



INGEOMINAS – OBSERVATORIO VULCANOLÓGICO Y SISMOLÓGICO DE PASTO

San Juan de Pasto, 3 de marzo de 2010

A partir de la evaluación de los diferentes parámetros del monitoreo volcánico de Galeras, en el período comprendido entre el 23 de febrero y el 1 de marzo de 2010, se consideró mantener el nivel de actividad en Amarillo ■ (III: “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”).

En la semana evaluada, se registró un cambio importante en el comportamiento de la actividad volcánica de Galeras, reflejado por una parte, en el incremento tanto en ocurrencia como de nivel energético de eventos relacionados con fracturamiento de material cortical (Volcano-tectónicos, VT) y por otra parte, se destaca también que algunos de los eventos relacionados a la dinámica de fluidos al interior del sistema volcánico de fuente transitoria (Largo Período, LP), mostraron en la parte final del registro del evento, un decaimiento lento de su amplitud.

Cabe resaltar que a partir del 23 de febrero, se reincorporó a la red de monitoreo volcánico y sísmico de Galeras, la estación de corto periodo y componente vertical Anganoy- ANGV ubicada a 0.9 km al este-sureste del cráter principal y una altura de 4170 msnm, por lo cual la evaluación de la sismicidad registrada en esta semana fue valorada principalmente en esta estación, base de clasificación de sismicidad para Galeras. Anganoy salió de funcionamiento después de la erupción explosiva registrada el 2 de enero de 2010.

En comparación con la semana anterior a la evaluada en este informe, se observa un descenso en la ocurrencia de eventos tipo LP y eventos que involucran tanto el fracturamiento de la roca como el movimiento de fluidos (Híbridos, HYB), pero un incremento en su nivel energético. Los eventos tipo VT mostraron un incremento tanto en ocurrencia como en nivel energético, destacando que algunos de estos eventos localizados hacia el sector noreste y este-noreste fueron reportados como sentidos por algunos habitantes de la vereda Chachatoy.

Adicionalmente, se resalta que en el transcurso de la semana, no se registraron episodios relacionados con movimiento de fluidos de fuente persistente (Tremor, TRE).

Respecto a la semana anterior, el número total de eventos presentó un descenso de 65.85 % para eventos tipo LP, para HYB un descenso de 30.77 %, para eventos VT un incremento de 88.89 % y para TRE un descenso de 100 % (Tabla 1, Figura 1, Figura 2). Además se observa un leve incremento en el registro 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).



Tabla 1. Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos entre el 2 de febrero y el 1 de marzo de 2010, incluyendo la semana objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					NO CLASIFICABLES
	LPS	HYB	VT	TRE	TOTAL	
02-Feb-10 a 08-Feb-10	86	47	19	17	169	217
09-Feb-10 a 15-Feb-10	37	20	6	24	87	150
16-Feb-10 a 22-Feb-10	41	13	9	22	85	159
23-Feb-10 a 01-Mar-10	14	9	17	0	40	163

Además, la energía total liberada durante este periodo de tiempo presentó un incremento, donde la mayor parte es aportada por los eventos tipo VT (71 %) y los eventos LP (24 %). (Tabla 2, Figura 3, Figura 4). Destacando que 2 de los eventos VT registrados el día 25 de febrero fueron reportados como sentidos.

Tabla 2. Energía liberada de sismos volcánicos por tipo, ocurridos entre el 2 de febrero y el 1 de marzo de 2010, incluyendo la semana objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Energía liberada [ergios]				
	LP	HYB	VT	TRE	TOTAL
02-Feb-10 a 08-Feb-10	2.89E+12	3.22E+11	1.15E+12	3.06E+11	4.66E+12
09-Feb-10 a 15-Feb-10	2.15E+11	8.36E+09	7.00E+11	1.71E+09	9.25E+11
16-Feb-10 a 22-Feb-10	2.87E+11	3.41E+09	6.87E+10	0	3.59E+11
23-Feb-10 a 01-Mar-10	7.20E+11	1.64E+11	2.13E+12	0	3.01E+12

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

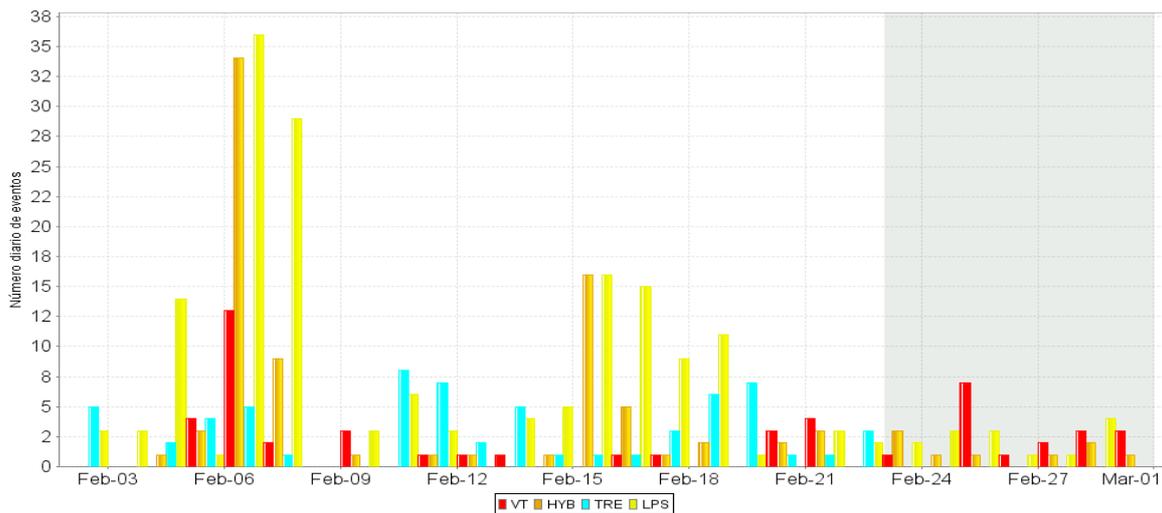




Figura 2. Porcentaje de ocurrencia de eventos sísmicos por tipo para los últimos cuatro periodos semanales, tomando como 100% los totales de número para cada semana. Los colores representan cada uno de los tipos de eventos (amarillo: LP, azul: TRE, rojo: VT y naranja: HYB).

