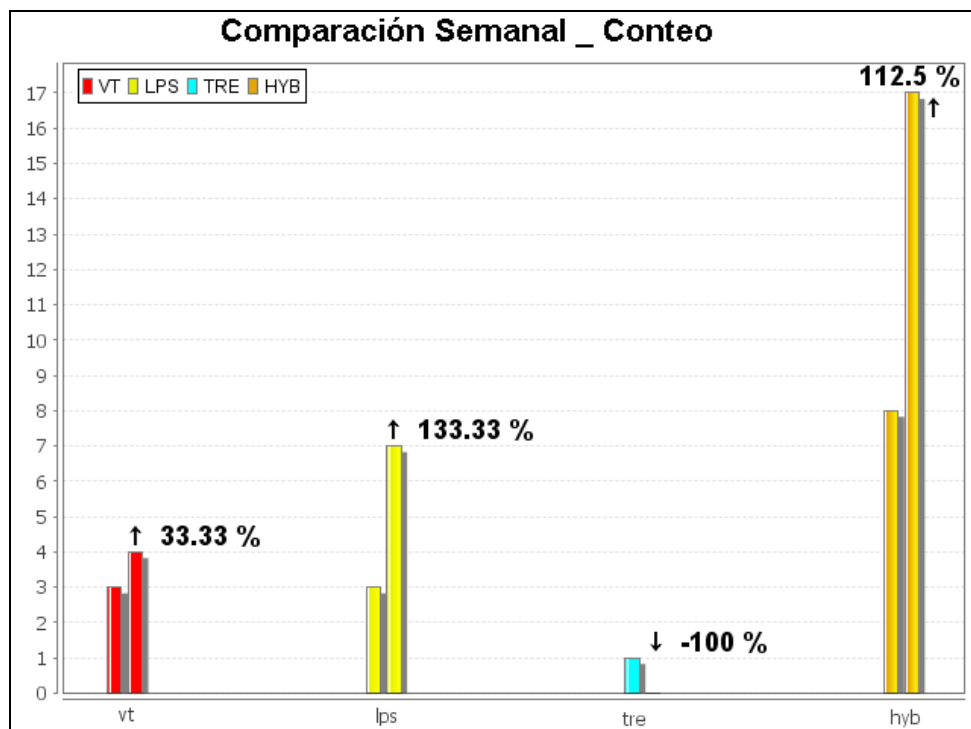


Figura 2. Relación porcentual para Galeras, que compara el número de eventos por tipo ocurridos durante la semana evaluada, con respecto a la semana anterior.

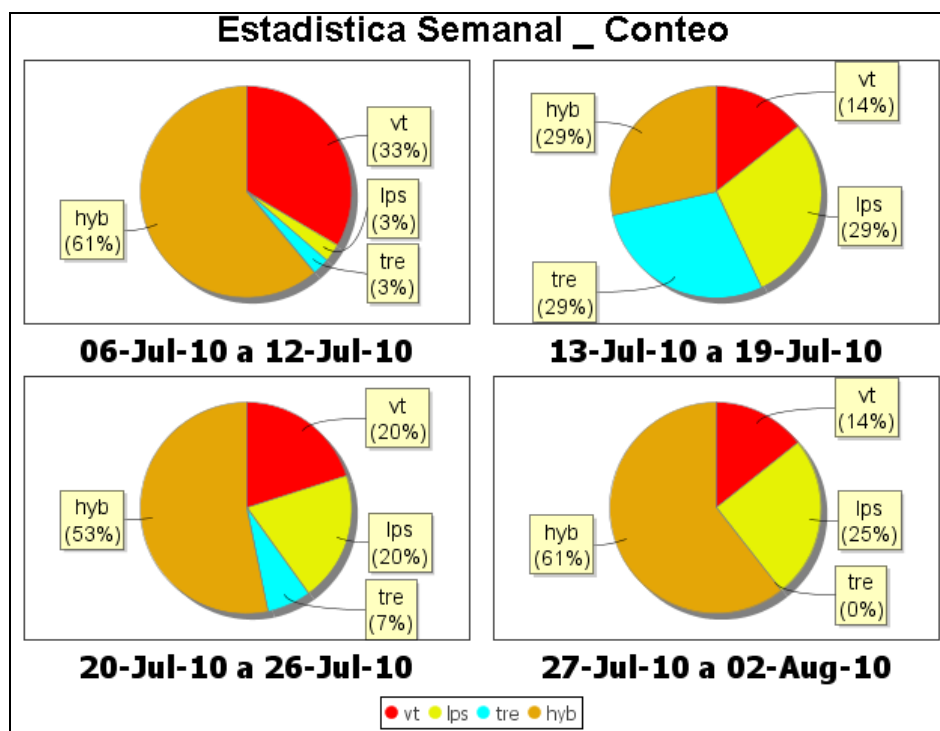


Figura 3. Relación porcentual para Galeras, que compara el número de eventos por tipo ocurridos entre el 6 de julio y 2 de agosto de 2010, tomando periodos semanales.

En cuanto a la liberación diaria de energía, se observó un descenso, con respecto al periodo anterior, cercano al 25%. Para esta semana, el mayor aporte proviene de los eventos tipo LP, en términos generales, la mayoría de eventos registraron disminución en la energía diaria liberada, excepto los eventos LP, los cuales mostraron un marcado ascenso con respecto a la energía alcanzada en la semana anterior (Tabla 2, Figuras 4 y 5). De los eventos registrados en la semana evaluada, el evento más energético corresponde a un LP ocurrido el 1 de agosto, a las 12:50 a.m., con un valor de energía de ondas de cuerpo, estimado en $2.26E+10$ ergios, además, el día que reportó mayor cantidad de energía liberada fue el 1 de agosto.

En la Figura 6 se muestra la comparación en términos de la energía, de la sismicidad registrada entre el 6 de julio y el 2 de agosto de 2010.

Tabla 2. Energía liberada de ondas de cuerpo por los diferentes tipos de eventos volcánicos, ocurridos en Galeras, entre el 6 de julio y 2 de agosto de 2010, tomando periodos semanales, incluyendo la semana objeto de evaluación, resaltada en color verde..

Periodo Evaluado	Energía liberada por tipo de evento [ergíos]				
	LP	HYB	VT	TRE	TOTAL
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
27-Jul-10 a 02-Aug-10	4.27E+10	1.44E+10	3.66E+10	0.0	9.37E+10

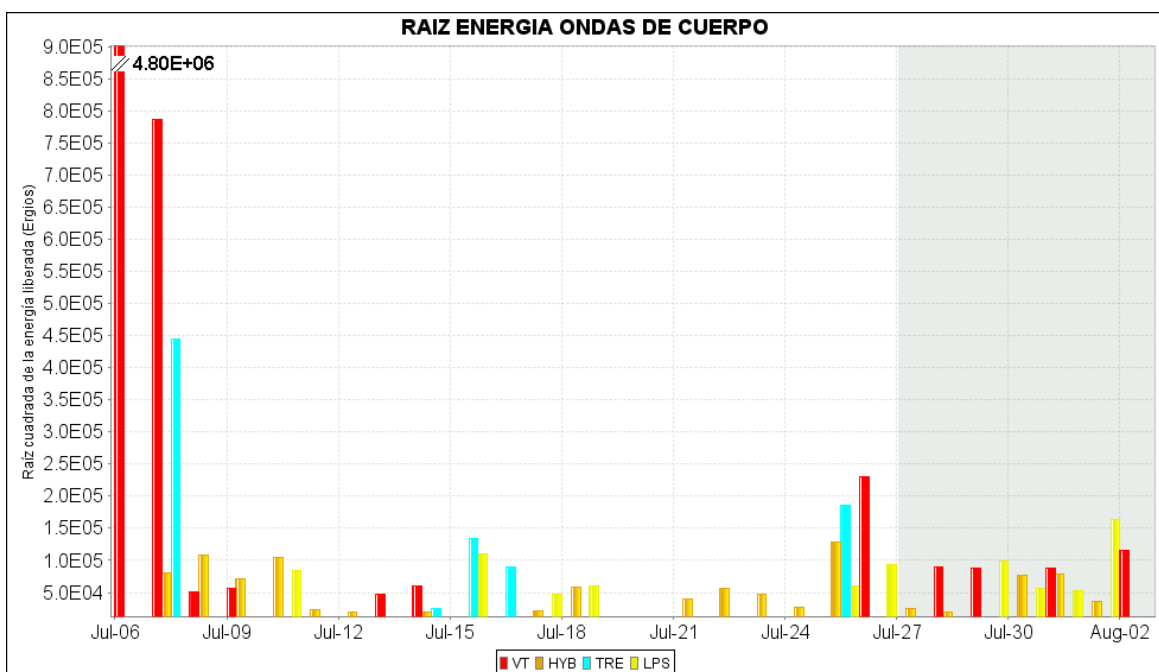


Figura 4. Energía diaria liberada por los eventos volcánicos en términos de su raíz cuadrada, según la clasificación del evento, ocurridos en Galeras, entre el 6 de julio y el 2 de agosto de 2010.

