



## INGEOMINAS – OBSERVATORIO VULCANOLÓGICO Y SISMOLÓGICO DE PASTO

*San Juan de Pasto, 21 de abril de 2010*

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

De acuerdo a los diferentes parámetros evaluados durante este periodo, se observó que la actividad de Galeras continúa manteniendo niveles bajos de sismicidad, en cuanto a ocurrencia y a nivel energético, similares a los reportados en semanas anteriores.

Sobresalen algunos de los eventos relacionados a la dinámica de fluidos al interior del sistema volcánico de fuente transitoria (Largo Período, LP), los cuales mostraron en la parte final del registro del evento, un decaimiento lento de su amplitud. De igual manera se destaca un evento clasificado como Pseudo-Tornillo, estos eventos están asociados con movimiento de fluidos en los cuales la geometría de la cavidad que los contiene reúne condiciones especiales de tal manera que se comportan como cavidad resonante.

Adicionalmente, se presentó aumento en ocurrencia en el registro de eventos que involucran fracturamiento de la roca y posterior movimiento de fluido (Híbridos, HYB), siendo este con respecto a la semana inmediatamente anterior del 71%. Con relación a los eventos relacionados con fracturamiento de material cortical (Volcano-tectónicos, VT), se observó una disminución del 66% con respecto a la semana anterior, Tabla 1, Figura 1.

Es importante resaltar que en el transcurso de la semana y de los últimos periodos evaluados, no se registraron episodios relacionados con movimiento de fluidos de fuente persistente (Tremor, TRE), Tabla 1, Figura 1, Figura 2.

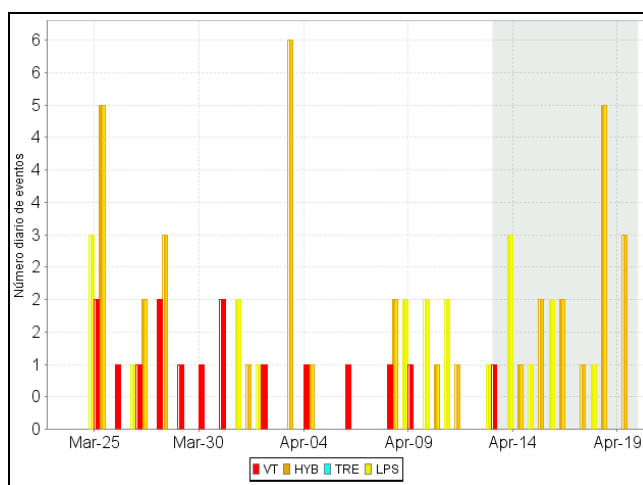
Además se observa un leve incremento, cercano al 14% en la ocurrencia de eventos no clasificables, sismos que por su nivel energético no cumplen con las condiciones de amplitud mínima en una estación de referencia, pero que son importantes en la evaluación de la actividad de Galeras (Tabla 1).

En general, el número de eventos volcánicos registrados en el período evaluado, en comparación con los de la semana anterior, muestra un leve incremento del 36 % (Figura 2). El día en el cual se registró mayor número de eventos, fue el 18 de abril, totalizando cinco eventos.

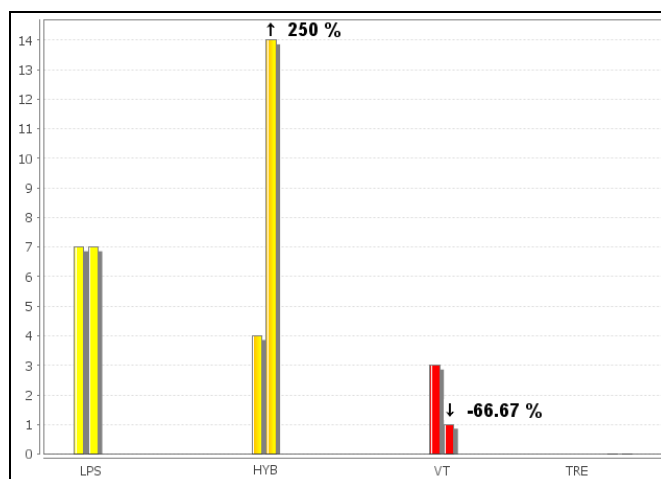
En cuanto a liberación diaria de energía, se observó que el mayor aporte proviene de los eventos tipo HYB, mostrando un incremento con respecto a la semana anterior (Tabla 2, Figura 4, Figura 5). Se destaca que de los eventos registrados en el periodo evaluado, el evento más energético corresponde al ocurrido el 18 de abril, tipo HYB con un valor de energía de ondas de cuerpo, estimado en  $1.89E+11$  erg y desplazamiento reducido de  $14.10 \text{ cm}^2$ . En comparación con la semana anterior, se presentó una leve disminución en cuanto al total de la energía liberada por los eventos registrados (Tabla 2, Figura 4, Figura 5).

**Tabla 1.** Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos entre el 23 de marzo y 19 de abril de 2010, incluyendo la semana objeto de evaluación, resaltada en color verde.

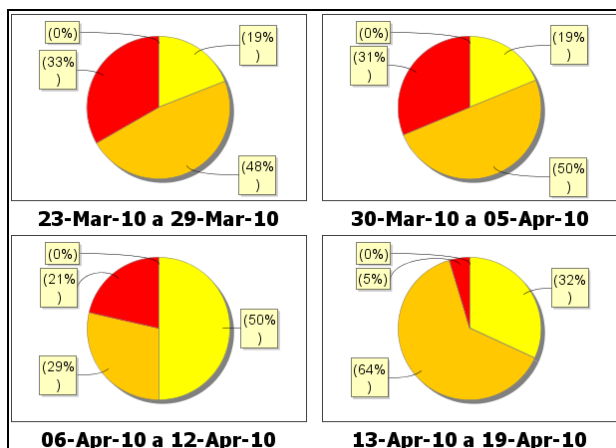
Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					
	LPS	HYB	VT	TRE	TOTAL	NO CLASIFICABLES
23-Mar-10 a 29-Mar-10	4	10	7	0	21	180
30-Mar-10 a 05-Apr-10	3	8	5	0	16	104
06-Apr-10 a 12-Apr-10	7	4	3	0	14	237
13-Apr-10 a 19-Apr-10	7	14	1	0	22	273



**Figura 1.** Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos entre el 23 de marzo y el 19 de abril de 2010. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.



