

INGEOMINAS – OBSERVATORIO VULCANOLÓGICO Y SISMOLÓGICO DE PASTO

San Juan de Pasto, 30 de junio de 2010

La evaluación de los diferentes parámetros del monitoreo volcánico de Galeras, en el período comprendido entre el 22 y el 28 de junio de 2010, permitió continuar con el nivel de actividad en Amarillo (III: “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”).

En general durante el periodo evaluado la actividad de Galeras presentó un cambio en la sismicidad, caracterizado por el incremento tanto en el número de eventos (excepto en los eventos asociados con fracturamiento de material cortical o Volcano-tectónicos VT, los cuales mantuvieron su número de ocurrencia) como en la energía liberada; como también, por las características de los mismos, destacándose el registro de eventos tipo Tornillo (TOR) y Seudotornillo (PST). Se resalta la ocurrencia de eventos relacionados con movimiento de fluidos de fuente persistente (Tremor, TRE), los cuales presentaron, algunos de ellos un espectro monocromático. En este periodo predominó la ocurrencia de eventos relacionados con movimiento de fluidos de fuente transitoria (Largo Periodo, LP) seguido de los eventos que involucran tanto el fracturamiento de material cortical como el movimiento de fluido (Híbridos, HYB) (Tabla 1, Figuras 1, 2 y 3).

Tabla 1. Número de sismos volcánicos por tipo, registrados en las semanas comprendidas entre el 1 y el 28 de junio de 2010, incluyendo la semana evaluada en el presente informe, resaltada en color verde.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo						Duración TRE (min)
	LPS	HYB	VT	TRE	TOTAL	NO CLASIFICABLES	
01-jun-10 a 07-jun-10	6	10	0	0	16	246	0
08-jun-10 a 14-jun-10	1	6	4	1	12	208	1.3
15-jun-10 a 21-jun-10	1	4	6	1	12	154	5.9
22-jun-10 a 28-jun-10	13	12	6	3	34	141	21.3

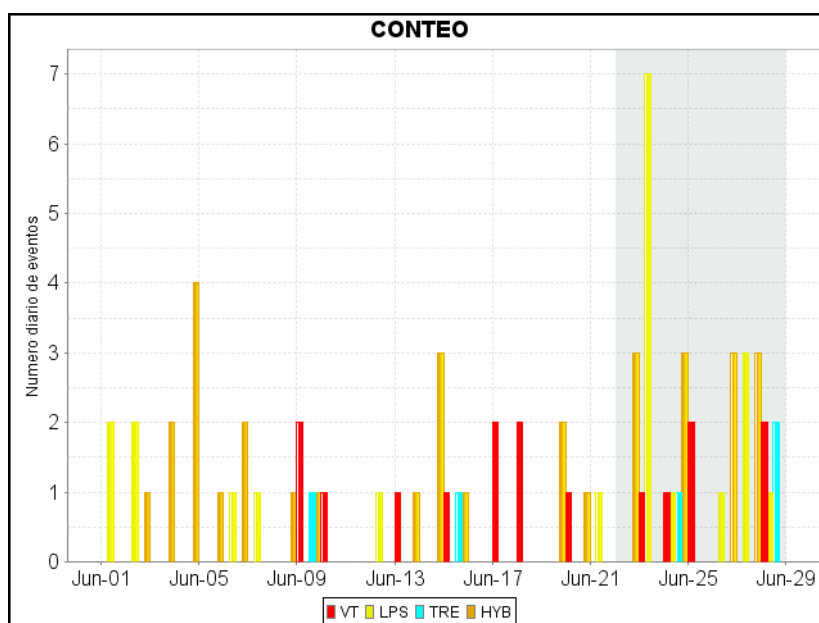


Figura 1. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos entre el 1 y el 28 de junio de 2010. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

