



INGEOMINAS – OBSERVATORIO VULCANOLÓGICO Y SISMOLÓGICO DE PASTO

INSTITUTO COLOMBIANO
DE GEOLOGIA Y MINERIA
INGEOMINAS
República de Colombia

San Juan de Pasto, 17 de marzo de 2010

En la semana comprendida entre el 9 y el 15 de marzo 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).

Comparando la actividad volcánica de la semana evaluada en este informe y la previa a este período, se observó un descenso en la ocurrencia de eventos relacionados con la dinámica de fluidos al interior del sistema volcánico de fuente transitoria (Largo Período, LP) y eventos relacionados con fracturamiento de material cortical (Volcano-tectónicos, VT), (Tabla 1, Figuras 1 y 2). De acuerdo con algunas características de los eventos registrados, se destacan algunos de los eventos clasificados como tipo LP, porque mostraron en la parte final del registro, un decaimiento lento de su amplitud. En cuanto a los eventos VT, se resalta el evento ocurrido el 12 de marzo, a las 9:28 p.m., con magnitud local de 2 en la escala de Richter. Este evento fue localizado hacia el sector este-noreste, y se reportó como sentido por algunos habitantes del municipio de Pasto.

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). De igual manera se observó un descenso de aquellos eventos que involucran tanto el fracturamiento de la roca como el movimiento de fluidos (Híbridos, HYB), (Tabla 1, Figuras 1 y 2).

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 la 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 valores de las tres semanas anteriores, muestra una clara disminución (Figura 3); sin embargo, de acuerdo con las estadísticas, se observa que proporcionalmente, los eventos mas representativos de la actividad volcánica corresponden a eventos tipo LP y a los asociados con fracturamiento de material cortical (Tabla1, Figuras 1 y 2).

Tabla 1. Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en las semanas comprendidas entre el 16 de febrero y 15 de marzo de 2010, incluyendo la semana evaluada en el presente informe, resaltada en color verde.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					
	LPS	HYB	VT	TRE	TOTAL	NO CLASIFICABLES
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
02-Mar-10 a 08-Mar-10	18	2	5	2	27	104
09-Mar-10 a 15-Mar-10	2	1	2	0	5	143

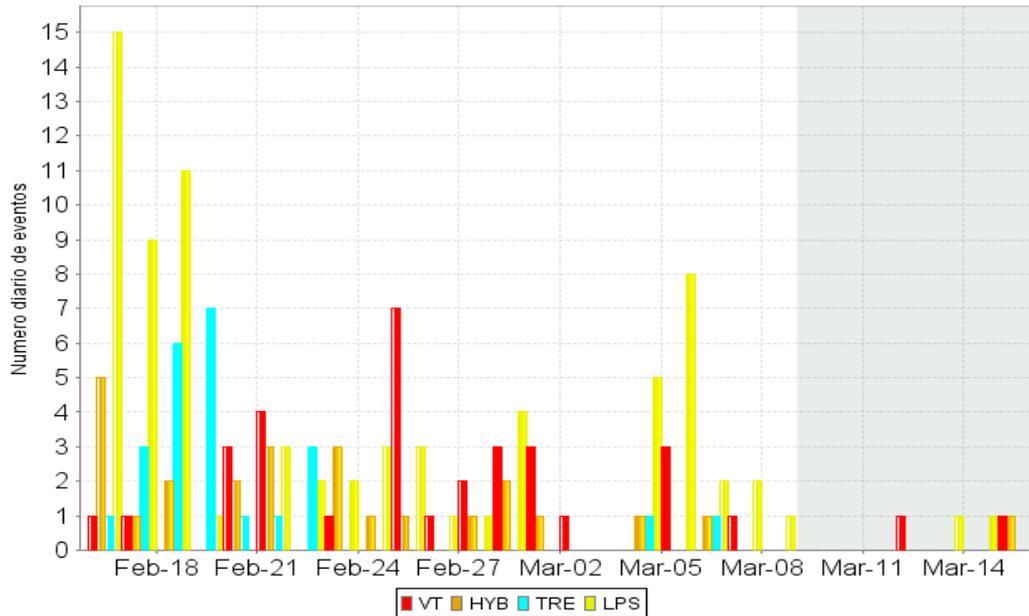


Figura 1. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en las semanas comprendidas entre el 16 de febrero y el 15 de marzo de 2010. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