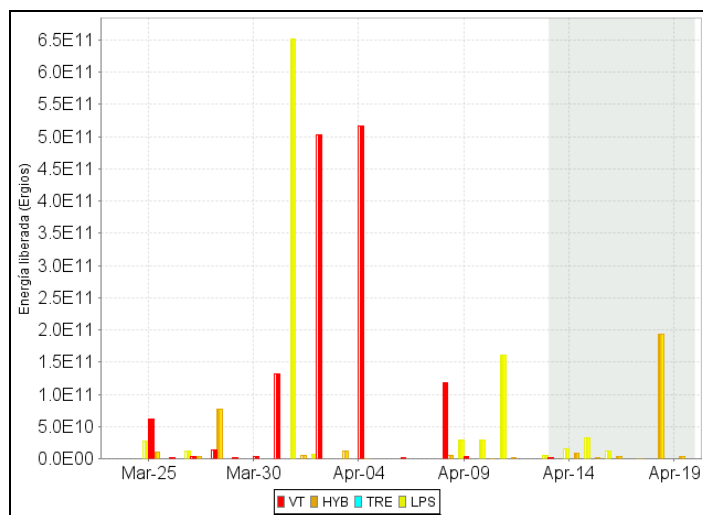
**Figura 2.** Relación porcentual que compara el número de eventos por tipo ocurridos durante el periodo semanal evaluado, con respecto a la semana anterior comprendida entre el 6 y el 12 de abril de 2010. Los colores representan cada uno de los tipos de eventos (amarillo: LP, azul: TRE, rojo: VT y naranja: HYB).



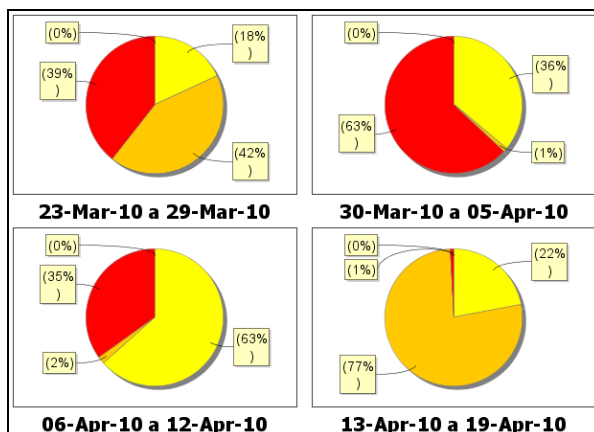
**Figura 3.** Relación porcentual que compara el número de eventos por tipo ocurridos entre el 23 de marzo y 19 de abril de 2010, tomando periodos semanales. Los colores representan cada uno de los tipos de eventos (amarillo: LP, azul: TRE, rojo: VT y naranja: HYB).

**Tabla 2.** Energía liberada de onda de cuerpo por los diferentes tipos de eventos volcánicos, para los últimos cuatro periodos semanales, incluyendo la semana objeto de evaluación, resaltada en color verde.

Periodo Evaluado	Energía liberada {ergios} de eventos por tipo				
	LP	HYB	VT	TRE	TOTAL
23-Mar-10 a 29-Mar-10	3.85E+10	9.05E+10	8.41E+10	0.0	2.13E+11
30-Mar-10 a 05-Apr-10	6.58E+11	1.82E+10	1.15E+12	0.0	1.83E+12
06-Apr-10 a 12-Apr-10	2.23E+11	6.16E+09	1.23E+11	0.0	3.52E+11
13-Apr-10 a 19-Apr-10	6.03E+10	2.13E+11	2.25E+09	0.0	2.75E+11

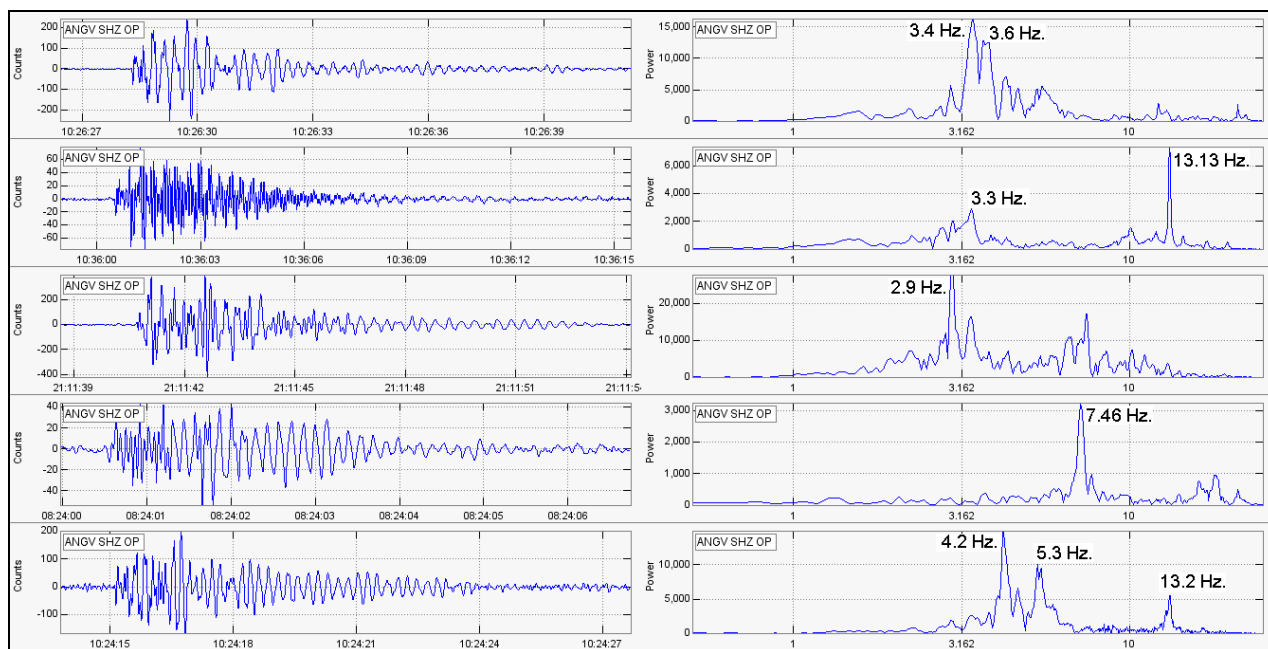


**Figura 4.** Histograma de la energía liberada (energía ondas de cuerpo) por eventos volcánicos por tipo, registrada entre el 23 de marzo y el 19 de abril de 2010. El recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