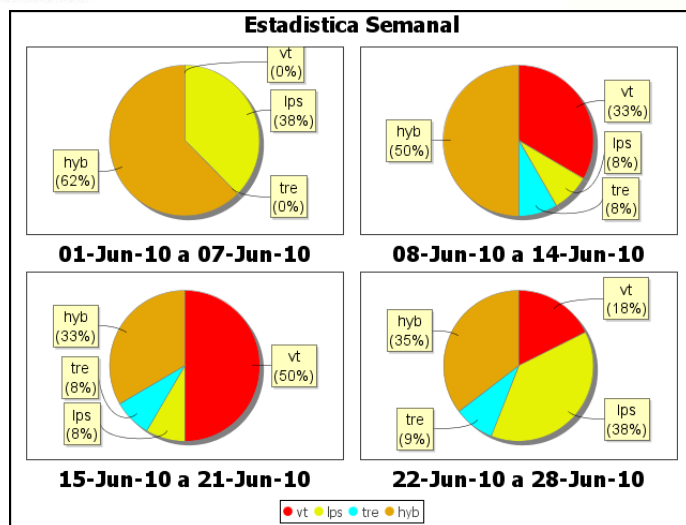


Figura 2. Porcentaje de ocurrencia de eventos sísmicos por tipo para los últimos cuatro periodos semanales, incluyendo el evaluado en este informe.

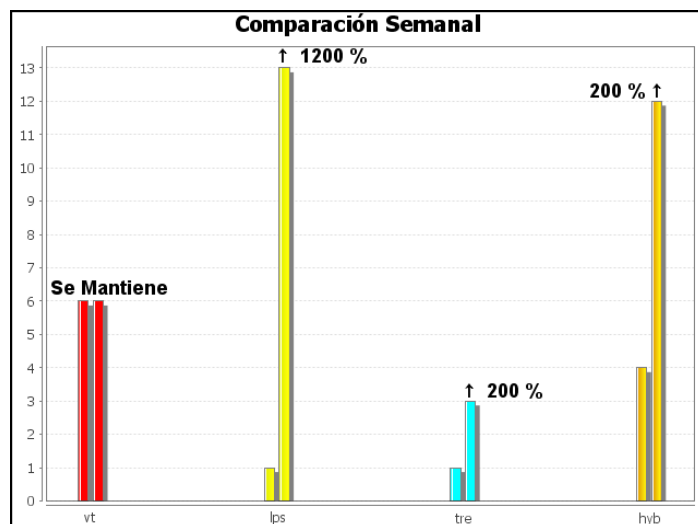


Figura 3. Relación porcentual que compara el número de eventos por tipo ocurridos durante la semana en evaluación, con respecto a la semana anterior.

De igual manera, se resalta la relativa estabilidad en cuanto al registro de eventos No clasificables, sismos que por su nivel energético no cumplen con las condiciones de amplitud mínima en la estación de referencia Anganoy; pero que son importantes en la evaluación de la actividad de Galeras (Tabla 1).

En el transcurso de la semana, se registraron tres eventos tipo TRE, el primero se registró el 24 de junio de 2010 y los otros dos se registraron el 28 de junio de 2010. Estos eventos en conjunto sumaron una duración de 21,3 minutos (Tabla 1).

En comparación con la semana comprendida entre el 15 y el 21 de junio de 2010, los niveles de energía sísmica liberada registraron un aumento para todos los tipos de eventos (Tabla 2, Figura 4), siendo los eventos tipo LP los que liberaron mayor cantidad de energía, aportando un 92% del total de la semana; seguido por los eventos tipo HYB, con un 5% (Tabla 2, Figuras 5 y 6). El día en que se presentó el mayor aporte de energía liberada de la

semana en evaluación corresponde al 27 de junio de 2010 (Figura 6), debido al registro de dos eventos tipo LP los cuales se registraron a las 11:51 a.m. y a las 11:15 p.m., con valores de energía de ondas de cuerpo, estimada en $1,30 \times 10^{12}$ y $3,92 \times 10^{12}$ ergios y desplazamiento reducidos de ondas de cuerpo de 31 y 60 cm² respectivamente.