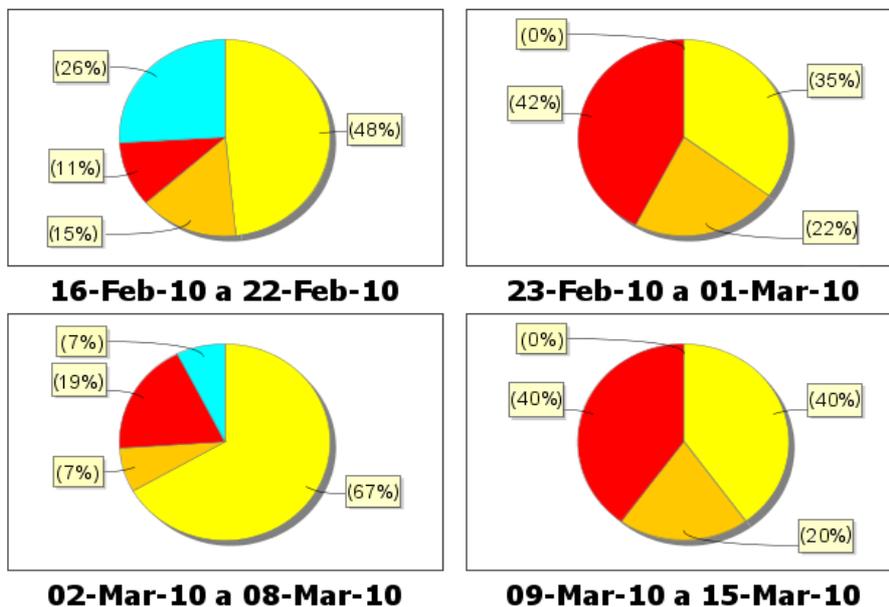


Figura 2. Porcentaje de ocurrencia de eventos sísmicos por tipo para los últimos cuatro períodos semanales, tomando como 100% los totales de número para cada semana. Los colores representan cada uno de los tipos de eventos (amarillo: LP, azul: TRE, rojo: VT y naranja: HYB).

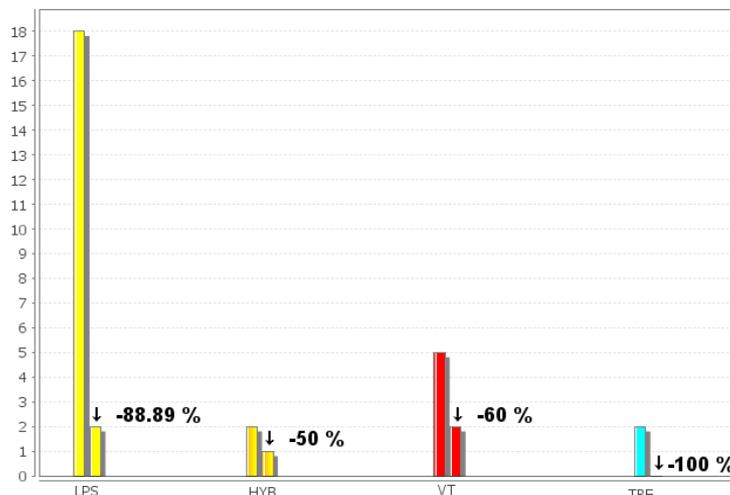


Figura 3. Relación porcentual que compara el número de eventos por tipo ocurridos durante la semana en evaluación, con respecto a la semana anterior.

La energía total liberada, en la semana entre el 9 y el 15 de marzo, presentó un incremento, donde el mayor aporte se obtiene de los eventos tipo VT (100 %), (Tabla 2, Figuras 3 y 4), y principalmente del evento VT reportado como sentido y de magnitud 2 en la escala de Richter.

Tabla 2. Energía liberada de sismos volcánicos por tipo, ocurridos en las semanas comprendidas entre el 16 de febrero y el 15 de marzo de 2010, incluyendo la semana objeto de evaluación, resaltada en color verde.

Periodo Evaluado	Energía liberada [ergios]				
	LP	HYB	VT	TRE	TOTAL
16-Feb-10 a 22-Feb-10	2.87E+11	3.41E+09	6.87E+10	0.0	3.59E+11
23-Feb-10 a 01-Mar-10	7.20E+11	1.64E+11	2.13E+12	0.0	3.01E+12
02-Mar-10 a 08-Mar-10	8.09E+10	1.57E+10	3.67E+11	0.0	4.63E+11
09-Mar-10 a 15-Mar-10	1.04E+10	1.07E+09	2.36E+12	0.0	2.37E+12

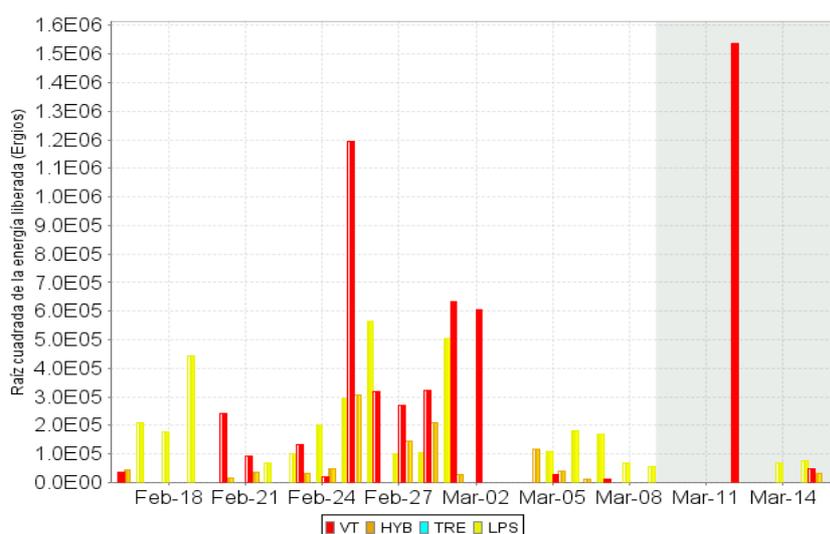


Figura 4. Histograma de la energía liberada (energía de ondas de cuerpo) de eventos volcánicos por tipo (expresada en términos de su raíz cuadrada), registrada entre el 16 de febrero y el 15 de marzo de 2010. El recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