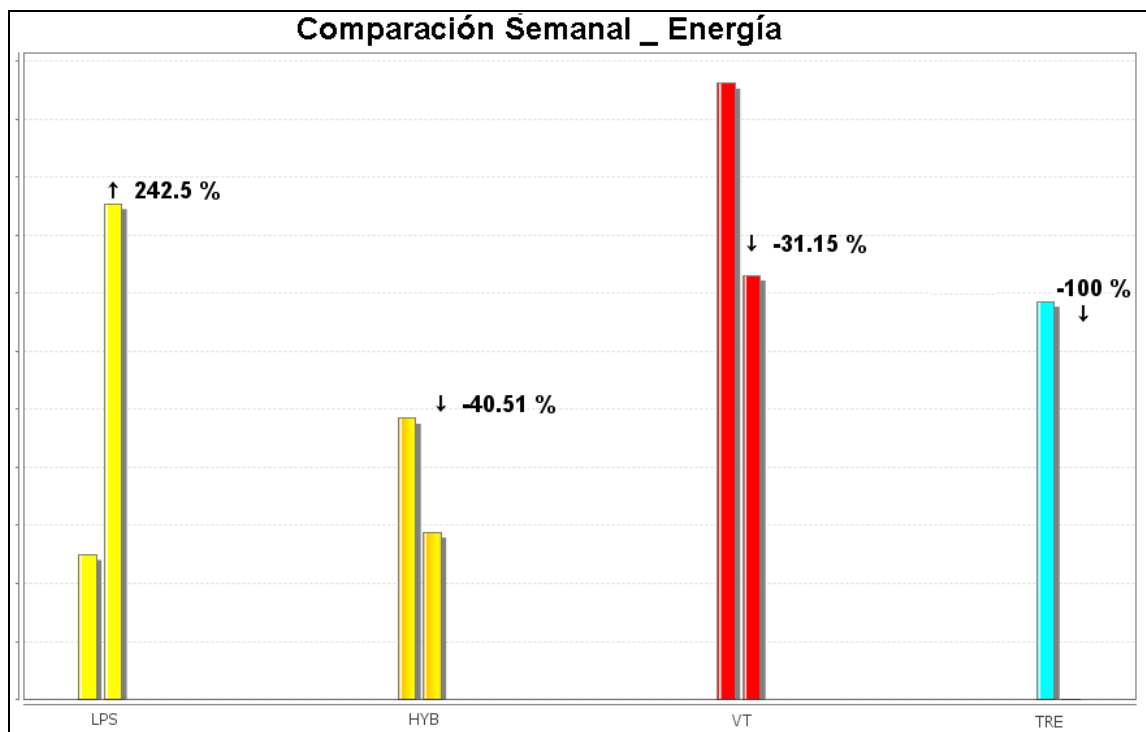


Figura 5. Relación porcentual para Galeras, que compara la energía liberada de eventos por tipo ocurridos durante la semana evaluada, con respecto a la semana anterior.

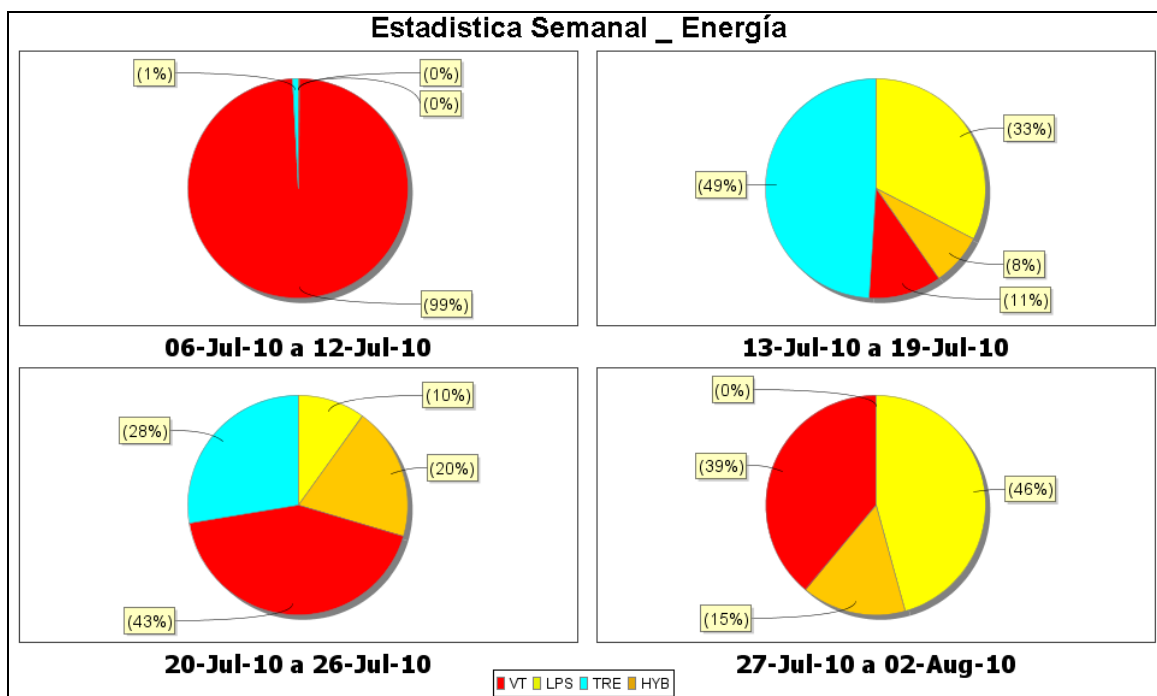


Figura 6. Relación porcentual de la energía sísmica liberada por los eventos de Galeras, registrados entre el 6 de julio y el 2 de agosto de 2010, tomando periodos semanales.

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, que mostraron características armónicas con frecuencias dominantes claramente diferenciables en su espectro, como las que se muestran en las Figuras 7 a 11.

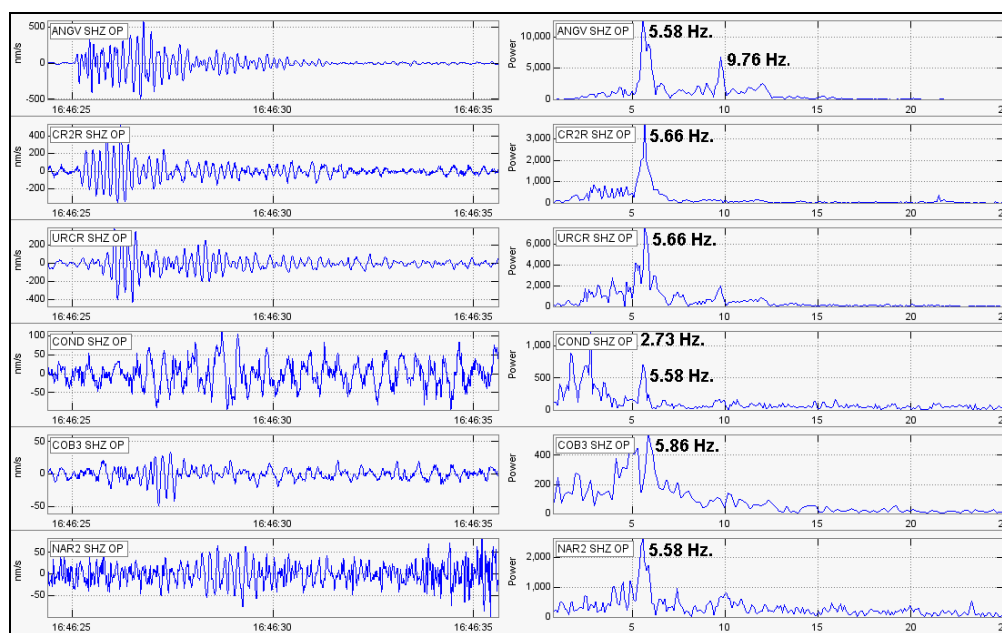


Figura 7. Sismogramas (componente Vertical) y espectros en frecuencia del evento tipo LP ocurrido el 29 de julio a las 11:46 a.m. registrado por algunas de las estaciones de monitoreo del volcán Galeras, alcanzando una duración de 14 segundos en la estación ANGV.