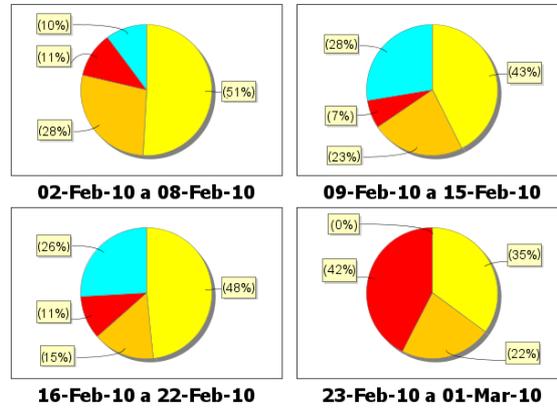


Figura 3. Histograma de la energía liberada (energía ondas de cuerpo) de eventos volcánicos por tipo, registrada entre el 2 de febrero y el 1 de marzo de 2010. El recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

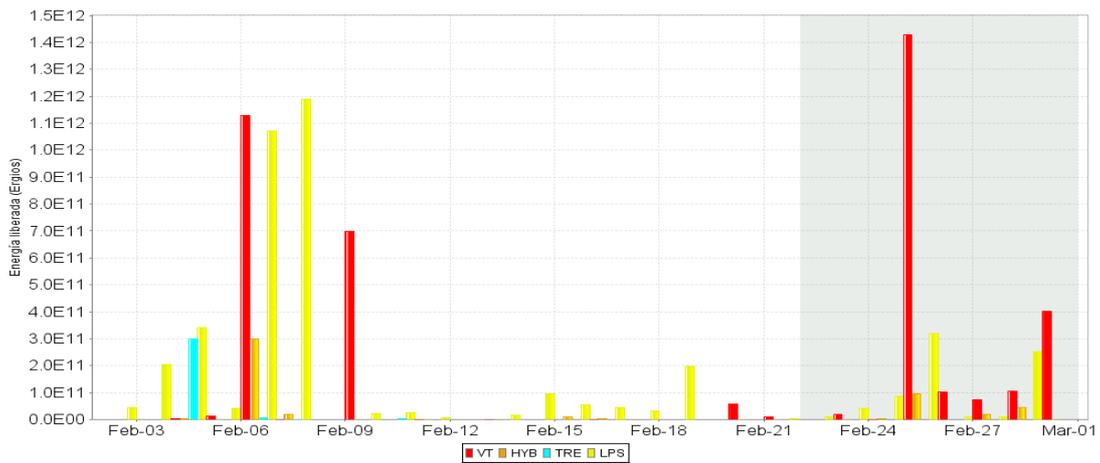
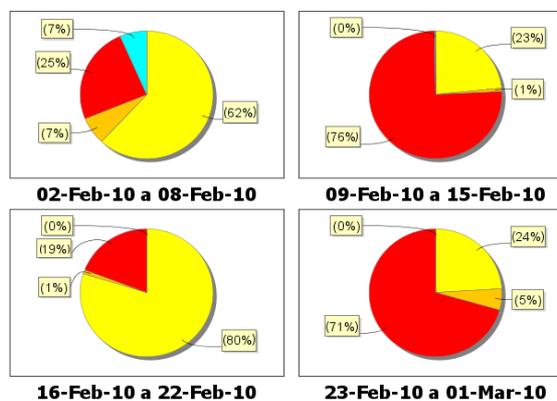


Figura 4. Porcentaje de energía liberada de eventos sísmicos por tipo para los últimos cuatro periodos semanales, tomando como 100% la energía para cada semana. Los colores representan cada uno de los tipos de eventos (amarillo: LP, azul: TRE, rojo: VT y naranja: HYB).





En general, de la sismicidad ocurrida entre el 23 de febrero y el 1 de marzo se resalta que algunos de los eventos 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 14 y 19 Hz, como los que se observa en las figuras 5 y 6. Aún cuando estos sismos mostraron una banda espectral amplia, tuvieron una frecuencia dominante considerada como alta, de alrededor de los 18 Hz.

Figura 5. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo LP ocurrido el 23 de febrero a la 1:49 p.m., el cual presenta características de lenta atenuación en la parte final del evento.