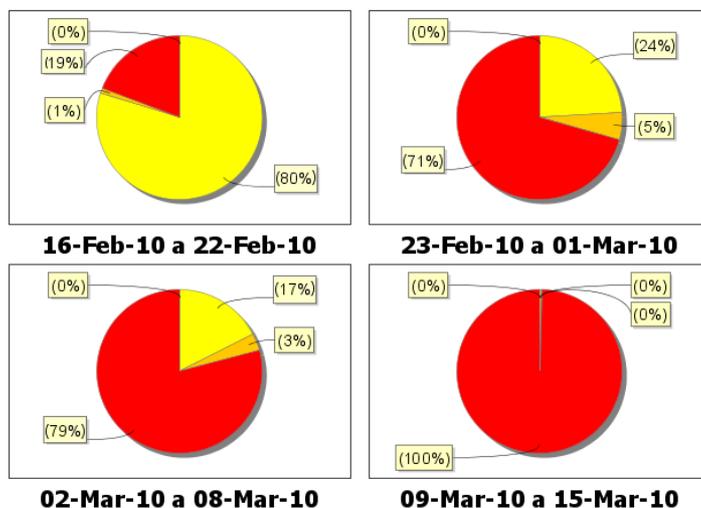


Figura 5. Porcentaje de energía liberada de eventos sísmicos por tipo para los últimos cuatro períodos semanales, tomando como 100% la energía para cada semana. Los colores representan cada uno de los tipos de eventos (amarillo: LP, azul: TRE, rojo: VT y naranja: HYB).

De la sismicidad ocurrida entre el 9 y el 15 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, generando una coda alargada. Estos eventos tuvieron frecuencias dominantes entre 3 y 7.8 Hz, como se observan en las figuras 6 y 7.

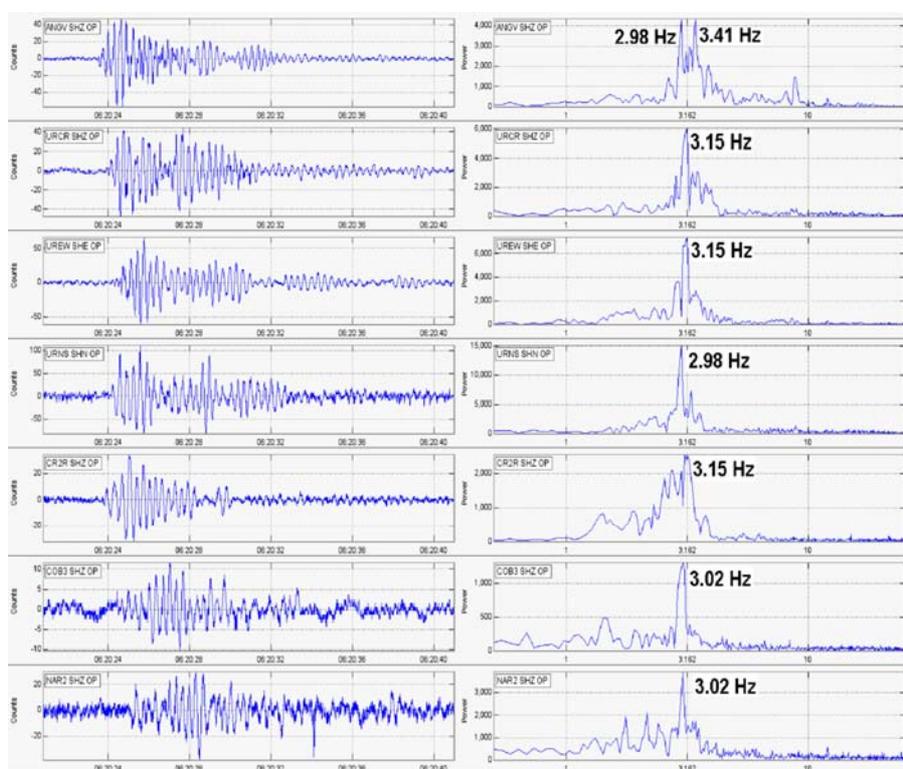


Figura 6. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo LP ocurrido el 13 de marzo a la 1:20 a.m., el cual presenta características de lenta atenuación en la parte final del evento. Aún cuando estos sismos mostraron una banda espectral amplia, tuvieron una frecuencia dominante considerada como baja, de alrededor de los 3 Hz.