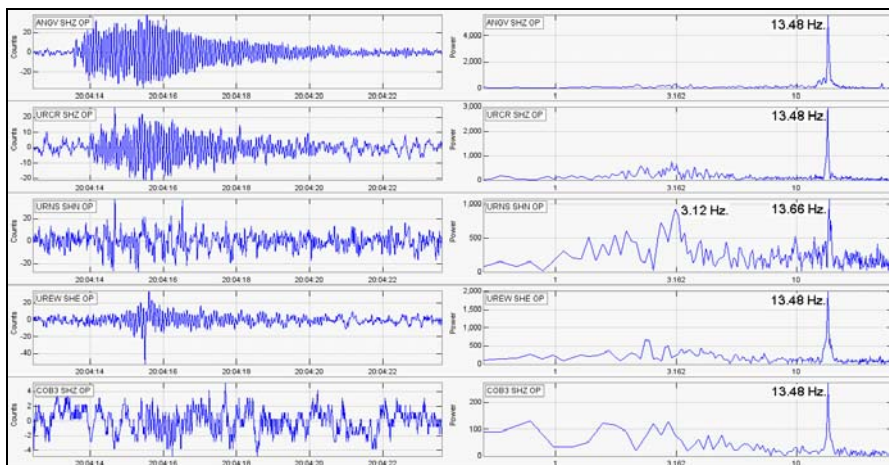


**Figura 5.** Análisis estadístico comparativo de la energía sísmica liberada por los eventos registrados entre el 23 de marzo y el 19 de abril de 2010, tomando periodos semanales. Los colores representan cada uno de los tipos de eventos (amarillo: LP, azul: TRE, rojo: VT y naranja: HYB).

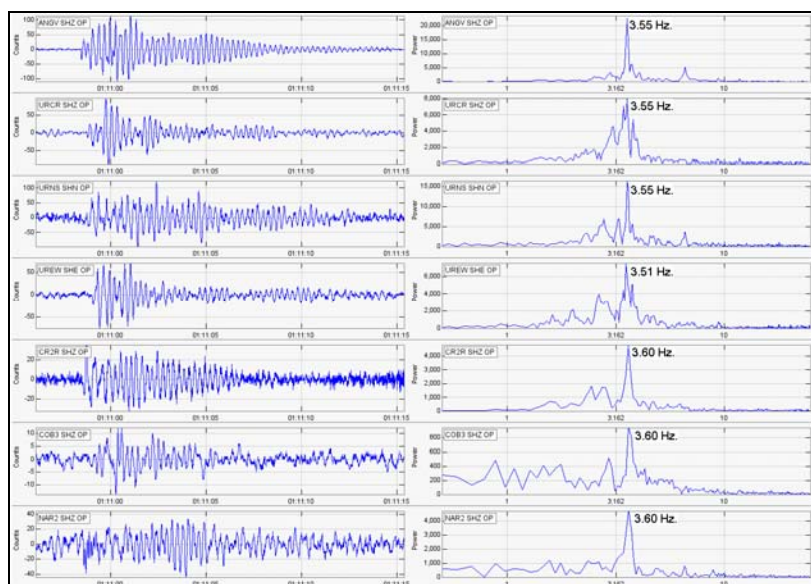
Las Figuras 6 a 8 presentan ejemplos de señales sísmicas registradas entre el 13 y el 19 de abril, junto con algunas características relacionadas con sus contenidos en frecuencia, se resalta que algunos de los eventos relacionados con el tránsito de fluidos, tipo LP, tuvieron un registro caracterizado por presentar una lenta atenuación en la parte final del evento, haciendo que estos tengan una coda alargada, con frecuencia dominante entre los 2.9 y 13 Hz. Además, en la Figura 7 se observa que el evento registrado el día 18 de abril, a las 3:04 p.m., presentó una frecuencia dominante de 13.48 Hz. La mayoría de este tipo de eventos mostraron una frecuencia dominante de alrededor de los 3 Hz.



**Figura 6.** Sismogramas y espectros en frecuencia de eventos tipo LP clasificables y no clasificables registrados en orden cronológico entre el 13 y el 15 de abril de 2010, los cuales presentan características de lenta atenuación de la amplitud en la parte final del evento.



**Figura 7.** Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo LP ocurrido el 18 de abril a las 3:04 p.m., el cual presenta características de lenta atenuación en la parte final del evento, registrando una duración de 11 seg.

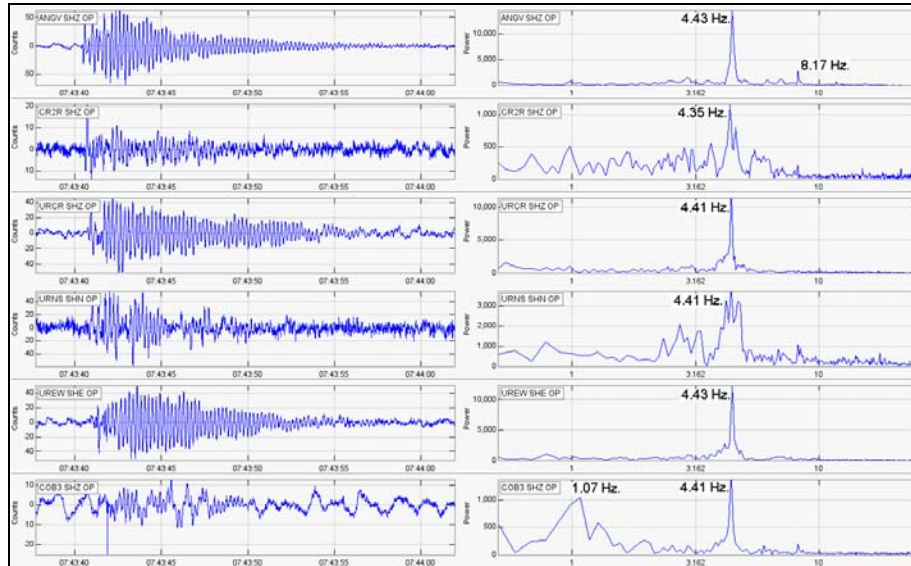


**Figura 8.** Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo LP ocurrido el 19 de abril a las 8:10 p.m., el cual presenta características de lenta atenuación en la parte final del evento, registrando una duración de 16 seg.