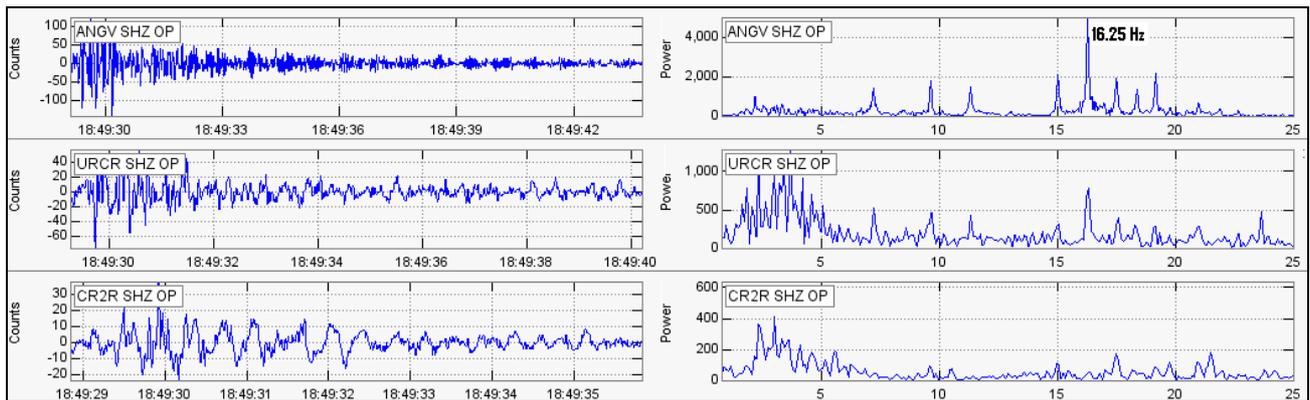
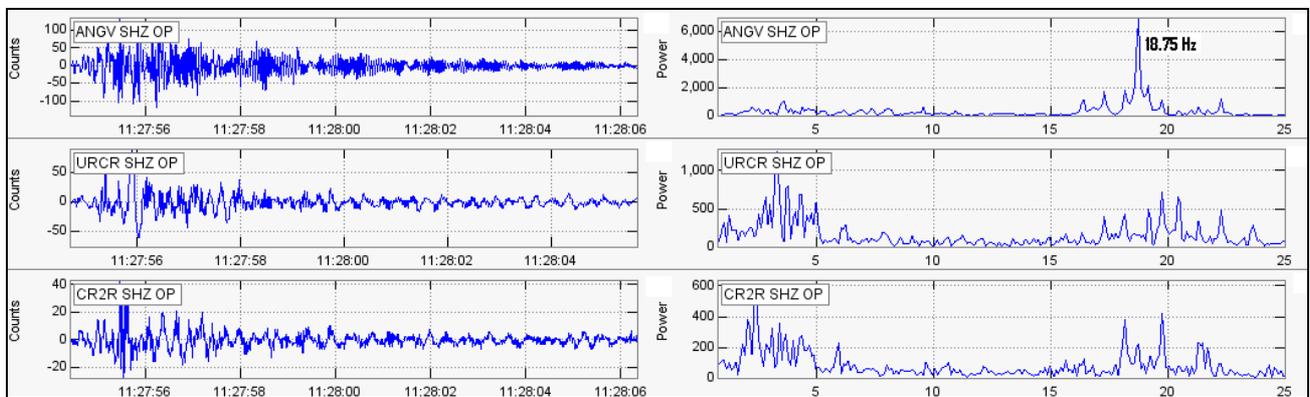


Figura 6. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo LP ocurrido el 25 de febrero a la 6:27 a.m., el cual presenta características de lenta atenuación en la parte final del evento.