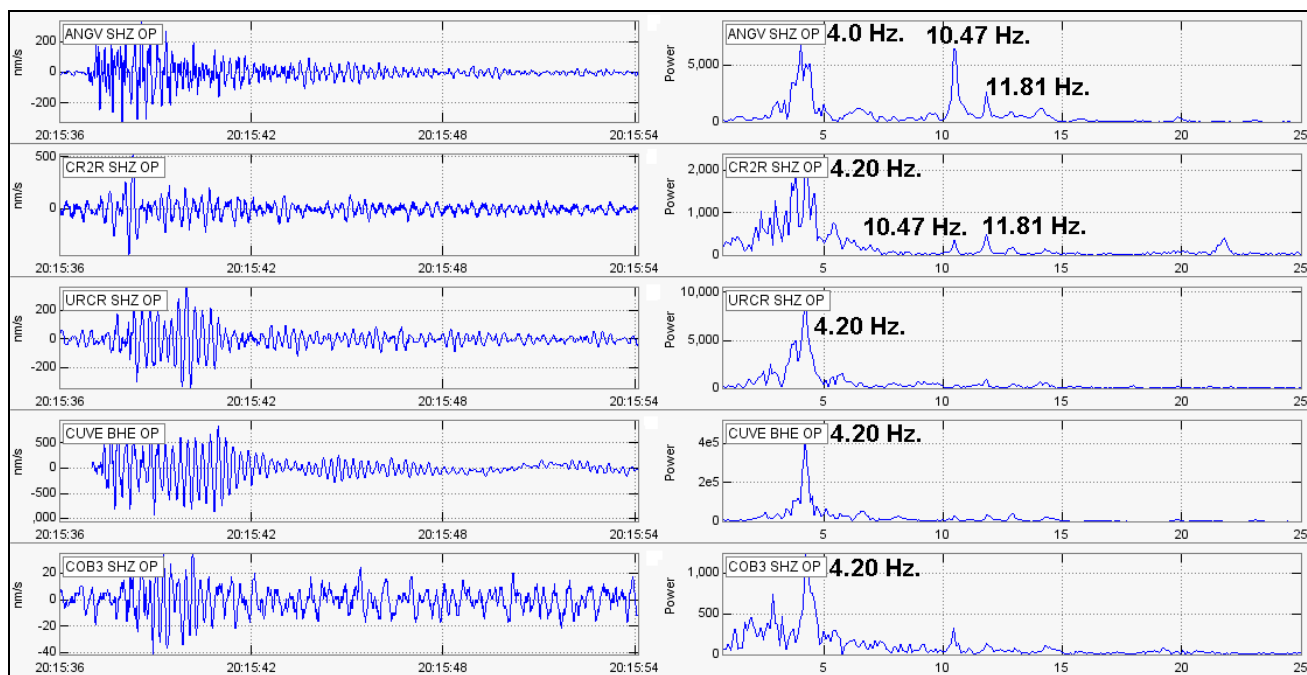


Figura 8. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo LP ocurrido el 30 de julio a las 3:15 p.m. registrado por algunas de las estaciones de monitoreo del volcán Galeras, alcanzando una duración de 22 segundos en la estación ANGV.

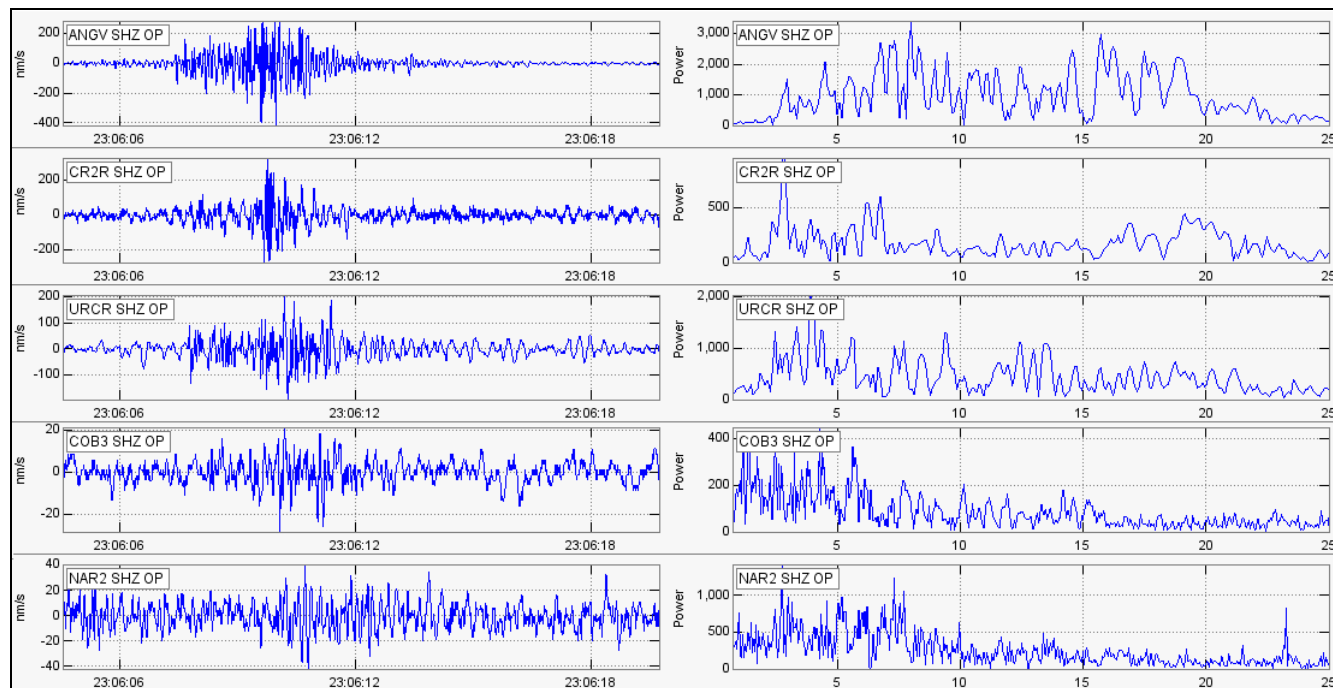


Figura 9. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo LP ocurrido el 31 de julio a las 6:06 p.m. registrado por algunas de las estaciones de monitoreo del volcán Galeras.

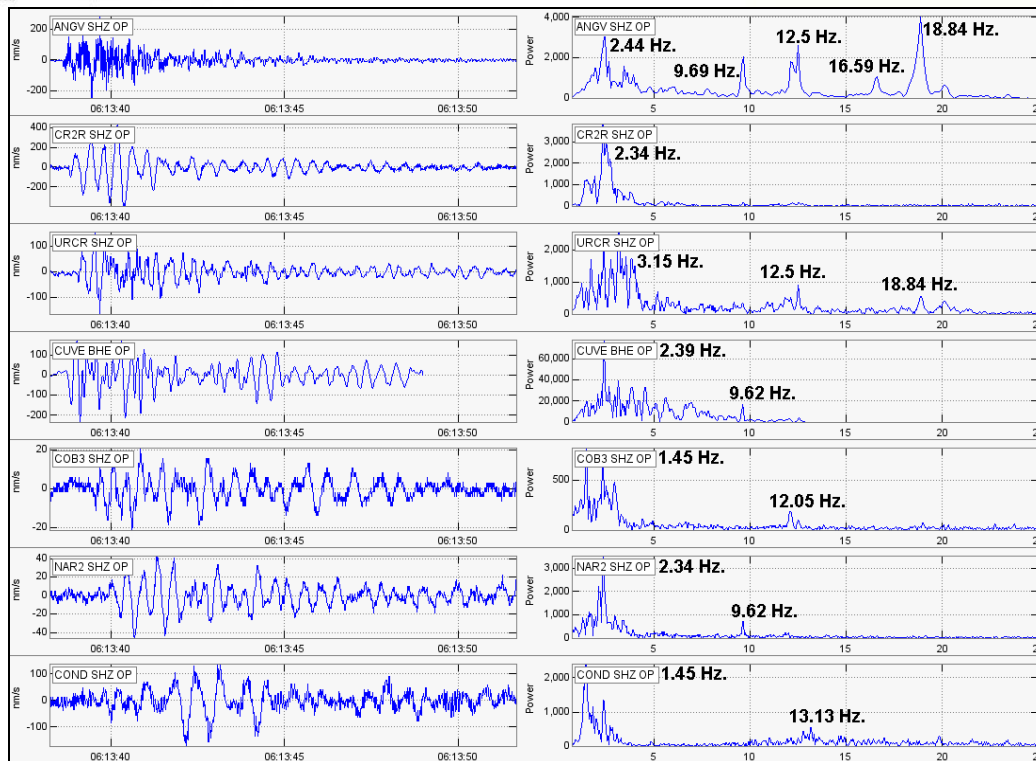


Figura 10. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo LP ocurrido el 1 de agosto a las 1:13 a.m. registrado por algunas de las estaciones de monitoreo del volcán Galeras.