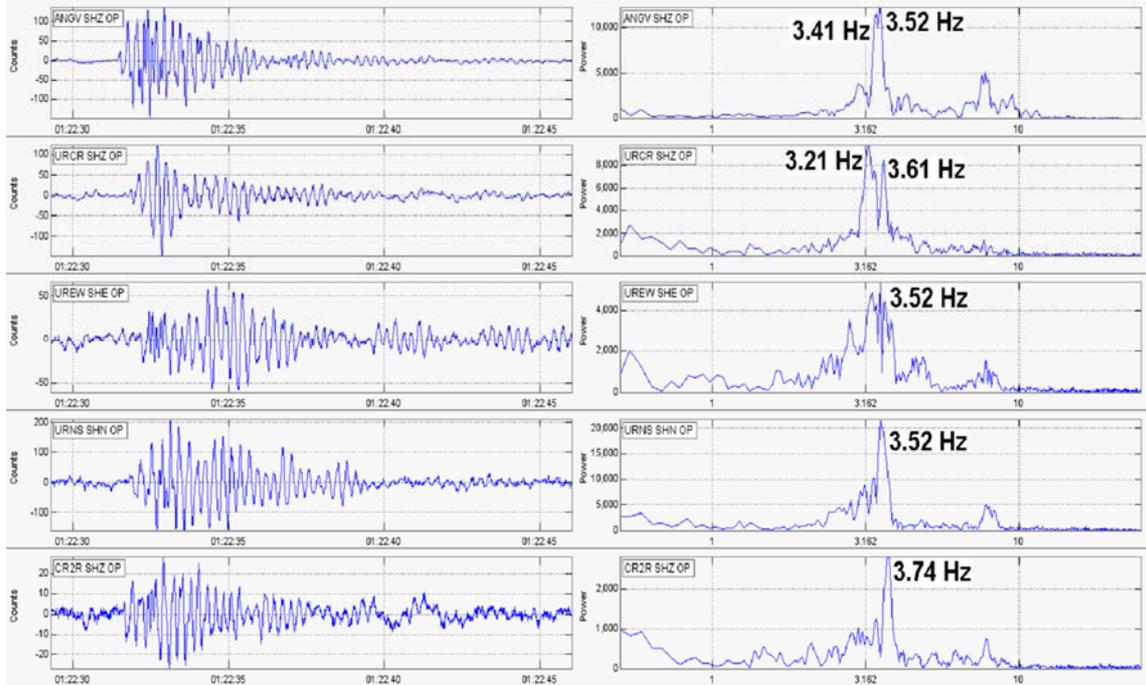


Figura 7. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo LP ocurrido el 13 de marzo a la 8:20 a.m., que presenta características de lenta atenuación en la parte final del evento. Aún cuando estos sismos mostraron una banda espectral amplia, tuvieron una frecuencia dominante considerada como baja, de alrededor de los 3 Hz.

De este tipo de eventos se registraron 4, entre clasificables y no clasificables. En el transcurso de la semana evaluada ocurrieron de la siguiente manera: el primero se presentó el día 12 de marzo; dos eventos se registraron el día 13 de marzo y un evento el día 14 de marzo. Los sismogramas y espectros de estos sismos, en ese orden, se muestran en la figura 8.

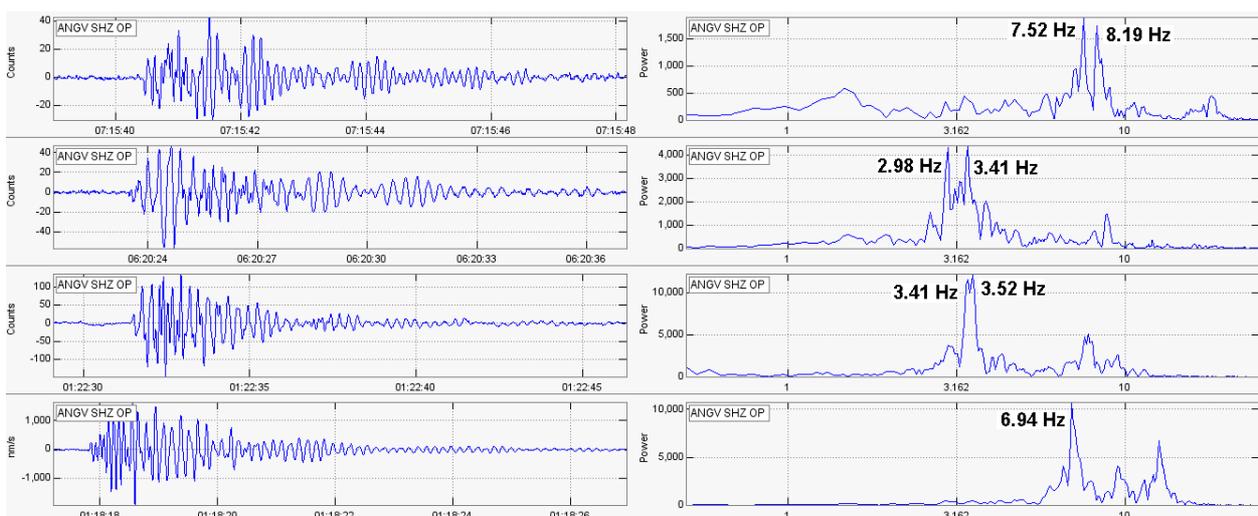


Figura 8. Sismogramas y espectros en frecuencia de eventos tipo LP clasificables y no clasificables registrados en orden cronológico entre el 9 y el 15 de marzo de 2010, los cuales presentan características de lenta atenuación de la amplitud en la parte final del evento.

En cuanto a los eventos tipo HYB, registraron una disminución del 50 % en comparación con el número de eventos de la semana anterior (Tabla 1, Figura 1).

Los eventos tipo VT mostraron un descenso en ocurrencia, pero un incremento en el nivel energético, donde se destaca el evento localizado hacia el sector este-noreste, reportado como sentido por habitantes del municipio de Pasto (Figura 9).