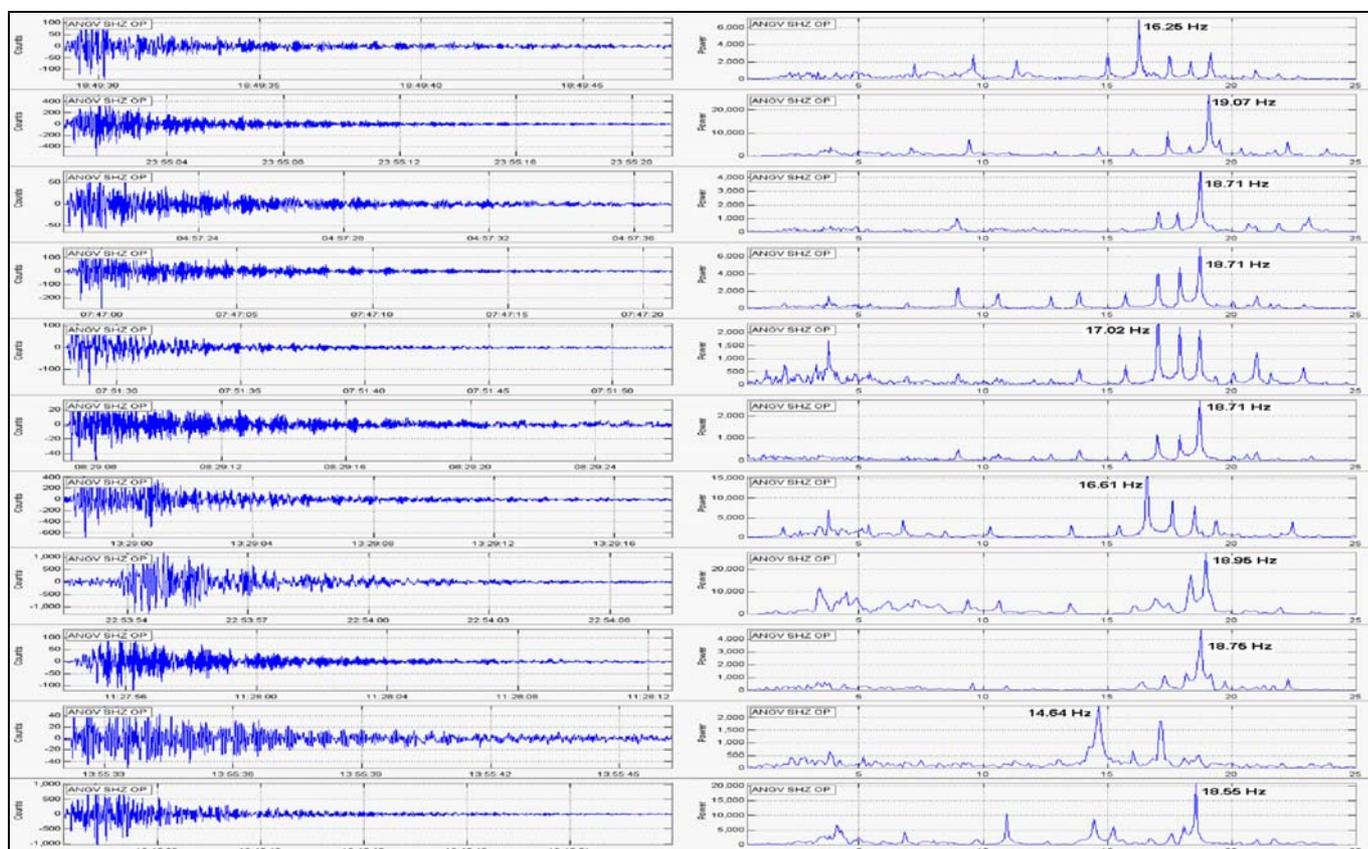


De este tipo de eventos se registraron 11, entre clasificables y no clasificables, el primero de ellos se registró a la 1:49 p.m. el 23 de febrero. En el transcurso de la semana evaluada ocurrieron de la siguiente manera: 3 el día 23 de febrero; 4 el día 24 de febrero; 2 el día 25 de febrero; 1 el día 27 de febrero y 1 el día 28 de febrero, los sismogramas y espectros de estos sismos, en ese orden, se muestran en la figura 7.

De los sismos asociados con la dinámica de fluidos se destacan por su nivel energético el registrado el 25 de febrero a las 5:53:51 p.m. el cual tuvo un desplazamiento reducido calculado para ondas de cuerpo de 15.19 cm^2 y energía de $3.07 \text{ E}+11$ ergios.



Figura 7. Sismogramas y espectros en frecuencia de eventos tipo LP clasificables y no clasificables registrados en orden cronológico entre el 23 de febrero y el 1 de marzo de 2010, los cuales presentan características de lenta atenuación de la amplitud en la parte final del evento.



En cuanto a los eventos tipo HYB, registraron una ligera disminución en comparación con el número de eventos de la semana anterior.

Para 25 eventos, tanto tipo HYB como VT, 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 algoritmo de Geigger, utilizando el programa HYPO71 (Figura 8).

Los resultados obtenidos a partir de las localizaciones muestran que, aún cuando se han presentado algunos sismos de manera dispersa alrededor del edificio volcánico, a niveles, de hasta 7.9 km, considerados como profundos en volcanes, la gran mayoría de la actividad se localizó en las inmediaciones del cráter volcánico, hacia el sector noreste y este-noreste del cono activo, a distancias epicentrales entre 0.6 a 5.1 km del cráter principal. Las magnitudes de estos eventos se calculó en un rango entre -0.2, hasta 1.7 en la escala de Richter (Figura 8, Tabla 3).

De estos eventos, 2 de ellos fueron reportados como sentidos, el primero registrado el 25 de febrero a la 1:34 p.m., con magnitud local de 1.7 y el segundo el 25 de febrero a las 7:44 p.m., con magnitud local de 1.4 en la escala de Richter, se sintieron en la vereda Chachatoy. El evento VT más energético es el presentado el 25 de febrero a la 1:35 p.m. de magnitud



local 1.7 quedando localizado hacia el sector noreste del volcán a una profundidad aproximada de 7 km respecto a la cima volcánica y distancia respecto al cráter de 5 km.

Figura 8. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura e híbridos registrados entre el 23 de febrero y el 1 de marzo 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 su M_L y el color de su profundidad.