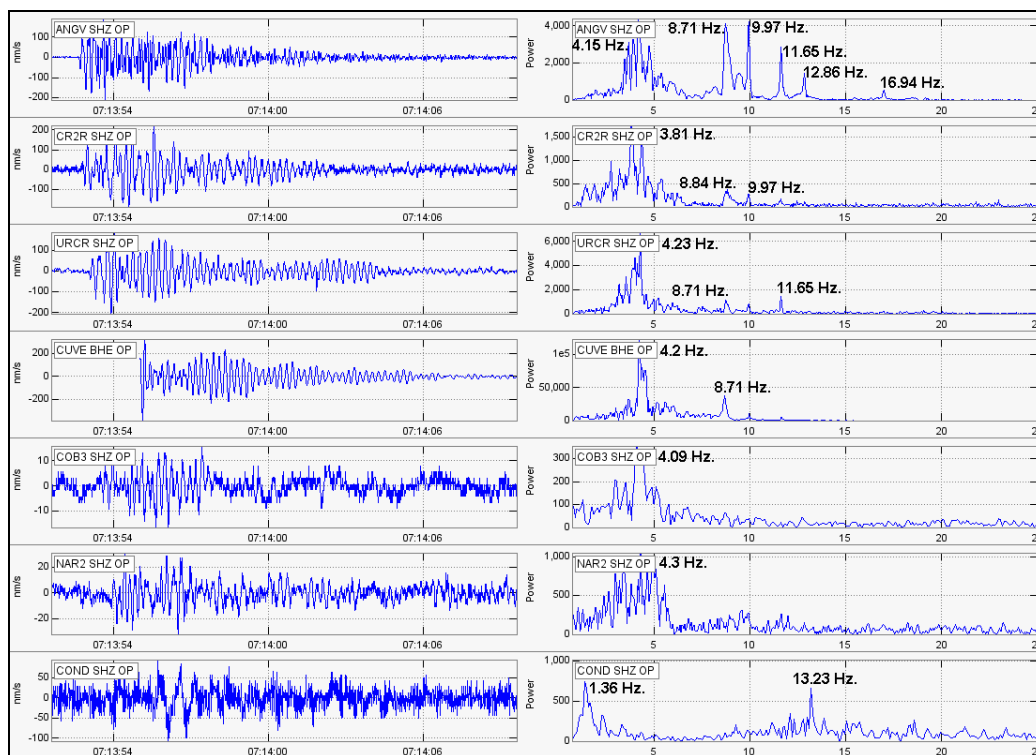


Figura 11. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo LP ocurrido el 1 de agosto a las 2:13 a.m. registrado por algunas de las estaciones de monitoreo del volcán Galeras.

En la Figura 12, se muestra el sismograma y el espectro de Fourier del evento más energético registrado a lo largo de la semana evaluada, evento tipo LP.

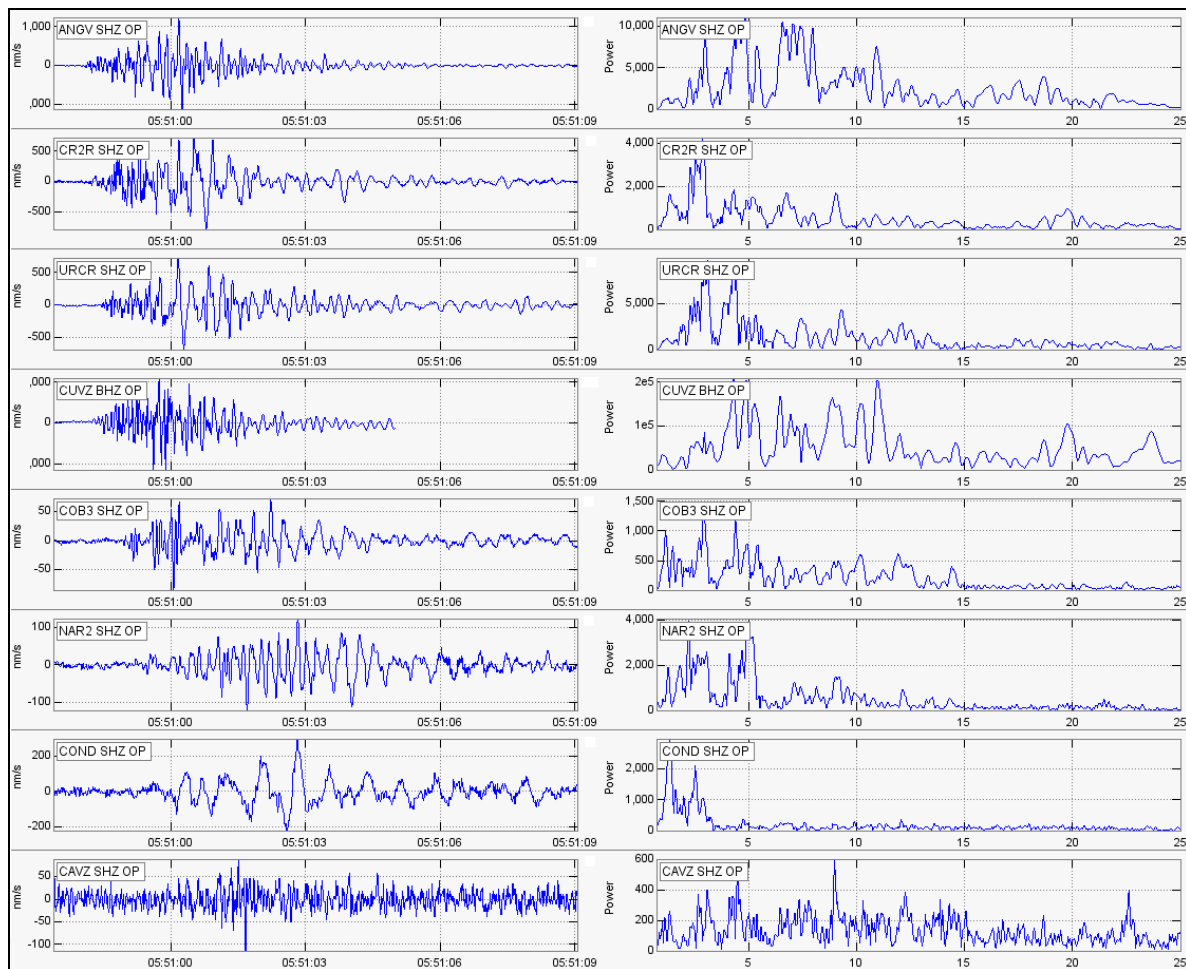


Figura 12. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo LP ocurrido el 1 de agosto a las 12:50 a.m., destacado por ser el más energético a lo largo de la semana comprendida entre el 27 de julio y el 2 de agosto de 2010, registrado por algunas de las estaciones de monitoreo del volcán Galeras.

También es importante mencionar la ocurrencia de una serie de eventos a manera de enjambre, el cual ocurrió entre las 5:30 p.m. del 30 de julio y las 6:07 a.m. del 31 de julio, totalizando 119 eventos de pequeño nivel energético, de los cuales 6 sismos son clasificables. En su mayoría estos eventos presentaron características tanto de movimiento de fluidos como de fractura de material cortical (Figura 13), este enjambre culminó con la ocurrencia de un VT a las 6:07 a.m., el cual registro una magnitud de 0.8 grados en la escala de Richter.