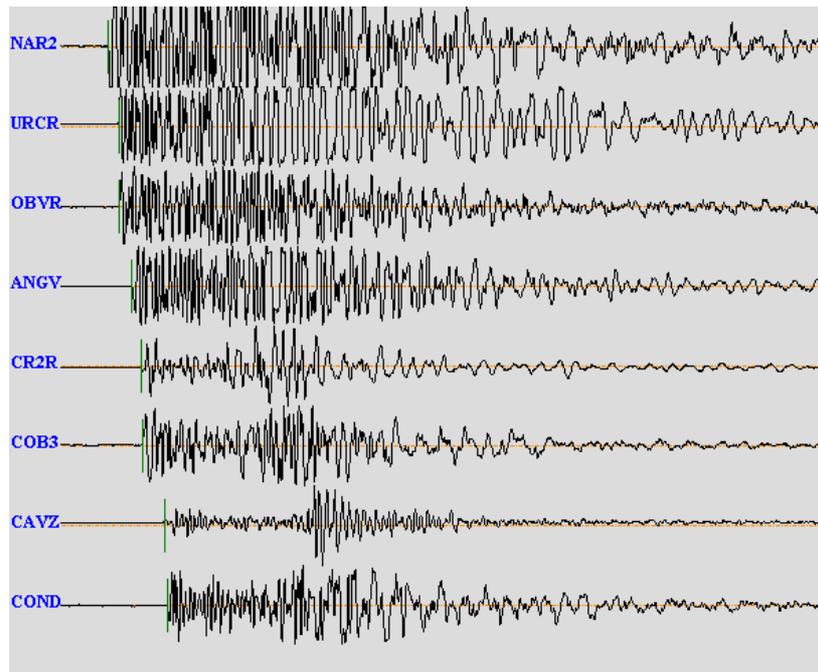


Figura 9. Sismogramas del evento tipo VT registrado el 12 de marzo, a las 9:28 p.m., reportado como sentido, en la gráfica se aprecia el orden de arribo de las ondas P a las estaciones de red de vigilancia volcánica de Galeras.

Para 12 eventos tipo VT, entre clasificables y no clasificables, 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 10).

Los resultados obtenidos a partir de las localizaciones muestran que los sismos se presentan de manera dispersa alrededor del edificio volcánico, a niveles, de hasta 13.91 km, considerados como profundos en regiones volcánicas y distancias epicentrales entre 0.56 a 12.89 km del cráter volcánico. Las magnitudes de estos eventos se calculó en un rango entre -0.2, hasta 2.0 en la escala de Richter (Figura 11, Tabla 3).

De estos eventos, uno de ellos fue reportado como sentido, registrado el 12 de marzo a las 9:28 p.m., con magnitud local de 2.0 en la escala de Richter, sentido por habitantes de algunos barrios del norte de la ciudad de Pasto. Este evento se localizó hacia el sector este-noreste del cono activo en inmediaciones del municipio de Pasto, a una profundidad aproximada de 7.8 km respecto a la cima volcánica y distancia respecto al cráter de 5.9 km.

Tabla 3. Parámetros de las localizaciones efectuadas a los sismos asociados a fracturamiento de material cortical e híbridos, registrados entre el 9 y el 15 de marzo de 2010.

FECHA	HORA	LATITUD		LONGTUD		PROF. km	MAGNITUD		No. FASES	GAP	DMIN km	RMS	ERH	ERZ	CALIDAD	TIPO EVENTO
		grados	minutos	grados	minutos		Md	ML								
10-Mar-10	6:40 AM	1	11.87	77	21.9	1.6	0.11	0.1	11	161	2.7	0.06	0.2	0.5	B1	GVA
10-Mar-10	2:14 PM	1	13.65	77	22.63	0.67	0.08	-0.1	6	325	2.8	0.02	0.2	0.5	C1	GVA
11-Mar-10	1:27 AM	1	13.66	77	17.72	8.61	0.23	0.2	14	275	4.9	0.06	0.4	0.4	C1	GVA
11-Mar-10	6:51 PM	1	15.41	77	19.04	7.95	0.6	-0.2	8	277	5	0.04	0.7	0.2	C1	GVA
11-Mar-10	8:50 PM	1	10.27	77	21.06	4.5	0.11	0.1	12	241	1.7	0.07	0.4	0.4	C1	GVA
12-Mar-10	2:19 PM	1	10.75	77	23.84	5.78	0.1	0.1	15	240	1.9	0.07	0.3	0.3	C1	GVA
12-Mar-10	9:28 PM	1	15	77	18.94	7.78	2.04	2	11	256	4.4	0.07	0.6	0.1	C1	GVA
13-Mar-10	6:39 AM	1	13.14	77	21.65	3.29	0.49	0.3	16	96	1	0.07	0.1	0.2	B1	GVA
13-Mar-10	3:02 PM	1	13.96	77	22.32	4.5	0.31	-0.2	10	130	2.4	0.1	0.5	0.7	B1	GVA
14-Mar-10	4:01 AM	1	14.79	77	22.97	5.1	0.63	0.1	16	178	3.2	0.1	0.3	0.4	B1	GVA
15-Mar-10	9:40 AM	1	14.38	77	14.95	13.91	0.71	0.2	9	317	10.2	0.03	0.8	0.7	C1	GVA
15-Mar-10	12:47 PM	1	14.69	77	19.41	7.73	0.39	0.2	13	259	3.5	0.09	0.6	0.1	C1	GVA