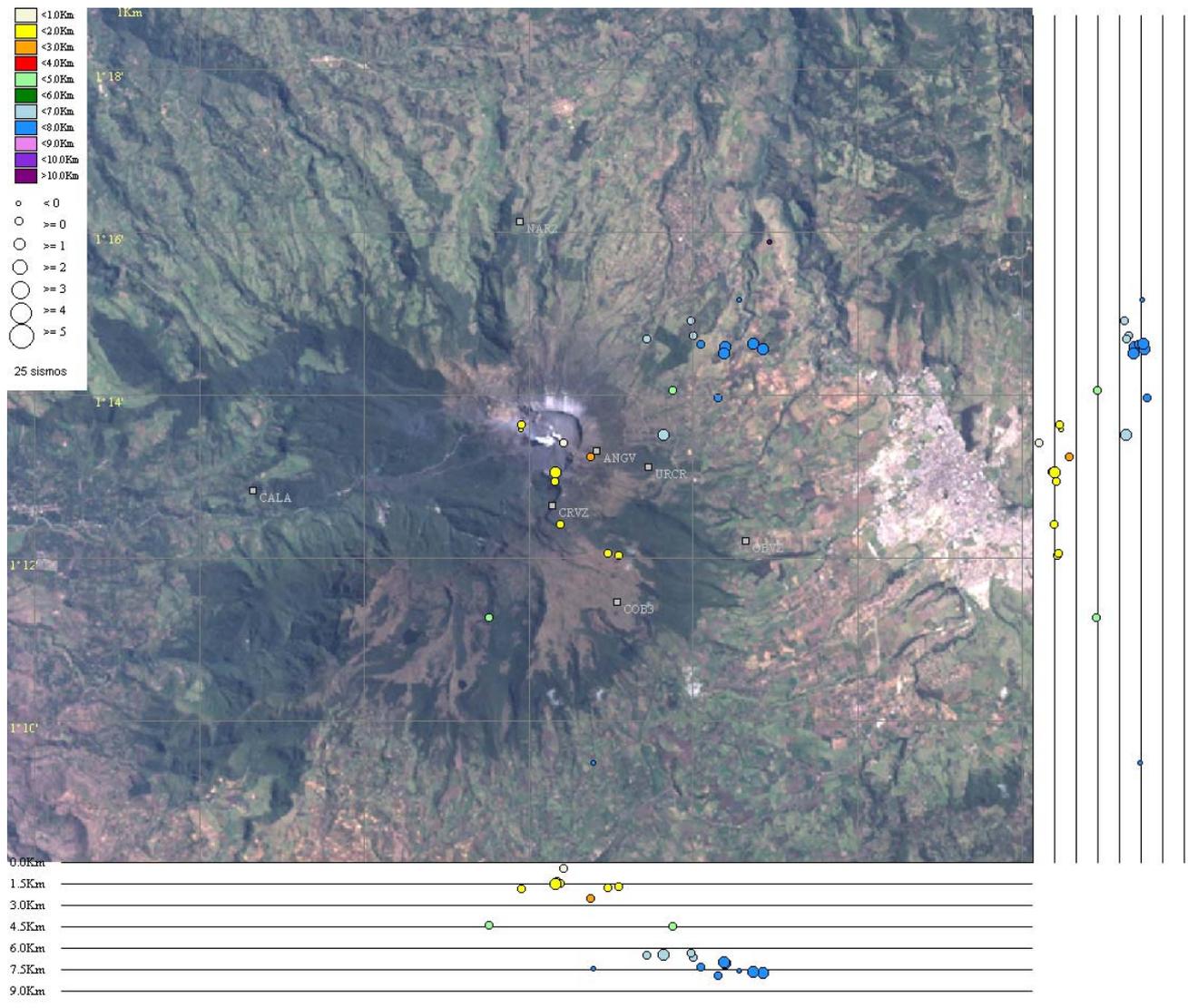




Tabla 3. Parámetros de las localizaciones efectuadas a los sismos asociados a fracturamiento de material cortical e híbridos, registrados entre el 23 de febrero y el 1 de marzo de 2010.

FECHA	HORA	LATITUD		LONGITUD		PROF. km	MAGNITUD		No. fases	GAP grados	DMIN km	RMS	ERH	ERZ	Q	TIPO EVENTO
		grados	minutos	grados	minutos		Md	ML								
23-Feb	12:23 AM	1	12.04	77	20.92	1.68	0.32	0.4	10	142	1.4	0.05	0.2	0.3	B1	GHD
23-Feb	3:14 AM	1	13.58	77	22.11	1.99	0.29	-0.2	6	311	1.8	0.04	0.6	0.6	C1	GHD
23-Feb	6:22 AM	1	13.25	77	21.27	2.5	0.17	0	9	151	0.3	0.05	0.3	0.2	B1	GHD
23-Feb	4:21 PM	1	14.74	77	20.01	6.62	0.31	0.2	10	242	3.3	0.04	0.5	0.2	C1	GVA
23-Feb	9:01 PM	1	15.89	77	19.08	12.98	0.52	-0.3	13	270	5	0.07	0.9	0.5	C1	GVA
23-Feb	9:56 PM	1	12.06	77	21.05	1.79	0.83	0.9	16	100	1.2	0.09	0.2	0.3	B1	GVA
25-Feb	5:44 AM	1	14.07	77	20.25	4.43	0.61	0.7	13	199	2	0.09	0.3	0.4	C1	GVA
25-Feb	6:55 AM	1	14.7	77	20.57	6.49	0.93	0.9	15	202	2.7	0.08	0.3	0.3	C1	GVA
25-Feb	12:15 PM	1	9.48	77	21.22	7.43	0.3	-0.1	10	288	3.2	0.05	0.4	0.3	C1	GVA
25-Feb	1:35 PM	1	14.59	77	19.61	7.06	1.74	1.7	13	231	3.2	0.05	0.2	0.2	C1	GVA
25-Feb	6:59 PM	1	11.27	77	22.5	4.37	0.94	0.8	7	197	1.3	0.04	0.5	0.5	C1	GVA
25-Feb	7:44 PM	1	14.52	77	19.62	7.03	1.44	1.4	13	230	3.1	0.05	0.2	0.3	C1	GVA
25-Feb	7:45 PM	1	14.63	77	19.92	7.29	0.71	0.4	13	244	3.1	0.08	0.4	0.3	C1	GVA
25-Feb	7:49 PM	1	14.57	77	19.15	7.74	1.22	1	14	244	3.6	0.05	0.3	0.1	C1	GVA
26-Feb	12:31 PM	1	13.07	77	21.67	1.34	0.61	0.9	14	96	1.1	0.09	0.2	0.3	B1	GVA
27-Feb	5:57 PM	1	13.52	77	20.36	6.45	1.32	1.1	15	184	1	0.08	0.3	0.3	C1	GVA
27-Feb	9:12 PM	1	12.42	77	21.63	1.46	0.63	0.4	8	244	0.2	0.07	0.4	0.4	C1	GHD
28-Feb	12:39 AM	1	14.64	77	19.27	7.67	1.61	1.5	14	242	3.6	0.04	0.3	0.1	C1	GVA
28-Feb	12:49 AM	1	13.65	77	22.11	1.87	0.71	0.7	8	314	1.8	0.05	0.4	0.3	C1	GHD
28-Feb	5:48 AM	1	12.95	77	21.7	1.6	0.83	0.9	16	95	0.9	0.07	0.1	0.2	B1	GVA
28-Feb	3:27 PM	1	13.06	77	21.68	1.52	0.92	1	16	96	1.1	0.07	0.1	0.2	B1	GVA
28-Feb	5:01 PM	1	14.92	77	20.03	6.31	0.6	0	10	244	3.6	0.05	0.7	0.4	C1	GVA
28-Feb	8:20 PM	1	13.43	77	21.59	0.4	1.43	0.6	11	105	0.8	0.13	0.3	1.4	B1	GHD
1-Mar	3:36 AM	1	15.18	77	19.44	7.61	0.52	-0.2	12	248	4.3	0.06	0.5	0.1	C1	GVA
1-Mar	11:15 AM	1	13.98	77	19.71	7.91	0.59	0.1	10	276	2.1	0.07	0.7	0.2	C1	GVA

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 desde el 17 de febrero, fecha que entra a la red de deformación gracias al mantenimiento correctivo aplicado a los equipos de la estación. Su componente Radial presentó un registro levemente estable, figura 9.