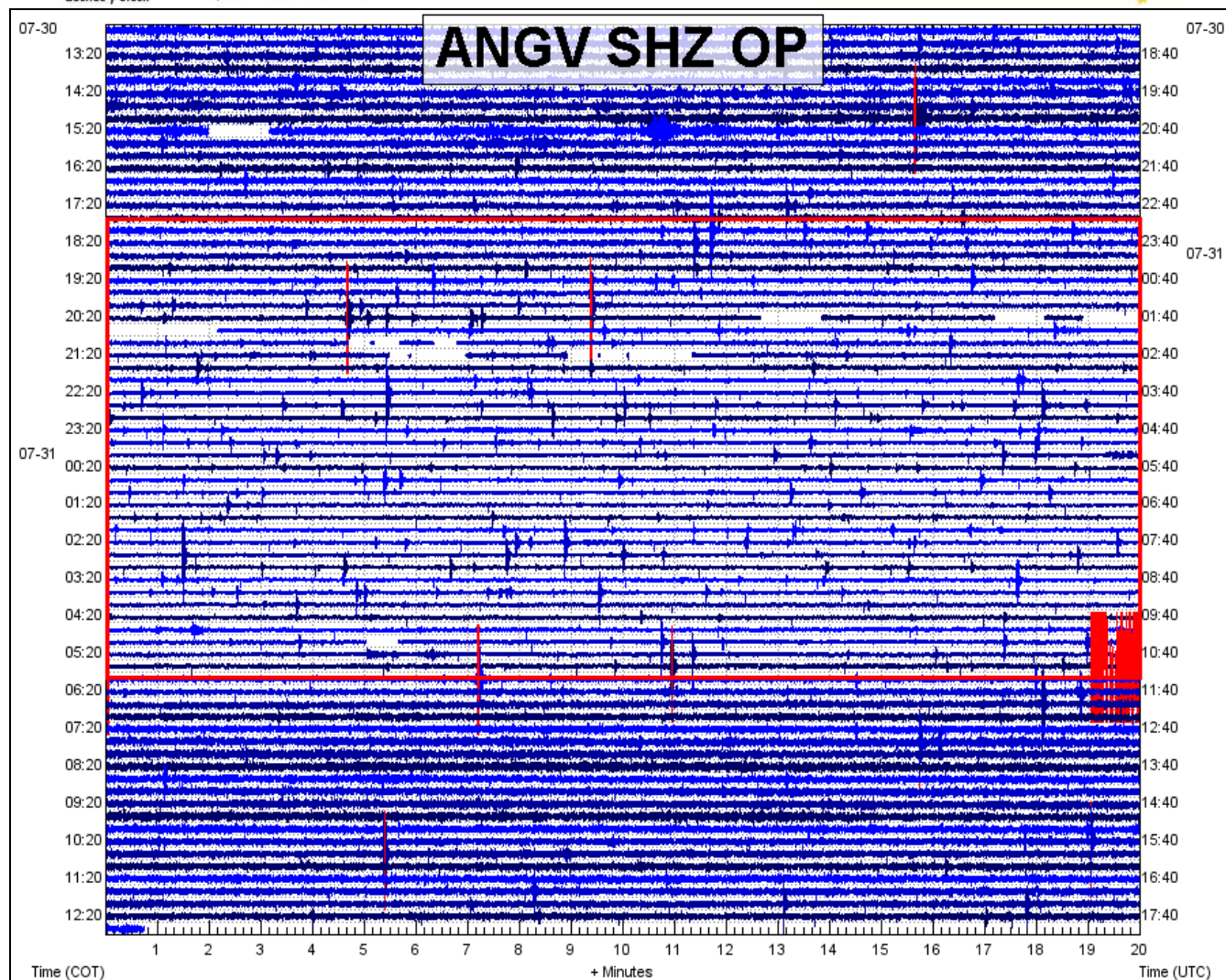


Figura 13. Sismograma de la estación Anganoy (ANGV-componente Vertical), el recuadro en coloración rojo, muestra el episodio de enjambre de eventos ocurrido entre el 30 y 31 de julio de 2010.

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 haciendo uso del programa HYPO71 fue posible obtener una solución de localización para 26 sismos entre clasificables y no clasificables, 10 tipo VT y 16 de tipo HYB. Además, los eventos tipo VT clasificables mostraron un incremento en ocurrencia del 33.3% en comparación con el número de eventos de la semana anterior (Tabla 1), así como también, una disminución en su energía liberada (Tabla 2).

La mayoría de los eventos se localizaron hacia el costado sur-occidente del edificio volcánico, ubicados a diferentes distancias epicentrales del cráter principal, las cuales oscilan entre 0.1 y 11 km., (Tabla 3, Figura 14), la mayoría de estos eventos se ubicaron a distancias epicentrales menores de 1 km.

Las magnitudes locales de estos sismos fluctuaron entre -0.3 y 0.8 grados en la escala de Richter. Los sismos localizados mostraron profundidades entre 0.3 y 7 km., tomando como referencia la cima de Galeras, cerca del 70% de los eventos presentó profundidad menor a 1 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 27 de julio y el 2 de agosto de 2010.

FECHA	HORA LOCAL	LAT ITUD		LONGITUD		PROF. Km	MAGNITUD		No. FASES	GAP	Dist-Min Km	RMS	ERH	ERZ	CALIDAD	TIPO EVENTO
		grados	minutos	grados	minutos		Md	ML								
28-Jul-10	2:24 AM	1	11.04	77	24.32	5.46	1.04	0.8	15	241	2.3	0.05	0.2	0.2	C1	GVA
28-Jul-10	5:40 AM	1	11.45	77	24.14	5.27	0.2	0	9	221	1.8	0.09	0.5	0.5	C1	GVA
29-Jul-10	6:10 AM	1	11.26	77	21.37	3.93	0.59	0.6	15	177	1.4	0.07	0.2	0.3	B1	GVA
29-Jul-10	8:37 PM	1	12.85	77	22.79	3.79	-0.16	-0.1	14	114	2.4	0.04	0.1	0.3	B1	GVA
30-Jul-10	9:11 AM	1	13.45	77	21.88	0.44	0.09	0.1	10	281	1.3	0.06	0.3	0.8	C1	GHD
30-Jul-10	6:31 PM	1	13.49	77	21.71	1.02	-0.4	-0.3	6	295	1	0.05	0.5	0.6	C1	GHD
30-Jul-10	8:09 PM	1	13.5	77	21.9	0.76	0.17	0.3	8	284	1.4	0.05	0.2	0.4	C1	GVA
30-Jul-10	10:25 PM	1	13.58	77	21.95	0.42	-0.33	-0.4	7	289	1.5	0.05	0.4	1.2	C1	GVA
30-Jul-10	11:00 PM	1	13.29	77	21.87	0.43	-0.3	-0.3	6	288	1.3	0.04	0.3	0.7	C1	GHD
31-Jul-10	2:28 AM	1	13.34	77	21.8	0.48	-0.22	-0.4	6	287	1.2	0.02	0.2	0.4	C1	GHD
31-Jul-10	2:41 AM	1	13.28	77	21.79	0.67	-0.33	-0.3	6	281	1.2	0.03	0.3	0.4	C1	GHD
31-Jul-10	3:37 AM	1	13.31	77	21.8	0.45	-0.21	-0.3	6	284	1.2	0.03	0.3	0.5	C1	GHD
31-Jul-10	5:10 AM	1	13.36	77	21.81	0.39	0.12	0.1	8	274	1.2	0.04	0.3	0.8	C1	GHD
31-Jul-10	5:31 AM	1	13.37	77	21.76	0.49	0.13	0.1	8	271	1.1	0.04	0.3	0.6	C1	GHD
31-Jul-10	6:07 AM	1	13.13	77	21.49	0.4	0.58	0.8	10	171	0.7	0.09	0.3	0.7	B1	GVA
31-Jul-10	7:55 AM	1	13.24	77	21.75	0.83	-0.11	-0.1	8	265	1.1	0.05	0.4	0.4	C1	GHD
31-Jul-10	10:39 AM	1	13.37	77	21.93	0.39	-0.28	-0.1	6	295	1.4	0.02	0.1	0.4	C1	GHD
31-Jul-10	10:45 AM	1	13.37	77	22.03	0.38	-0.28	-0.3	6	300	1.6	0.03	0.2	0.7	C1	GHD
31-Jul-10	12:47 PM	1	13.34	77	21.76	0.51	-0.21	-0.2	6	283	1.1	0.03	0.3	0.5	C1	GHD
31-Jul-10	1:00 PM	1	13.36	77	21.77	0.47	-0.26	-0.2	8	271	1.1	0.05	0.3	0.7	C1	GHD
31-Jul-10	7:42 PM	1	13.34	77	21.77	0.51	-0.27	-0.2	7	270	1.1	0.04	0.3	0.6	C1	GHD
1-Aug-10	1:41 AM	1	13.67	77	22.03	1.68	0.41	0.5	9	295	1.7	0.06	0.5	0.4	C1	GHD
1-Aug-10	10:15 PM	1	15.45	77	15.79	7.83	0.16	0.1	8	305	9.5	0.03	0.3	0.1	C1	GVA
2-Aug-10	8:30 AM	1	13.09	77	22.98	0.75	0.58	0.6	17	125	2.9	0.04	0.1	0.5	B1	GVA
2-Aug-10	4:20 PM	1	13.45	77	22.09	2.19	0.07	0.2	6	339	1.7	0.06	1	0.7	C1	GHD
2-Aug-10	10:45 PM	1	13.37	77	21.87	0.36	-0.22	-0.1	6	293	1.3	0.02	0.1	0.2	C1	GVA