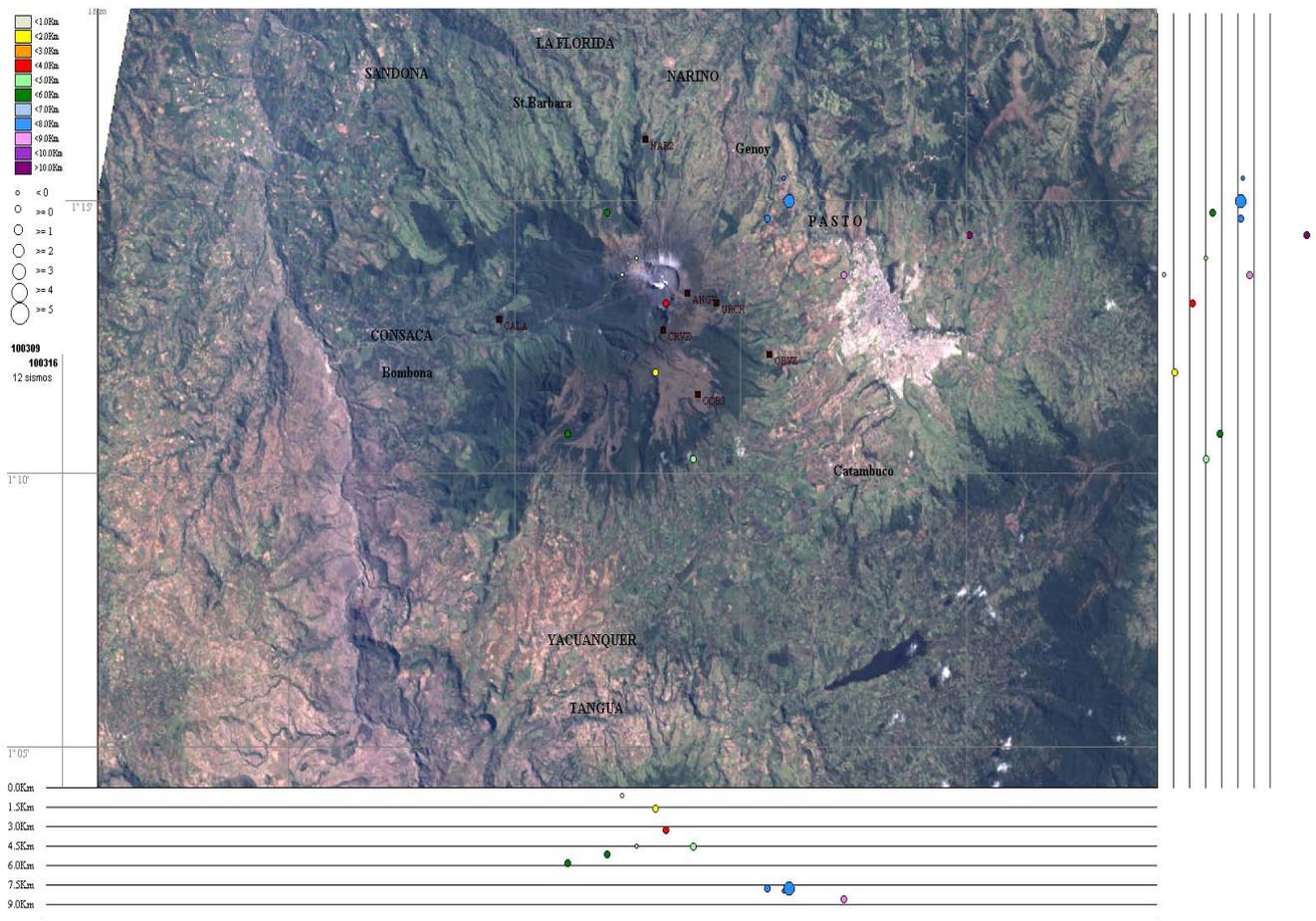


Figura 10. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura e híbridos registrados entre el 9 y el 15 de marzo de 2010, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes, cada línea representa 1.5 km de profundidad, el tamaño de los círculos depende de su M_L y el color de su profundidad.



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

La componente tangencial del inclinómetro Cráter (ubicado a 0.8 km al este-noreste del cráter principal, 4060 msnm), muestra que continua el comportamiento descendente registrado desde el 17 de febrero, fecha que entra a la red de deformación gracias al mantenimiento correctivo aplicado a los equipos de la estación, alcanzando $57.4 \mu\text{rad}$. Su componente Radial presentó un registro levemente estable, registrando $7 \mu\text{rad}$ (Figura 11).

El inclinómetro Peladitos (1.4 km al sureste del cráter principal, 3850 msnm), para su componente Tangencial presenta un leve comportamiento ascendente, tomando desde el 1 de noviembre de 2009 hasta 01 de marzo de 2010 registra un ascenso de $59.8 \mu\text{rad}$ y desde el 01 de marzo hasta la fecha de este informe, $5.3 \mu\text{rad}$; mientras que el registro de su componente Radial muestra un comportamiento relativamente estable (Figura 12).

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 13).

El inclinómetro Calabozo (ubicado a 6.8 km al oeste-suroeste del cráter principal, 2350 msnm), continua registrando desde el 28 de diciembre de 2009 hasta la fecha de este informe, para sus componentes, tanto Tangencial como Radial un comportamiento levemente descendente, para la componente Tangencial de $105.6 \mu\text{rad}$ y para la componente Radial de $88 \mu\text{rad}$ (Figura 14).

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 15).