Destacamos el evento ocurrido el 17 de abril, a las 2:43 a.m., el cual fue clasificado como Pseudo-Tornillo de acuerdo al registro de su señal y a sus componentes espectrales, el cual, a pesar de ser un evento no clasificable en la estación de referencia, se registró en varias de las estaciones de la red de vigilancia sísmica de Galeras (Figura 9), el cual tuvo una duración de 21 seg en la estación Anganoy y una frecuencia dominante de 4.43 Hz.

Para Galeras, la importancia de este tipo de eventos radica en que se han presentado en etapas que antecedieron a varios de los episodios eruptivos registrados entre 1992 y 2009.

En la mayoría de los casos han mostrado características comunes como disminución en la frecuencia dominante e incremento en sus duraciones.

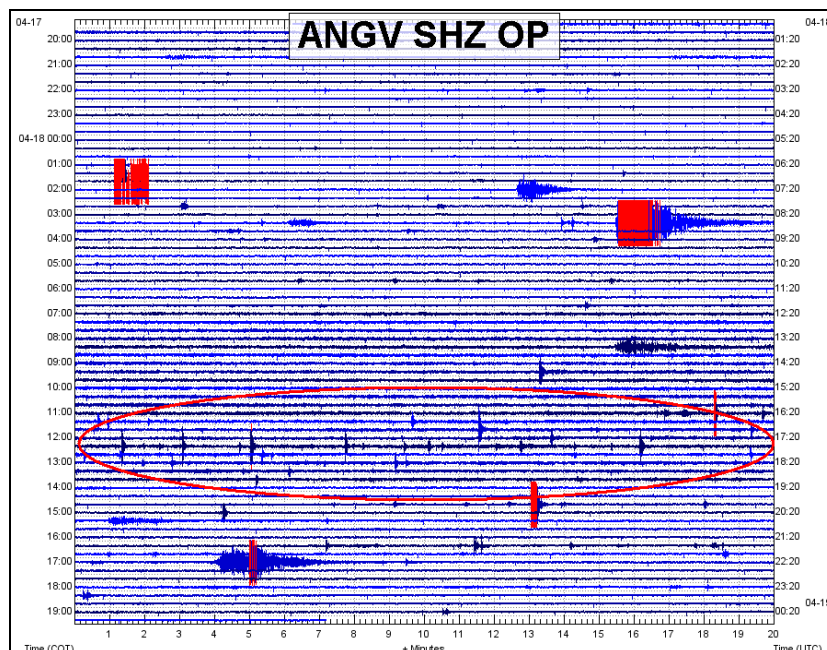


**Figura 9.** Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo Pseudo-Tornillo ocurrido el 17 de abril a la 2:43 a.m., el cual registró una duración de 21 seg.

Dentro del proceso registrado entre el 13 y el 19 de abril, adicionalmente se resalta el registro de un enjambre sísmico ocurrido el 18 de abril, entre las 11:16 a.m. y la 1:45 p.m., eventos de nivel energético bajo, que totalizaron entre clasificables y no clasificables 35 eventos, entre tipo LP e HYB. El cual terminó con el registro de un evento tipo HYB, el más energético de la semana y magnitud local de 1.3 grados en la escala de Richter, ocurrido el día 18 de abril a las 2:53 p.m. (Figura 10).

Además, es importante mencionar que en lapsos largos de tiempo, no hay ocurrencia de ningún tipo de actividad sísmica, no hay registro de eventos, tanto clasificables como, no clasificables, esto haciendo referencia a periodos de silencio sísmico.

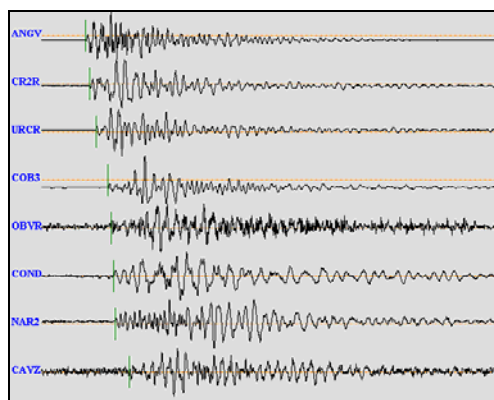




**Figura 10.** Sismograma del 17 al 18 de abril de 2010 de la estación Anganoy - componente vertical (ubicada a 0.84 km., al ESE del cráter principal). El ovalo rojo resalta la ocurrencia de eventos sísmicos clasificables y no clasificables registrados durante el 18 de abril de 2010, totalizando 35 eventos.

En cuanto a los eventos tipo HYB, registraron un incremento del 71 % en comparación con el número de eventos de la semana anterior. Las características principales de la localización del evento HYB (Figura 11) registrado el día 18 de abril fueron:

Fecha: abril 18 de 2010  
 Tiempo de origen: 2:53 p.m. Hora Local (GMT -5)  
 Latitud: 1° 13.15' N  
 Longitud: 77° 21.22' W  
 Profundidad: 1.87 km., con respecto a la cima de Galeras  
 Magnitud Local: 1.3 grados en la escala de Richter  
 Dist. al cráter principal: 0.67 km., tendencia ESE



**Figura 11.** Sismogramas del evento tipo HYB registrado el 18 de abril, a las 2:53 p.m., en la gráfica se aprecia el orden de arribo de las ondas P a las estaciones de red de vigilancia volcánica de Galeras.



Con relación a la sismicidad asociada a fracturamiento de material cortical al interior del edificio volcánico, eventos VT y sismos tipo híbrido, en la semana de análisis se localizaron cerca de 19 sismos entre clasificables y no clasificables, 8 tipo VT y 11 de tipo HYB, para los cuales 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.