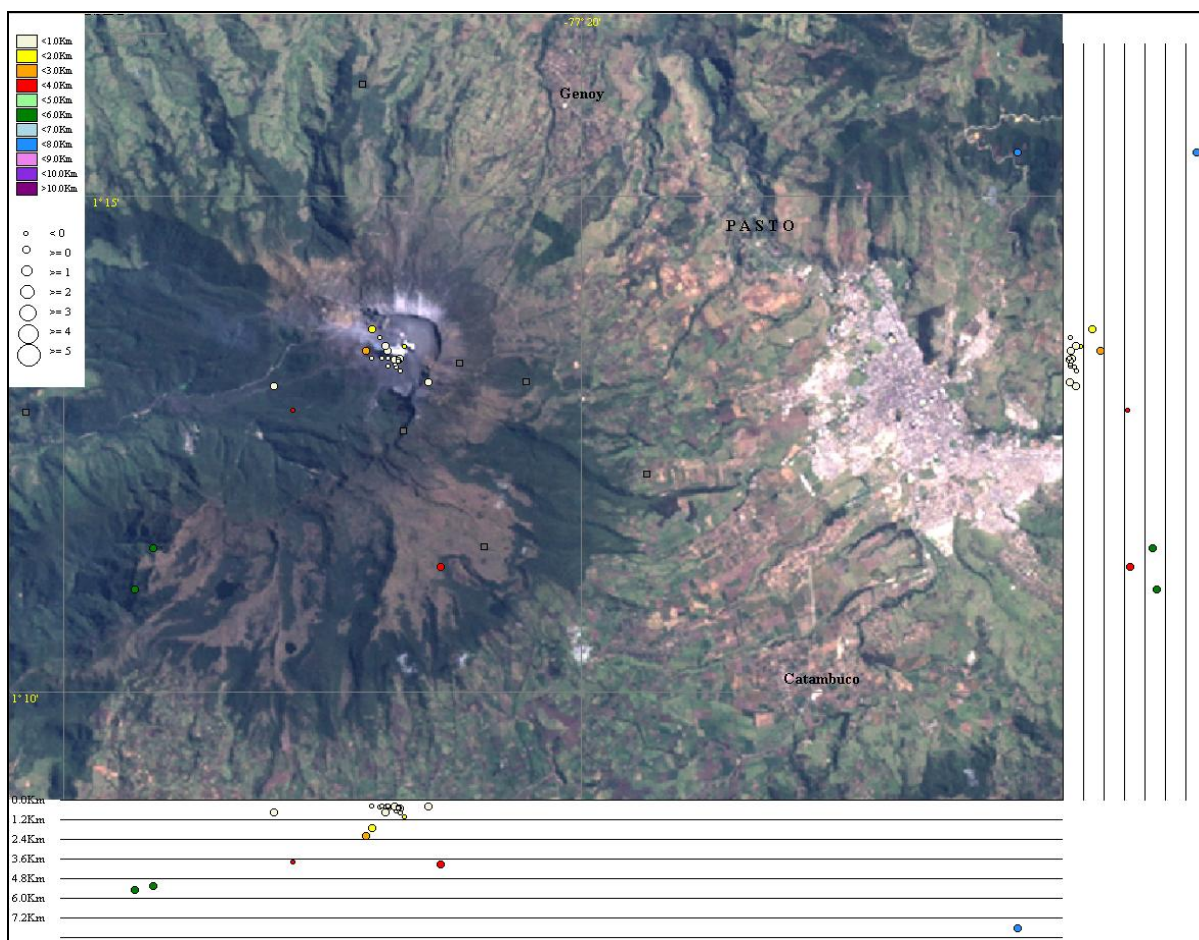


Figura 14. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura e híbridos registrados por algunas estaciones de la red de monitoreo de Galeras, ocurridos en la semana comprendida entre el 27 de julio y el 2 de agosto de 2010, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 1.2 km., de profundidad, el tamaño de los círculos 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 mostró un comportamiento levemente descendente el cual desde el 1 de junio de 2010 hasta la fecha, registro 12 μ rad, mientras que la componente Radial continuo presentando un comportamiento ascendente, el cual desde el 4 de junio de 2010 hasta la fecha de cierre de este informe alcanzó 36 μ rad (Figura 15).
- El inclinómetro Peladitos (ubicado a 1.4 km., al sureste del cráter principal, 3850 msnm), para este periodo mostró un comportamiento estable, tanto para la componente Tangencial, como Radial, el cual desde el mes de mayo de 2010 hasta la fecha, registró variaciones poco significativas (Figura 16).
- El inclinómetro Huairatola (ubicado a 1.7 km., al norte del cráter principal, 3745 msnm), mostró variaciones poco significativas, menores a 5 μ rad, tanto en la componente Radial como Tangencial, por lo que su comportamiento se considera como estable en sus dos componentes (Figura 17).
- 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 18).
- 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 registra un comportamiento leve ascendente, el cual desde el 19 de julio hasta la fecha alcanzó 24 μ rad para la Tangencial y de 18 μ rad para la componente Radial (Figura 19).

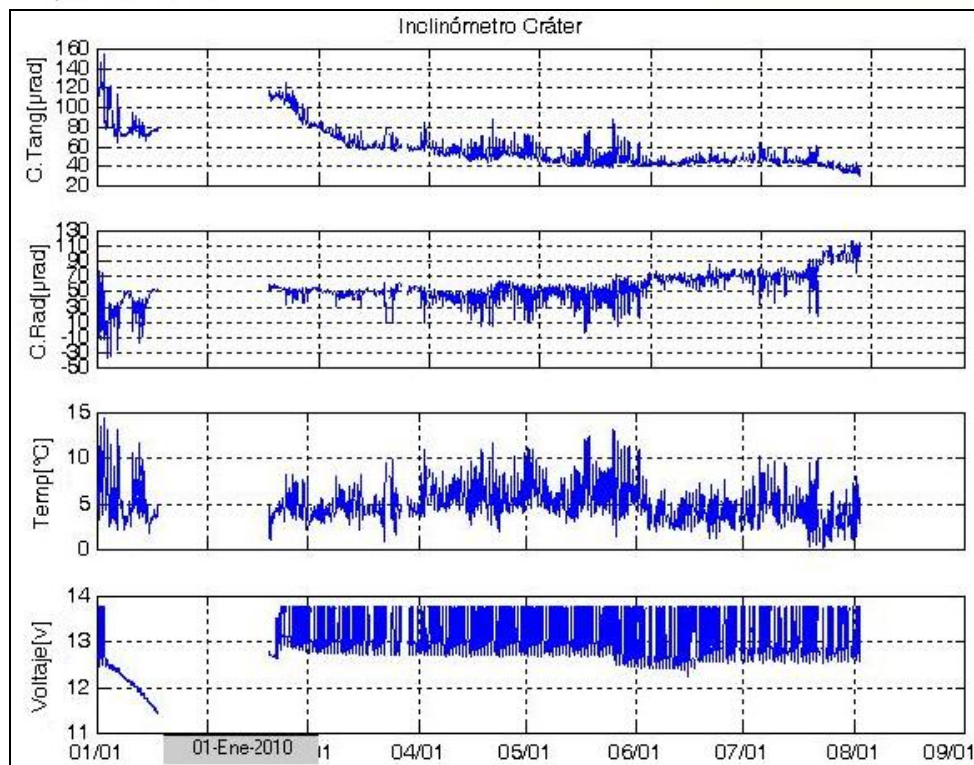


Figura 15. Componentes de inclinación Radial y Tangencial, junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del inclinómetro Cráter, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 2 agosto de 2010.