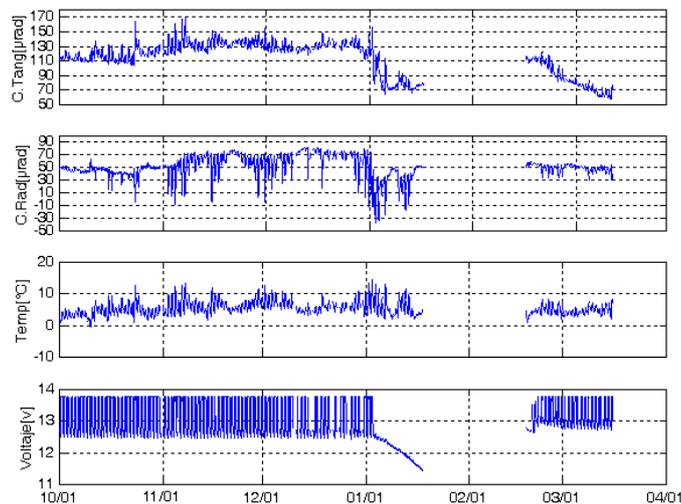


Figura 11. Componentes de inclinación radial y tangencial del inclinómetro Cráter, para el periodo comprendido entre el 1 de octubre de 2009 y el 15 de marzo de 2010.

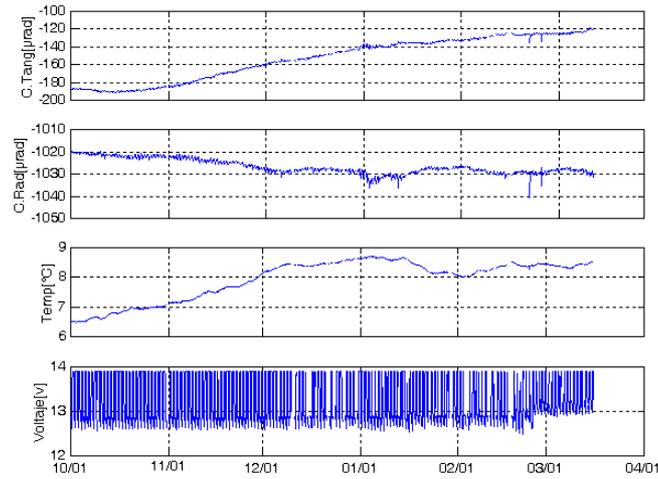


Figura 12. Componentes de inclinación radial y tangencial del inclinómetro Peladitos, para el periodo comprendido entre el 1 de octubre de 2009 y el 15 de marzo de 2010.

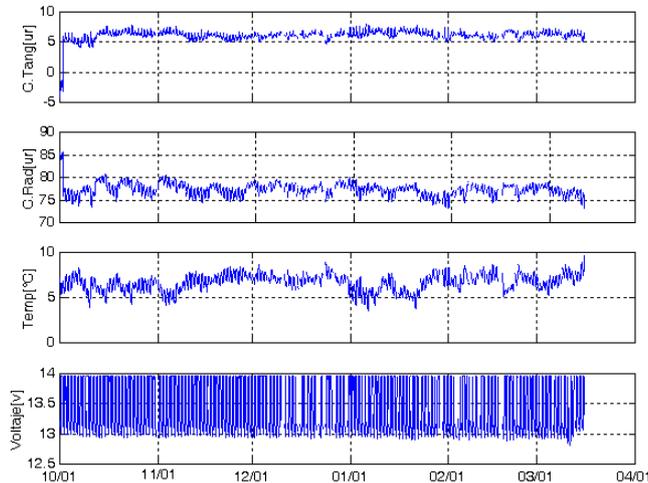


Figura 13. Componentes de inclinación radial y tangencial del inclinómetro Huairatola, para el periodo comprendido entre el 1 de octubre de 2009 y el 15 de marzo de 2010.

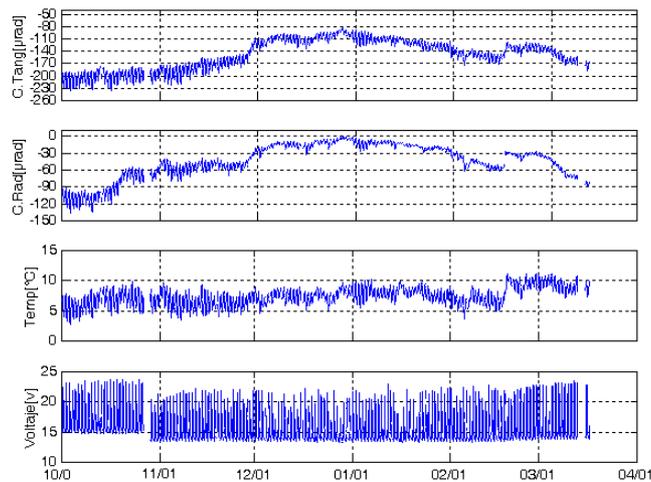


Figura 14. Componentes de inclinación radial y tangencial del inclinómetro Calabozo, para el periodo comprendido entre el 1 de octubre de 2009 y el 15 de marzo de 2010.