El inclinómetro Peladitos (1.4 km al sureste del cráter principal, 3850 msnm), tanto para la componente Tangencial como Radial su registro muestra un comportamiento relativamente estable desde mediados de febrero, figura 10.

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 11.

El inclinómetro Calabozo (ubicado a 6.8 km al oeste-suroeste del cráter principal, 2350 msnm), continua registrando para sus componentes, tanto Tangencial como Radial un comportamiento levemente descendente, figura 12.

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 13.



Figura 9. Componentes de inclinación radial y tangencial del inclinómetro Cráter, para el periodo comprendido entre el 1 de octubre de 2009 y el 1 de marzo de 2010. El recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

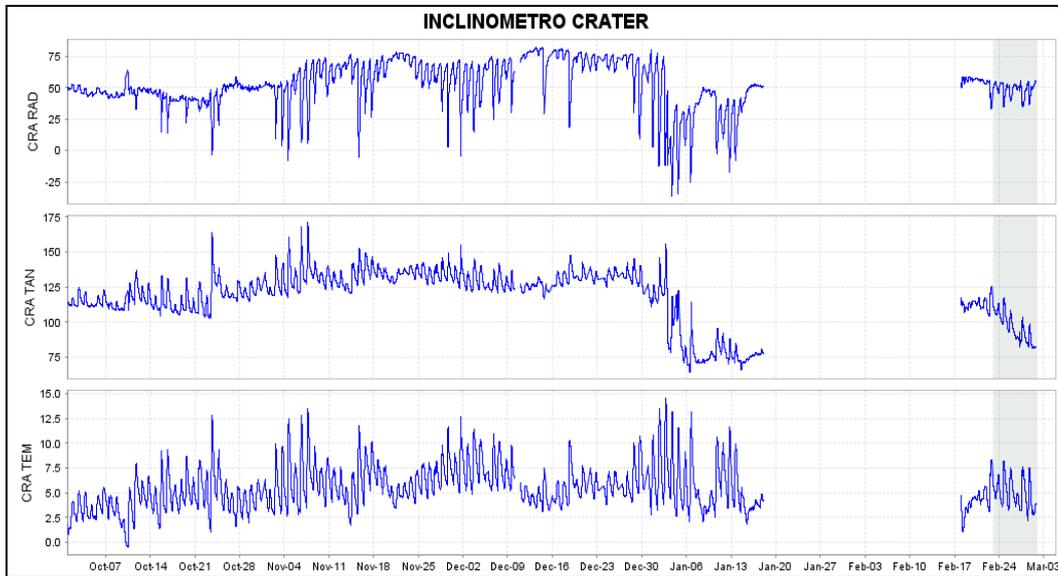


Figura 10. Componentes de inclinación radial y tangencial del inclinómetro Peladitos, para el periodo comprendido entre el 1 de octubre de 2009 y el 1 de marzo de 2010. El recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

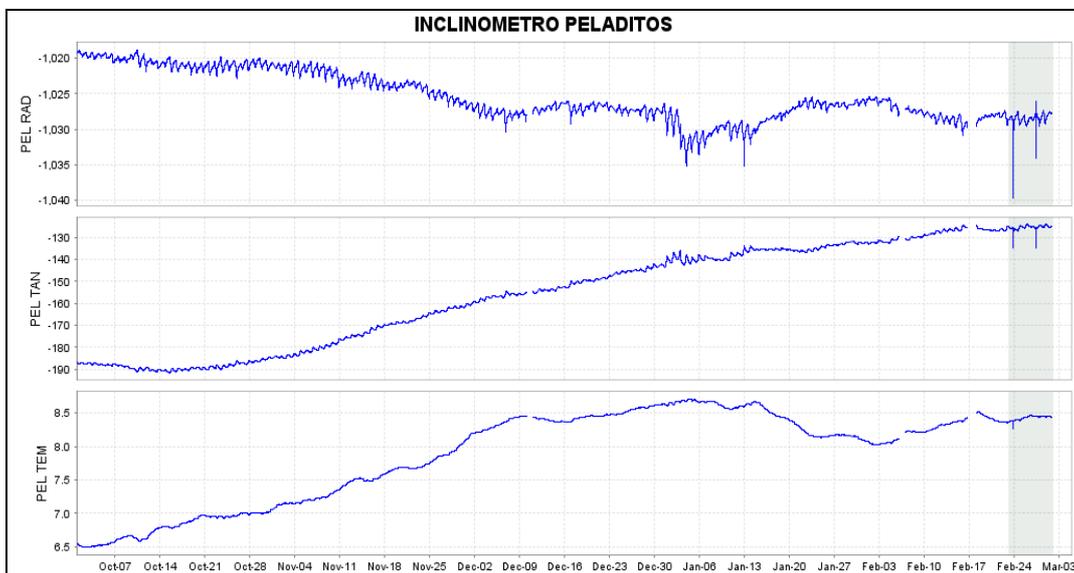


Figura 11. Componentes de inclinación radial y tangencial del inclinómetro Huairatola, para el periodo comprendido entre el 1 de octubre de 2009 y el 1 de marzo de 2010. El recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