Tabla 2. Energía liberada de sismos volcánicos por tipo, registrada en las semanas comprendidas entre el 1 y el 28 de junio de 2010, incluyendo la semana evaluada en el presente informe, resaltada en color verde.

Periodo Evaluado	Energía (ergios) por tipo de evento				
	VT	LPS	TRE	HYB	TOTAL
01-jun-10 a 07-jun-10	0	5.24E+11	0	1.35E+11	6.59E+11
08-jun-10 a 14-jun-10	1.62E+11	5.49E+09	3.31E+10	7.90E+10	2.80E+11
15-jun-10 a 21-jun-10	4.87E+10	3.69E+09	4.26E+09	5.29E+09	6.19E+10
22-jun-10 a 28-jun-10	1.18E+11	5.42E+12	3.05E+10	2.93E+11	5.86E+12

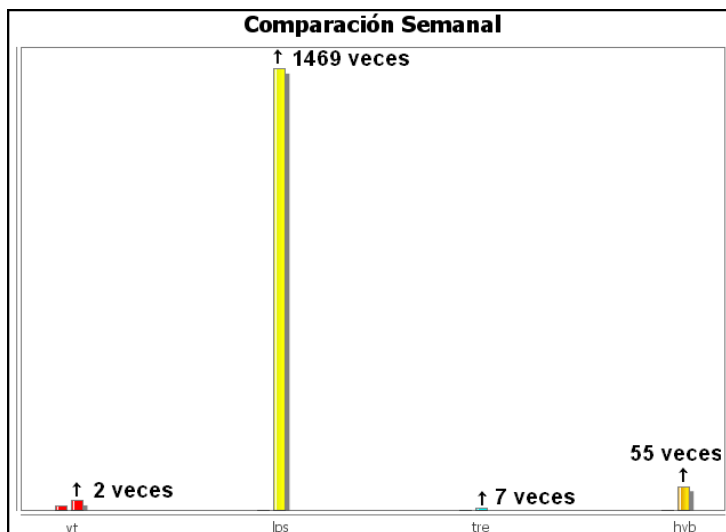


Figura 4. Comparación, entre las dos últimas semanas, de energía sísmica liberada por tipo de evento.

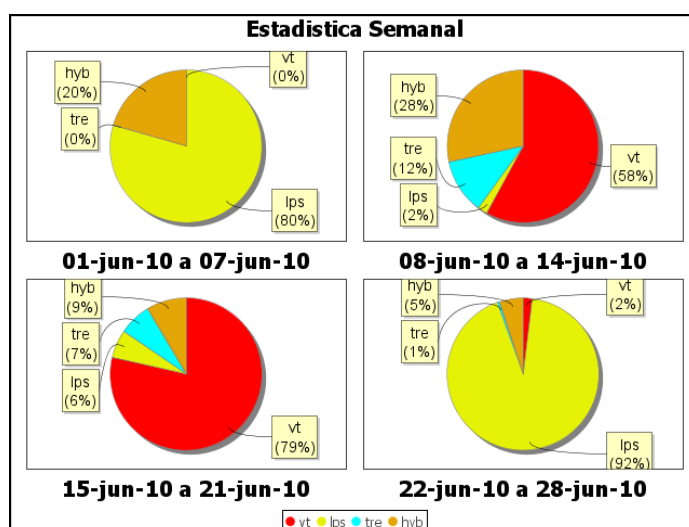


Figura 5. Porcentaje de energía liberada de eventos sísmicos por tipo para los últimos cuatro períodos semanales, incluyendo el evaluado en este informe.