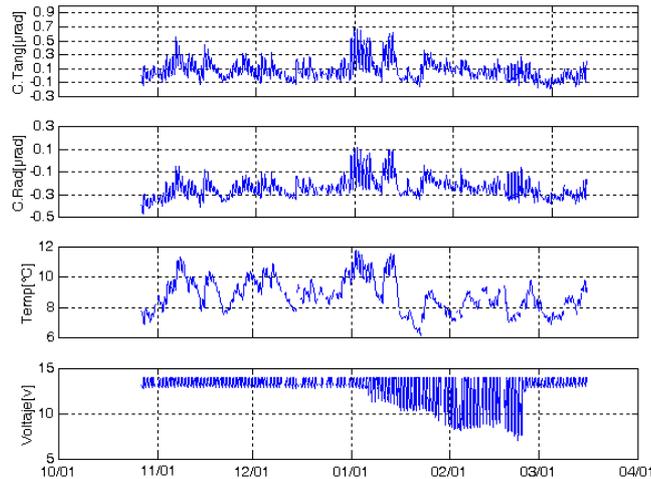


Figura 15. Componentes de inclinación radial y tangencial del inclinómetro Cobanegra, para el periodo comprendido entre el 1 de octubre de 2009 y el 15 de marzo de 2010.

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 11 de marzo que se realizaron mediciones con el instrumento MovilDOAS en la vía circunvalar al Galeras, sector Pasto-Nariño, el valor calculado fue de 208 Toneladas/día, considerado como bajo para Galeras (Figura 16).

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 SO_2 emitido por Galeras para el periodo evaluado.

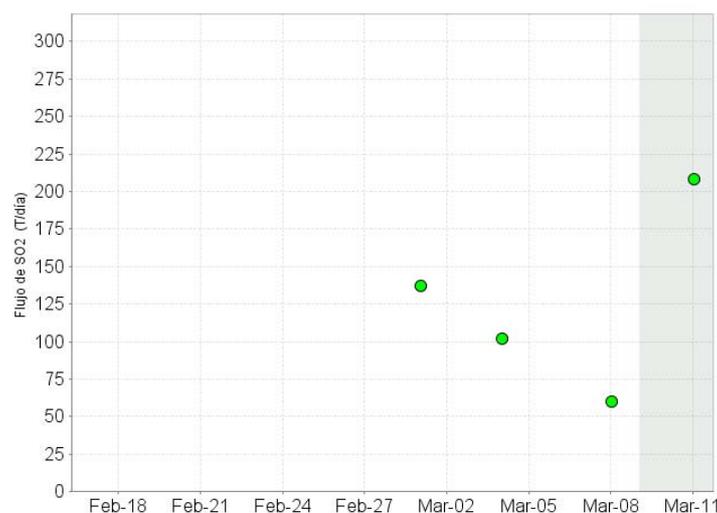


Figura 16. Flujo de SO_2 del volcán Galeras registrado por las estaciones ScanDOAS (ubicadas al noroccidente del volcán Galeras) y por el equipo MovilDOAS, entre el 16 de febrero y el 15 de marzo de 2010. El recuadro gris indica el periodo evaluado.

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 los días 12 y 15 de marzo, y a imágenes capturadas por una comisión del OVSP hacia la cima fue posible evidenciar salida de gases del campo fumarólico Las Deformes y desde los cráteres secundarios Las Chavas y El Paisita (Figuras 17 y 18). De igual manera desde el Centro de Salud de Consacá, el día 15 de marzo a las 8:10 a.m., reportaron una pequeña emisión de gases de coloración blanca.



Figura 17. Imagen de Galeras tomada por el Señor Mario Alberto Caicedo desde la estación RTVC Galeras el 12 de marzo de 2010. En la fotografía se observa la salida de gas desde Las Deformes y de varios de los cráteres secundarios de Galeras.



Figura 18. Imágenes de Galeras tomada por el Señor Mario Alberto Caicedo desde la estación RTVC Galeras el 15 de marzo de 2010. En las fotografías se observa la salida de gas en poca cantidad proveniente del centro del cráter principal, desde Las Deformes y de varios de los cráteres secundarios de Galeras.

Además, el 10 de marzo, personal del OVSP realizó una visita de reconocimiento hacia el sector del Camino Real, ubicado sobre el costado oriente y nororiente del edificio volcánico y desde el sector de la quebrada Maragato en adelante, reportaron sentir fuertes olores a gases azufrados.

El 15 de marzo, en visita de reconocimiento a la cima, personal del OVSP ubicado en el sector sur de la caldera observó salida de gas en poca cantidad proveniente del centro del cráter principal, del campo fumarólico Las deformes y desde los cráteres secundarios Las Chavas y El Paisita; no se percibieron olores a gases azufrados.

Adicionalmente, en algunas de estas imágenes se observó, por el borde de la caldera en el sector sur, por el consorcio de las antenas y en dirección hacia la estación Cráter, grietas posiblemente provocadas por las últimas erupciones, Figura 18.



Figura 18. Imágenes de Galeras tomada por el Señor Mario Alberto Caicedo desde la estación RTVC Galeras el 15 de marzo de 2010. En la fotografía se observa grietas en el borde de la caldera en el sector sur, por el sector del consorcio de las antenas.



CONCLUSIONES

- En niveles bajos de sismicidad, se destaca la ocurrencia de sismos asociados con fracturamiento de material cortical siendo el evento de mayor magnitud local de 2, en la escala de Richter, que fue reportado como sentido por algunos habitantes del norte de la ciudad de Pasto. 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 (SO₂) con el sistema de ScanDOAS, el único valor obtenido fue el medido con el equipo de MovilDOAS, en la vía circunvalar a Galeras, y que se considera como bajo, lo cual es concordante con la ausencia de eventos sísmicos relacionados con procesos de liberación o emisión de gases (eventos tipo Tremor).
- Si bien la actividad actual en Galeras continúa mostrando bajos niveles 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”**.