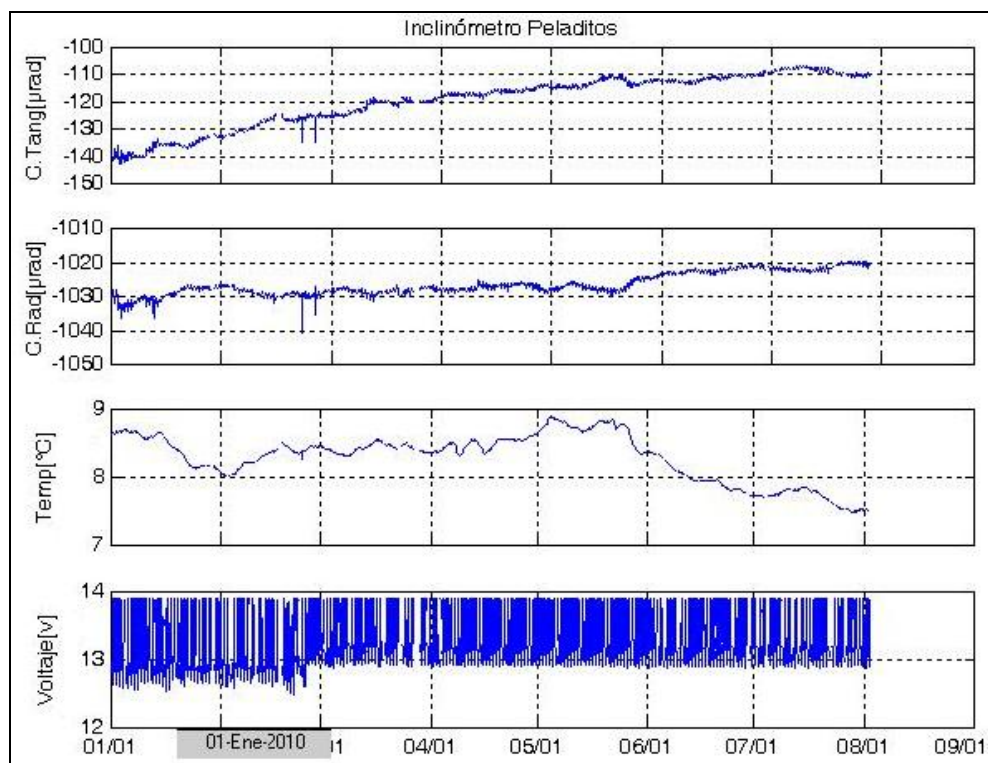


Figura 16. Componentes de inclinación Radial y Tangencial, junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del inclinómetro Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 2 de agosto de 2010.

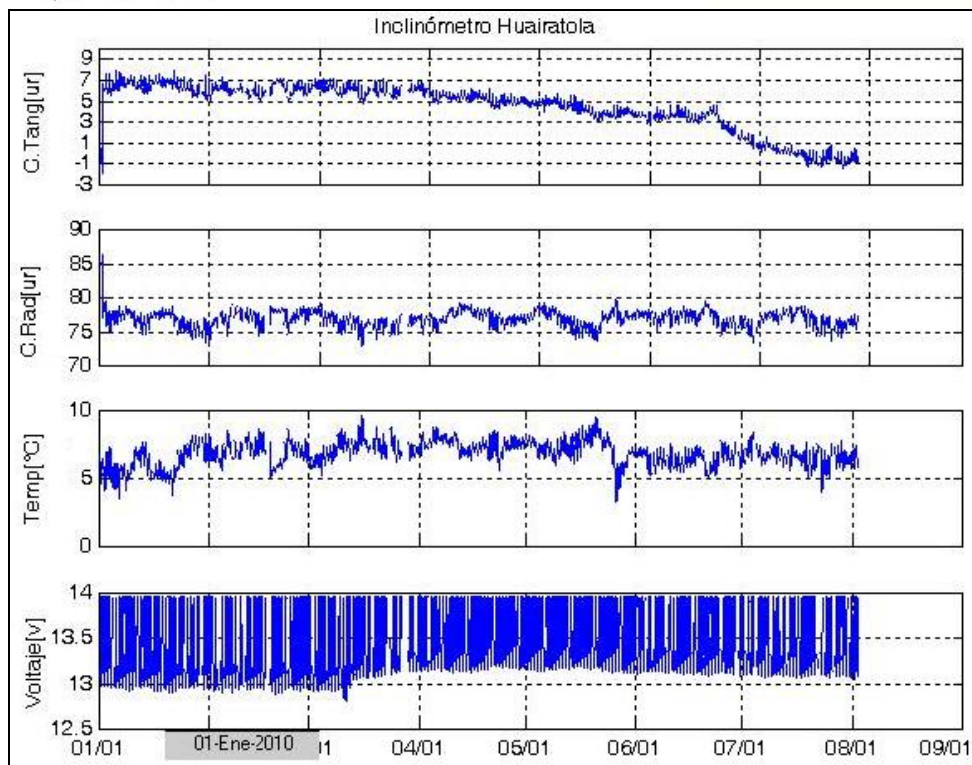


Figura 17. Componentes de inclinación Radial y Tangencial, junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del inclinómetro Huairatola, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 2 de agosto de 2010.

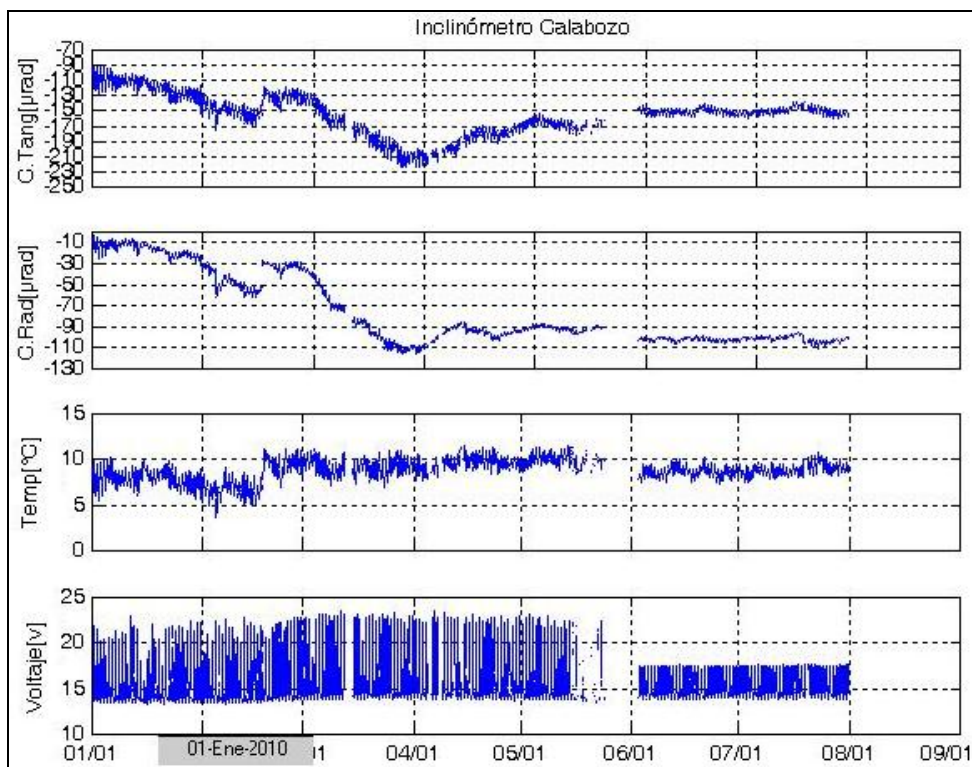


Figura 18. Componentes de inclinación Radial y Tangencial, junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del inclinómetro Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 2 de agosto de 2010.