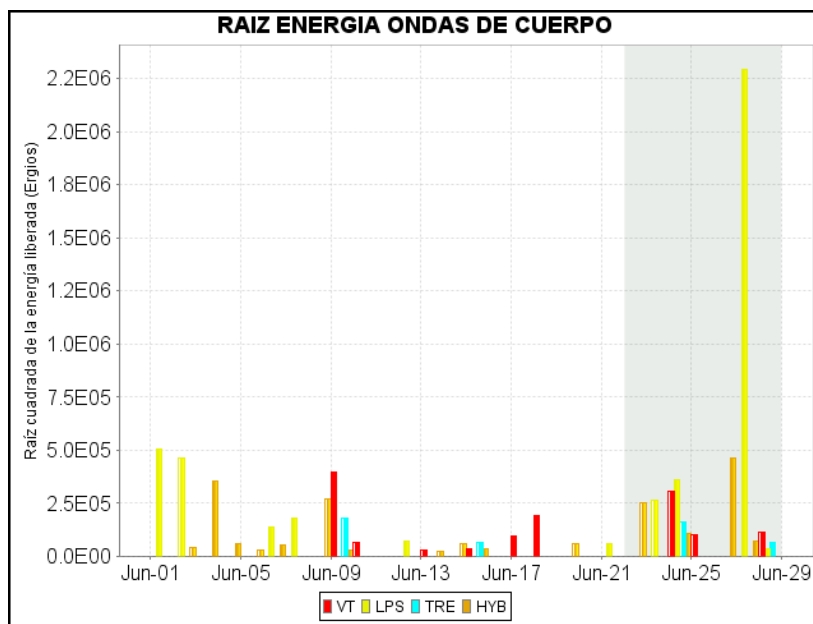


Figura 6. Histograma de la energía liberada (en términos de la raíz cuadrada) de eventos volcánicos por tipo, registrada entre el 1 y el 28 de junio de 2010. El recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

De la sismicidad registrada durante el periodo evaluado, asociada con la dinámica de fluidos al interior del sistema volcánico, se destaca el registro de dos eventos tipo TOR y un Seudotornillo, registrados entre el 23 y el 24 de junio, los cuales presentaron frecuencias dominantes con valores de 5,9 y 4,2 Hz para los eventos tipo TOR y de 12,9 Hz para el evento tipo PST; estos eventos se observaron en la mayoría de las estaciones que forman parte de la red sísmica de Galeras (Figuras 7, 8 y 9).