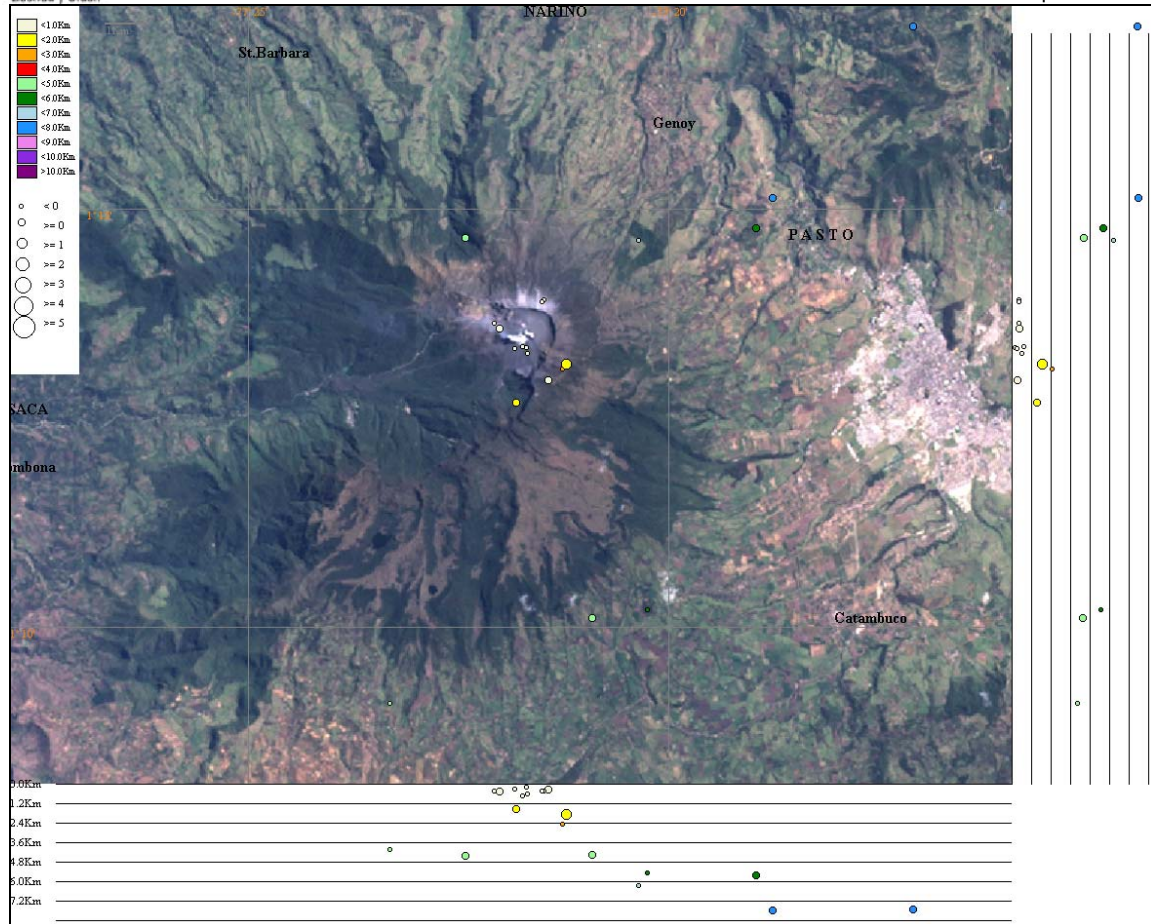
Los eventos se localizaron de manera dispersa alrededor del edificio volcánico, sin lograr identificar ninguna fuente (Tabla 3, Figura 12). Las distancias epicentrales, con respecto del cráter principal se encuentran entre 0.64 y 11 km. Las magnitudes locales de estos sismos fluctuaron entre -0.5 y 1.3 grados en la escala de Richter, el 95% de la sismicidad registro magnitudes locales entre -0.5 y 0.6 grados en la escala de Richter.

Los sismos localizados mostraron profundidades entre 0.22 y 7.78 km., tomando como referencia la cima de Galeras.

**Tabla 3.** Parámetros de las localizaciones obtenidos (empleando el método de Geiger, implementado por el programa HYPO71) a partir de los registros sísmicos de los principales eventos volcano-tectónicos e híbridos registrados entre el 13 y el 19 de abril de 2010.

FECHA	HORA LOCAL	LATITUD		LONGITUD		PROF. km.	MAGNITUD			No. FASES	GAP	DMIN km.	RMS	ERH	ERZ	CALIDAD	TIPO EVENTO
		grados	minutos	grados	minutos		Md	ML									
13-Apr-10	5:23 AM	1	10.12	77	20.92	4.35	0.2	0.3	14	247	1.9	0.09	0.4	0.4	C1	GVA	
13-Apr-10	5:28 AM	1	12.96	77	21.44	0.32	0.36	0.3	7	163	0.9	0.07	0.3	0.9	B1	GVA	
13-Apr-10	3:33 PM	1	13.35	77	21.7	0.22	-0.22	-0.2	6	280	1	0.03	0.1	0.5	C1	GHD	
14-Apr-10	4:11 AM	1	9.09	77	23.32	4.05	-0.47	0	6	334	6.2	0.03	0.7	0.8	C1	GVA	
14-Apr-10	8:20 PM	1	14.77	77	18.97	5.58	0.83	0.6	12	252	4.1	0.09	0.6	0.5	C1	GHD	
15-Apr-10	2:48 AM	1	14.62	77	20.36	6.28	0.22	-0.2	7	222	2.8	0.05	1.2	0.4	C1	GVA	
15-Apr-10	7:35 AM	1	15.13	77	18.77	7.78	0.48	0.3	11	262	4.8	0.06	0.6	0.1	C1	GVA	
15-Apr-10	9:08 AM	1	13.27	77	21.69	0.6	-0.21	-0.1	8	273	1	0.03	0.2	0.2	C1	GHD	
15-Apr-10	2:42 PM	1	14.66	77	22.43	4.38	-0.09	0	13	152	2.8	0.1	0.3	0.5	B1	GVA	
15-Apr-10	3:14 PM	1	13.91	77	21.49	0.44	-0.35	-0.1	5	305	1.2	0.03	0.5	0.9	C1	GHD	
15-Apr-10	6:56 PM	1	13.89	77	21.51	0.42	-0.44	-0.5	5	305	1.2	0.03	0.4	0.7	C1	GVA	
15-Apr-10	10:21 PM	1	13.33	77	21.84	0.31	-0.64	-0.4	6	288	1.2	0.04	0.2	0.8	C1	GHD	
15-Apr-10	11:56 PM	1	13.09	77	21.27	2.5	-0.4	-0.4	8	178	0.5	0.1	0.7	0.6	B1	GHD	
16-Apr-10	4:35 AM	1	13.64	77	22.08	0.42	-0.52	-0.1	5	313	1.8	0.03	0.2	0.6	C1	GHD	
16-Apr-10	5:35 AM	1	17.18	77	17.1	7.73	0.36	0.3	13	305	8.9	0.08	0.6	0.1	C1	GVA	
16-Apr-10	6:02 PM	1	10.21	77	20.25	5.51	0.28	0.2	6	337	2.1	0.04	1	0.4	C1	GHD	
17-Apr-10	6:55 PM	1	13.36	77	21.75	0.74	-0.4	-0.5	6	285	1.1	0.02	0.2	0.3	C1	GHD	
18-Apr-10	12:25 PM	1	13.58	77	22.02	0.42	0.25	0.3	6	309	1.6	0.03	0.3	1.1	C1	GHD	
18-Apr-10	2:53 PM	1	13.15	77	21.22	1.87	1.15	1.3	15	87	0.4	0.15	0.3	0.5	B1	GHD	





**Figura 12.** Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura e híbridos registrados entre el 13 y el 19 de abril 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 su  $M_L$  y el color de su profundidad.