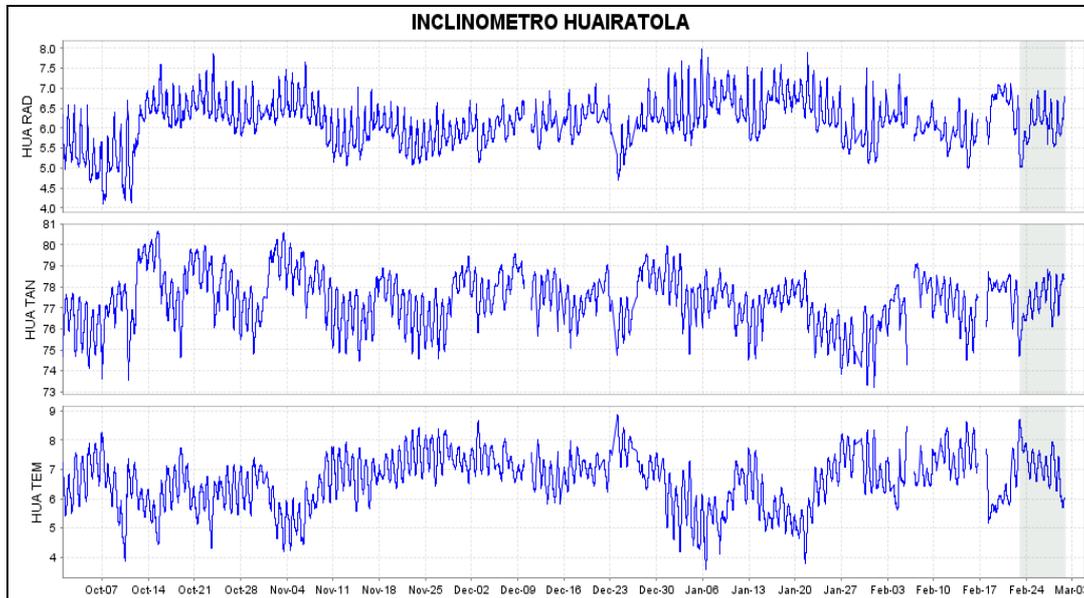


Figura 12. Componentes de inclinación radial y tangencial del inclinómetro Calabozo, para el periodo comprendido entre el 1 de octubre de 2009 y el 1 de marzo de 2010. El recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

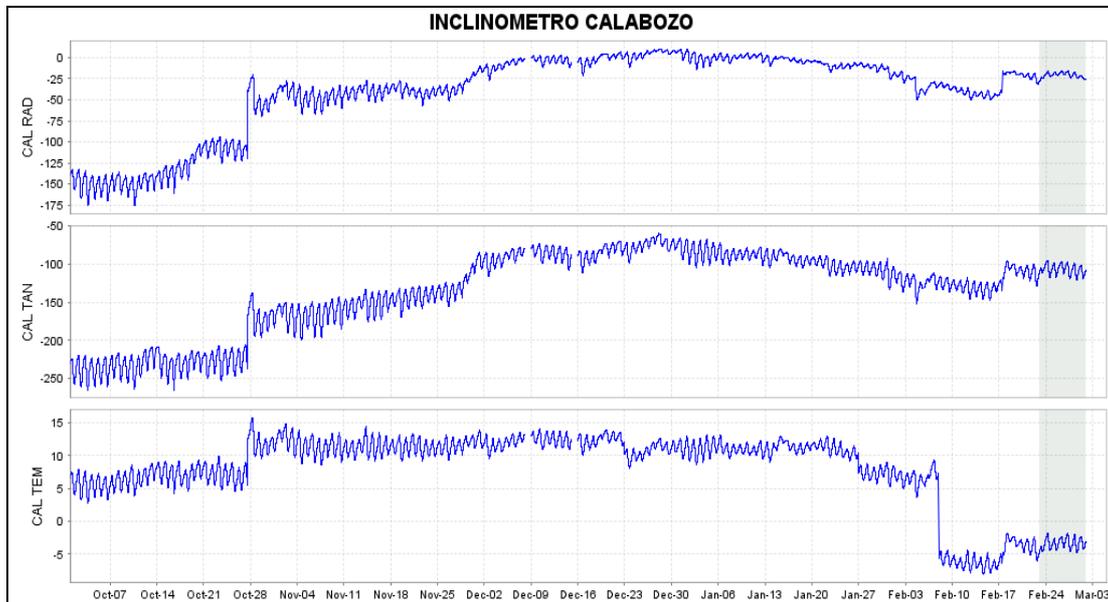
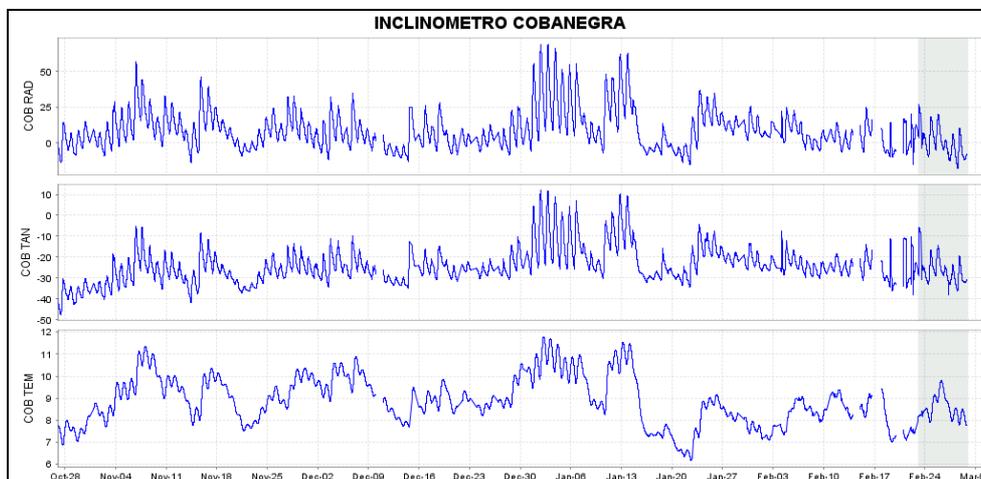