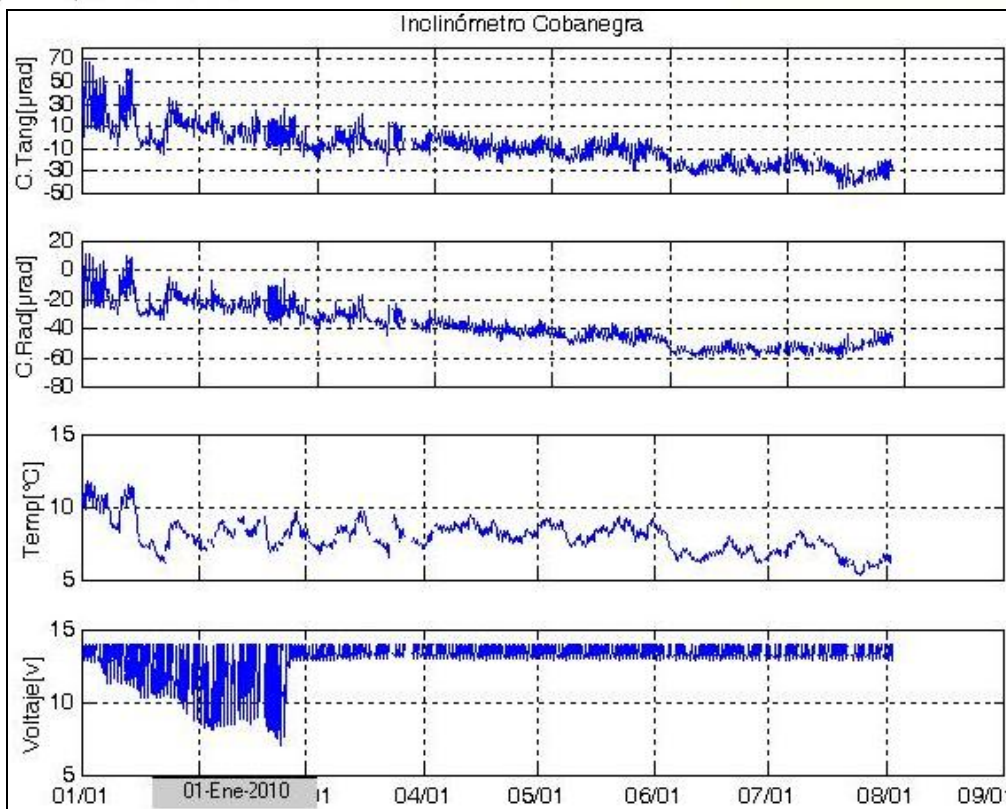


Figura 19. Componentes de inclinación Radial y Tangencial, junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del inclinómetro Cobanegra, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 2 de agosto de 2010.

Con relación al monitoreo de emisión de Dióxido de Azufre (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 se observó que 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 SO_2 , de 78 Toneladas/día, el 29 de julio, columna de emisión detectada entre las poblaciones de Genoy y La Florida, con velocidad de viento de 2.6 m/s.

Además se utilizó la información de las imágenes satelitales capturadas por el sensor OMI (Ozone Monitoring Instrument), el cual monitorea la presencia de algunos gases en la atmósfera, entre ellos el SO_2 ; no se tiene registro de concentración de SO_2 emitido por Galeras para el periodo evaluado.

Para este periodo la actividad superficial se documentó a partir de observaciones directas hacia la cima, por videos de la cámara Web instalada en el OVSP, por reportes de las comisiones de personal en campo y reportes del sobrevuelo.

En reconocimiento aéreo realizado el 1 de agosto de 2010 con el apoyo de la Fuerza Aérea Colombiana FAC (Helicóptero Huey II), se observó salida de gas en gran cantidad de coloración blanca, en forma continua desde el campo fumarólico Las Deformes, Las Chavas, El Paisita y de la pared interna del cono, hacia el sector norte, debajo del Paisita y en poca cantidad del cráter principal (Figura 20), además durante el sobrevuelo no se percibió olor a gases azufrados.

Es importante mencionar que gracias a las imágenes térmicas capturadas durante el sobrevuelo a la cima de Galeras, es posible evidenciar que la mayor temperatura, de 99°C la mostró el cráter secundario El Paisita. En comparación con imágenes térmicas anteriores, se observó que en las diferentes zonas con anomalía térmica se han incrementado las temperaturas (Figura 21).



Figura 20. Imágenes del cono activo de Galeras, capturadas durante el sobrevuelo realizado en horas de la mañana del 1 de agosto de 2010 con el apoyo de la Fuerza Aérea Colombiana. Se observa la salida de gas de varios de los cráteres secundarios de Galeras y del cráter principal.

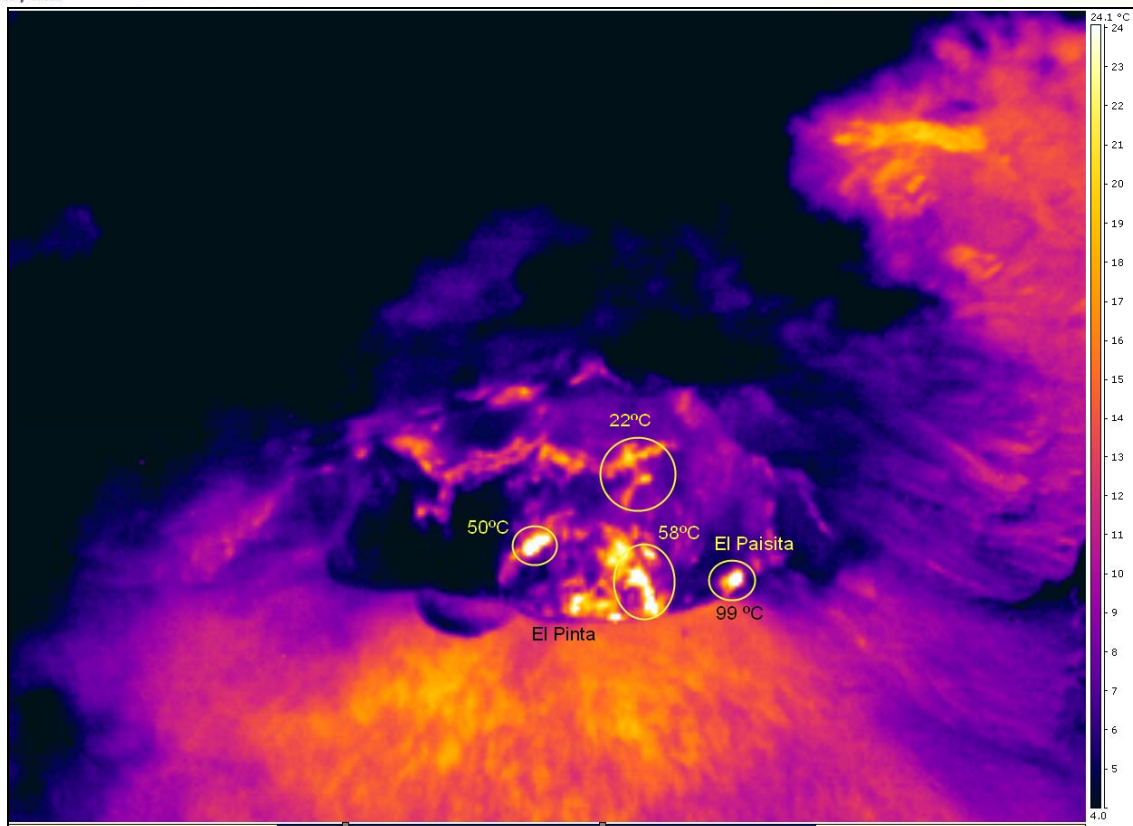


Figura 21. Imagen térmica del cono activo de Galeras, capturada durante el sobrevuelo realizado en horas de la mañana del 1 de agosto de 2010 con el apoyo de la Fuerza Aérea Colombiana. Los óvalos en la fotografía, resaltan los lugares donde se presentaron las anomalías térmicas más importantes.

Personal del OVSP en trabajo de campo en la cima de Galeras, reportó el día 2 de agosto, desde el costado sureste, a 1.1 km., respecto al cráter, fuertes olores a gases azufrados que producían ardor en los ojos y vías respiratorias.

CONCLUSIONES

- En niveles bajos de sismicidad, tanto en ocurrencia como a nivel energético, se destaca la ocurrencia del episodio sísmico a manera de enjambre de eventos, el cual se asocia con variaciones en las condiciones de presión del sistema volcánico.
- Durante el periodo evaluado, solamente se registró emisiones de Dióxido de Azufre (SO₂) para el día 29 de julio, utilizando el instrumento MovilDOAS, calculando un valor de 78 Toneladas/día, considerado como bajo para Galeras, (que podría indicar: escases de volátiles en el sistema o la presencia de sellos que impiden la salida de este tipo de gases).
- La energía térmica del material dentro del sistema, desde la última observación con cámara térmica, se ha propagado a sectores más superficiales incrementando levemente la temperatura de las anomalías térmicas.



INGEOMINAS
INSTITUTO COLOMBIANO
DE GEOLOGÍA Y MINERÍA
República de Colombia



- 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".