En cuanto a la información suministrada por los inclinómetros electrónicos sobre los procesos de deformación del edificio volcánico se observa lo siguiente:

El inclinómetro Cráter (ubicado a 0.8 km al este-noreste del cráter principal, 4060 msnm), muestra para su componente Tangencial, un comportamiento descendente el cual desde el 30 de marzo hasta el 20 de abril registra 10  $\mu\text{rad}$  de variación, su componente Radial continua el comportamiento estable, el cual se viene registrando desde mediados del mes de marzo de 2010 (Figura 13).

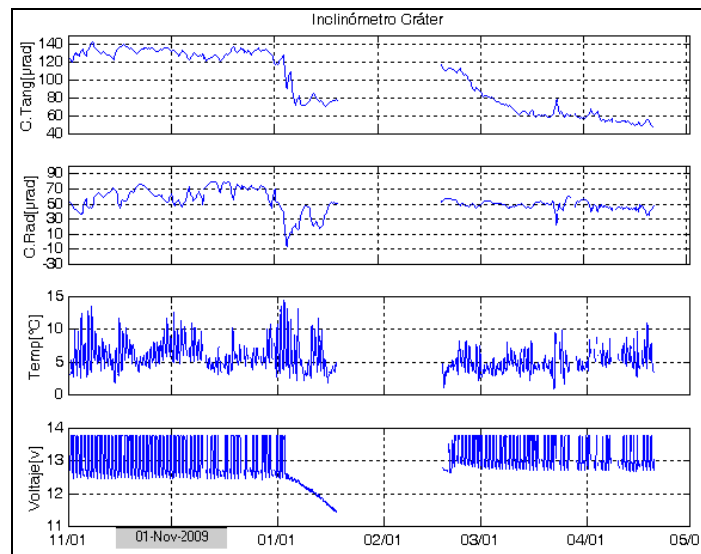
El inclinómetro Peladitos (1.4 km al sureste del cráter principal, 3850 msnm), para su componente Tangencial, se observó que continua la tendencia levemente ascendente, que desde el 31 de marzo hasta el 20 de abril registra 4  $\mu\text{rad}$ , y la Radial presenta un comportamiento estable, el cual es observado desde finales de marzo (Figura 14).

El inclinómetro Huairatola (1.7 km al norte del cráter principal, 3745 msnm), presenta un comportamiento estable para sus dos componentes Tangencial y Radial (Figura 15).

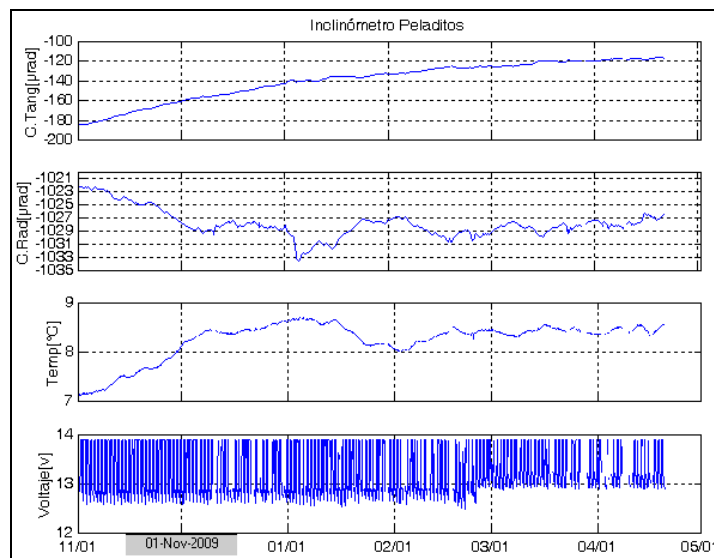


El inclinómetro Calabozo (ubicado a 6.8 km al oeste-suroeste del cráter principal, 2350 msnm), continua registrando para su componente Tangencial la tendencia ascendente, que desde el 30 de marzo hasta el 20 de abril totaliza 36  $\mu$ rad, la componente Radial presentó entre el 30 de marzo y el 15 de abril, un comportamiento ascendente, el cual fue de 25  $\mu$ rad y a partir del 15 de abril hasta el 18 de abril se observó un cambio en el registro de tendencia ascendente, el cual registró una variación de 7.5  $\mu$ rad (Figura 16).

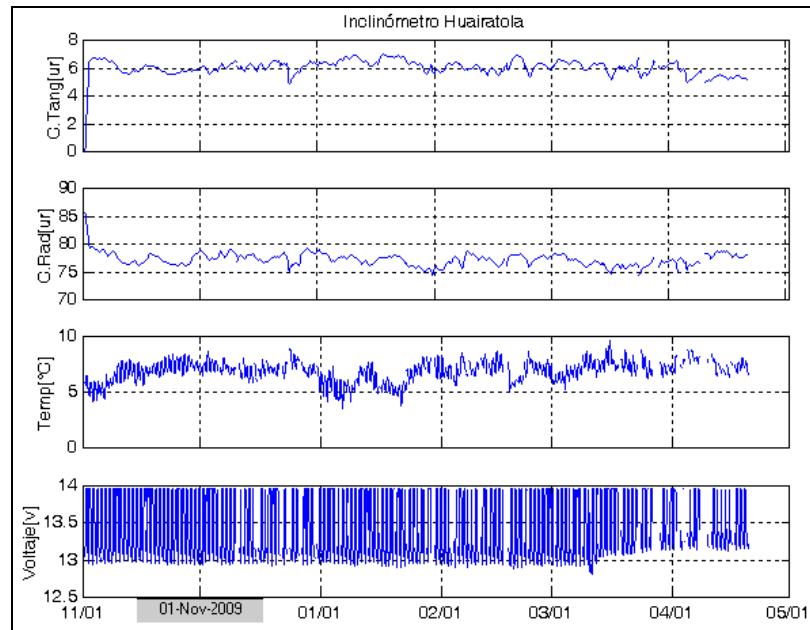
El inclinómetro Cobanegra (ubicado a 3.9 km al sur-sureste del cráter principal, 3610 msnm), muestra un comportamiento estable para sus dos componente Tangencial y Radial (Figura 17).