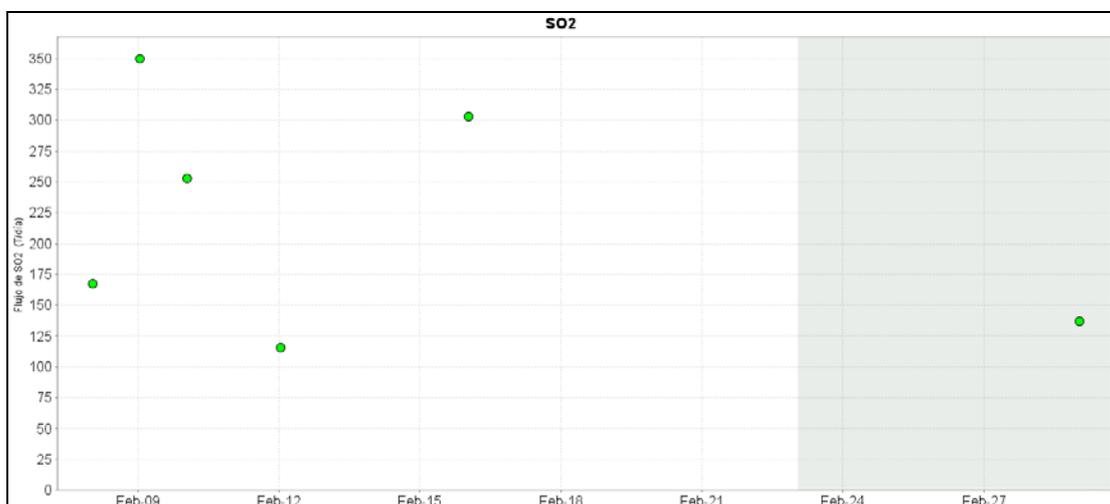
Figura 13. Componentes de inclinación radial y tangencial del inclinómetro Cobanegra, para el periodo comprendido entre el 1 de octubre de 2009 y el 1 de marzo de 2010. El recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.



Durante el transcurso del periodo evaluado, las estaciones que conforman la red de monitoreo de las emisiones de Dióxido de Azufre (SO_2) a la atmósfera, provenientes del volcán Galeras, instrumentos ScanDOAS (ubicadas en el sector nor-occidental del edificio volcánico) del proyecto NOVAC (<http://129.16.35.206/index-es.html>), no registraron escaneos validos para hacer su valoración, con excepción del 1 de marzo que se realizaron mediciones con el instrumento MovilDOAS en la vía circunvaral al Galeras, sector Nariño - El Ingenio, el valor calculado fue de 137 Toneladas/día, considerado como bajo para Galeras, figura 14.

Por parte del sensor OMI (*Ozone Monitoring Instrument*), acoplado al satélite Aura de la NASA, no se tiene registro de concentraciones de SO_2 emitido por Galeras para el periodo evaluado.

Figura 14. Flujo de SO_2 del volcán Galeras registrado por las estaciones ScanDOAS (ubicadas al noroccidente del volcán Galeras) y por el equipo MovilDOAS, entre el 2 de febrero y el 1 de marzo de 2010. El recuadro gris indica el periodo evaluado.



Respecto a la actividad superficial se destaca que a pesar de contar en general con buenas condiciones climáticas durante la mayor parte de la semana, no se observó actividad superficial desde la ciudad de Pasto.

Gracias a las imágenes enviadas por el Señor Mario Alberto Caicedo López que presta sus labores en la estación RTVC Galeras, capturadas el 24 de febrero, es posible evidenciar salida de gases de los cráteres secundarios Las Deformes, Las Chavas, El Paisita y desde la pared interna ubicada en el sector norte del cráter principal (Figura 15), donde se puede observar que por instantes se incrementa la expulsión de gas, figura 16.

Figura 15. Imagen de Galeras tomada por el Señor Mario Alberto Caicedo desde la estación RTVC Galeras el 24 de febrero de 2010. En la fotografía se observa la salida de gas de varios de los cráteres secundarios de Galeras y de una de las paredes del cráter principal.



Figura 16. Imagen de Galeras tomada por el Señor Mario Alberto Caicedo de la estación RTVC Galeras el 24 de febrero de 2010, se observa el incremento de gas respecto a la imagen anterior.





CONCLUSIONES

- En niveles bajos de sismicidad, se destaca la ocurrencia de sismos asociados con fracturamiento de material cortical siendo algunos de estos reportados como sentidos por algunos habitantes de la vereda Chachatoy. Adicionalmente, es importante resaltar que se registran lapsos de tiempo con ausencia de sismicidad.
- Se resalta la actividad volcánica relacionada con procesos asociados con la dinámica de fluidos en su interior, caracterizados por presentar una lenta atenuación de amplitud en la parte final del evento.
- En general no se registraron emisiones de dióxido de azufre (SO_2), y el único valor medido es considerado como bajo, lo cual es concordante con la ausencia de eventos sísmicos relacionados a emisión de gases (Tremor espasmódico).
- 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”**.