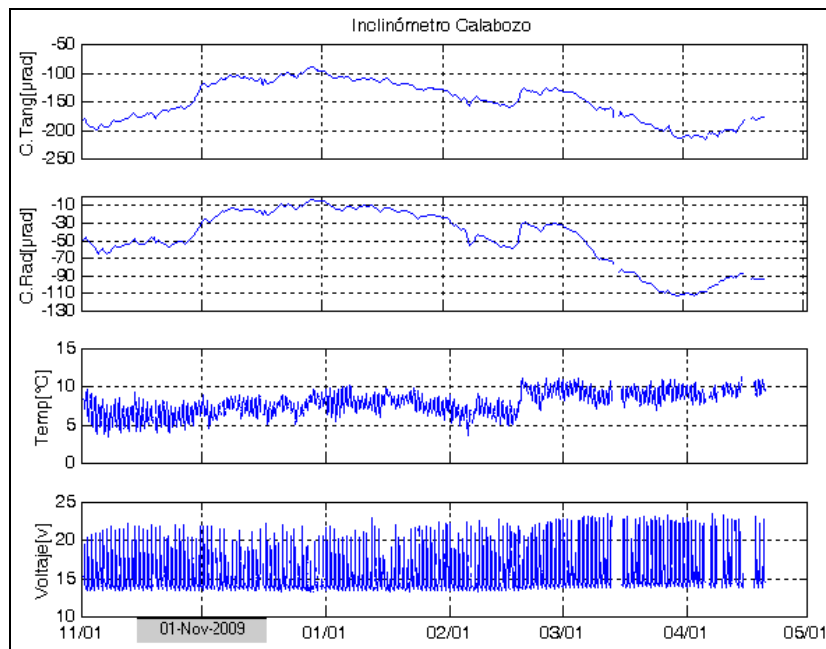
**Figura 13.** Componentes de inclinación radial y tangencial del inclinómetro Cráter, para el periodo comprendido entre el 1 de noviembre de 2009 y el 20 de abril de 2010.



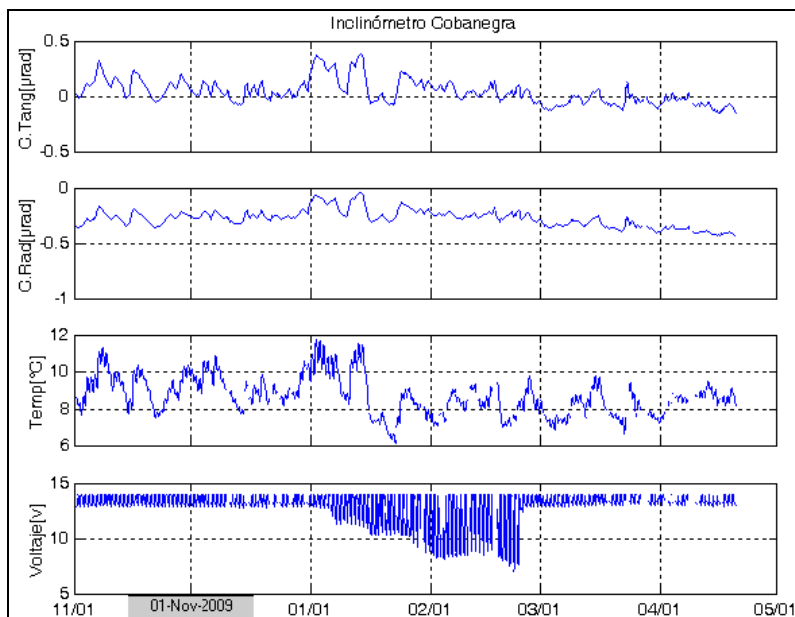
**Figura 14.** Componentes de inclinación radial y tangencial del inclinómetro Peladitos, para el periodo comprendido entre el 1 de noviembre de 2009 y el 20 de abril de 2010.



**Figura 15.** Componentes de inclinación radial y tangencial del inclinómetro Huairatola, para el periodo comprendido entre el 1 de noviembre de 2009 y el 20 de abril de 2010.



**Figura 16.** Componentes de inclinación radial y tangencial del inclinómetro Calabozo, para el periodo comprendido entre el 1 de noviembre de 2009 y el 18 de abril de 2010.



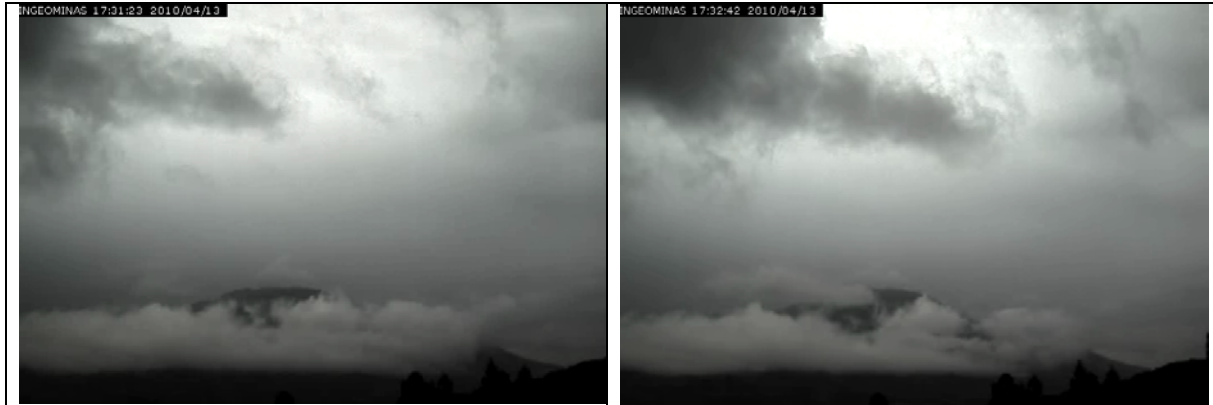
**Figura 17.** Componentes de inclinación radial y tangencial del inclinómetro Cobanegra, para el periodo comprendido entre el 1 de noviembre de 2009 y el 20 de abril de 2010.

Durante el transcurso del periodo evaluado, las estaciones que conforman la red de monitoreo de las emisiones de Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ) a la atmósfera, provenientes del volcán Galeras, instrumentos ScanDOAS (ubicadas en el sector nor-occidental del edificio volcánico, debido a que el viento se dirige hacia ese sector durante la mayor parte del año) del proyecto NOVAC (<http://129.16.35.206/index-es.html>), no registraron escaneos con pluma, es decir, escaneos validos para hacer su valoración, no se realizaron mediciones con el instrumento MovilDOAS en la vía circunvalar al Galeras. Destacamos que en los últimos periodos de evaluación, se han registrado valores muy bajos de flujo de emisiones de Dióxido de Azufre.

Por parte del 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.

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 capturados por la cámara Web instalada en el OVSP. A continuación se presentan las observaciones de mayor relevancia durante el periodo en evaluación y algunas imágenes relacionadas con emisiones de gas:

- El día 13 de abril, a las 5:25 p.m. fue posible observar una emisión de coloración blanca, el resto del día la cima de Galeras estuvo cubierta por nubes (Figura 18).



**Figura 18.** Imágenes de Galeras tomadas desde la sede del OVSP el 13 de abril de 2010. Capturadas a las 5:31 p.m. (izquierda) y a las 5:32 a.m. (derecha). En las fotografías se observa la salida de gas de coloración blanca.

- El día 14 de abril, desde las 6:05 a.m. hasta las 6:25 a.m. se presentó una emisión de coloración blanca, de baja altura con dirección preferencial hacia el sector norte, la cual se dispersa rápidamente. Luego, entre las 7:50 a.m. y las 8:15 a.m. se observó una nueva emisión de gases, conservando el color y dirección que la registrada anteriormente, ésta alcanza una altura de 250 m sobre la cima de Galeras (Figura 19).



**Figura 19.** Imágenes de Galeras tomadas desde la sede del OVSP el 14 de abril de 2010. Capturadas a las 7:49 a.m. (izquierda) y a las 7:56 a.m. (derecha). En las fotografías se observa la salida de gas de coloración blanca y dirección norte.

- El día 15 de abril, se observó una emisión de coloración blanca, que alcanzó una altura de 250 m sobre la cima de Galeras, con dirección norte, la cual se presenta aproximadamente hasta las 8:05 a.m. (Figura 20).



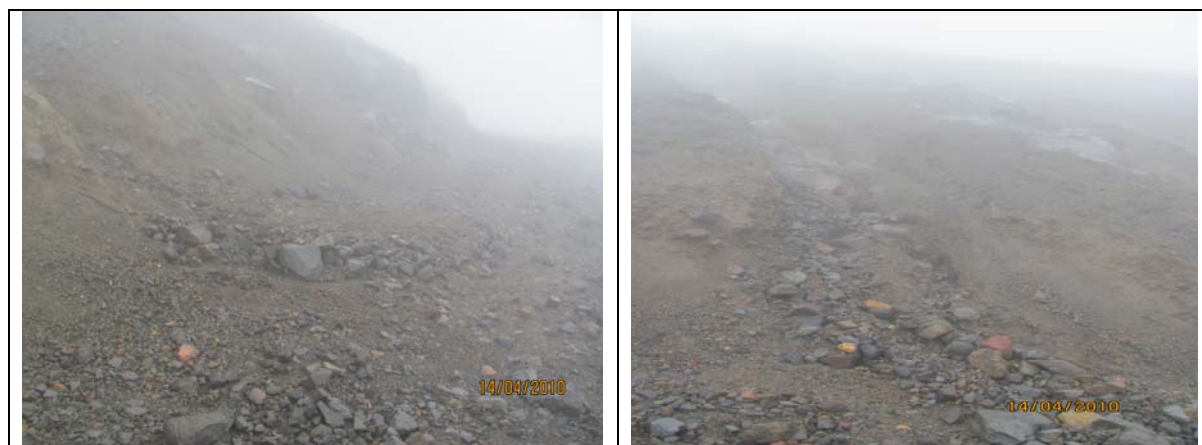


**Figura 20.** Imagen de Galeras tomada desde la sede del OVSP el 15 de abril de 2010. Capturada a las 8:02 a.m. En la cual se observa la salida de gas de coloración blanca y dirección hacia el sector norte.

- El día 16 de abril, desde las 6:10 a.m. hasta las 6:35 a.m. se presentó una emisión de coloración blanca, con dirección hacia el norte y alcanzó una altura de 188 m a las 6:26 a.m.

Para los días 17 y 18 de abril, pese a que por algunos instantes la cima se encontraba despejada, no fue posible identificar ningún tipo de actividad superficial desde el OVSP.

Además, en abril 14, personal del OVSP que realizaba labores de monitoreo en el área de geoquímica, reporta que debido a las lluvias, se observó por diferentes sectores del edificio volcánico arrastre de material, material suelto (Figura 21).



**Figura 21.** Imágenes del edificio volcánico de Galeras, capturadas el 14 de abril de 2010, a las 12:35 p.m. (izquierda) y a las 12:38 a.m. (derecha). En las fotografías se observa el arrastre de material provocado por las lluvias.





## CONCLUSIONES

- Se mantienen niveles bajos de sismicidad, se resalta la actividad volcánica relacionada a procesos asociados con la dinámica de fluidos al interior del sistema, destacándose el registro de algunos eventos caracterizados por presentar una lenta atenuación de amplitud en la parte final. Es importante resaltar que se registran lapsos de tiempo de más de 3 horas con ausencia de sismicidad.
- En general no se registraron emisiones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), lo cual es concordante con la ausencia de eventos sísmicos relacionados a proceso asociados con movimiento de fluidos de fuente persistente (Tremor espasmódico).
- En los días 13, 14, 15 y 16 de abril, fue posible observar emisiones de gas, de coloración blanca y dirección preferencial hacia el sector norte, registrando alturas de hasta 250 m., al no encontrar una relación entre las emisiones presentadas, la sismicidad registrada y teniendo en cuenta que se están presentando lluvias constantes, estas emisiones podrían estar originándose a niveles superficiales al contacto del agua con material magmático de temperaturas altas.
- Si bien la actividad actual en Galeras continúa mostrando 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”**.