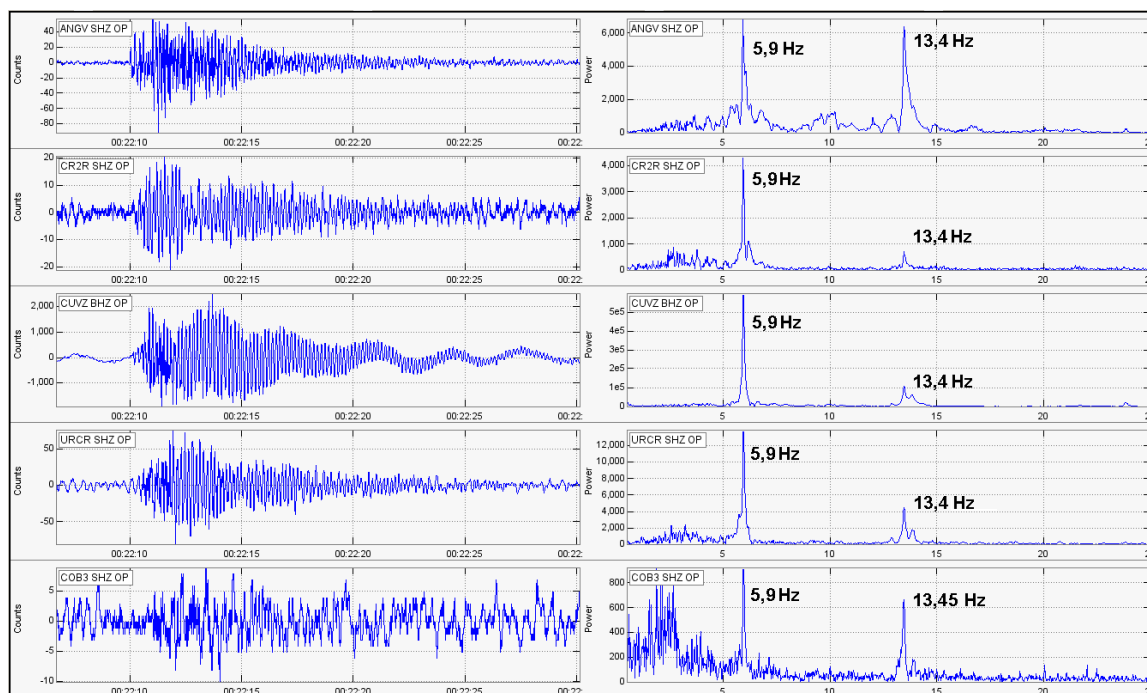


Figura 7. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo TOR registrado el 23 de junio de 2010 a las 7:22 p.m.

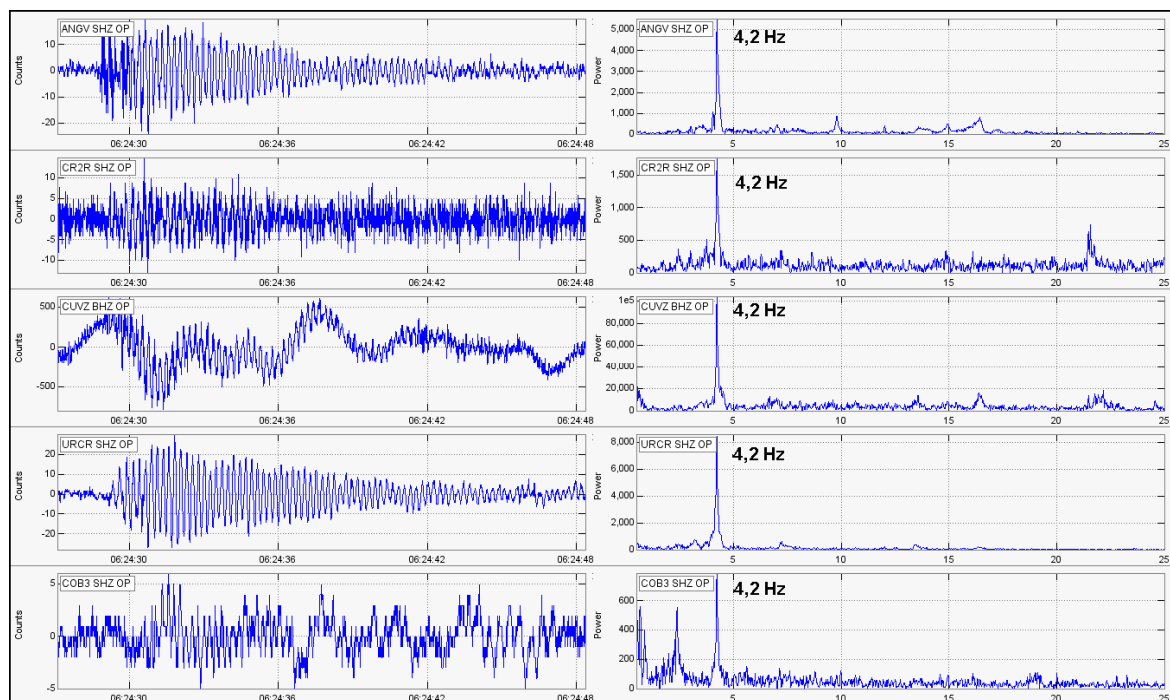


Figura 8. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo TOR registrado el 24 de junio de 2010 a la 1:24 a.m.

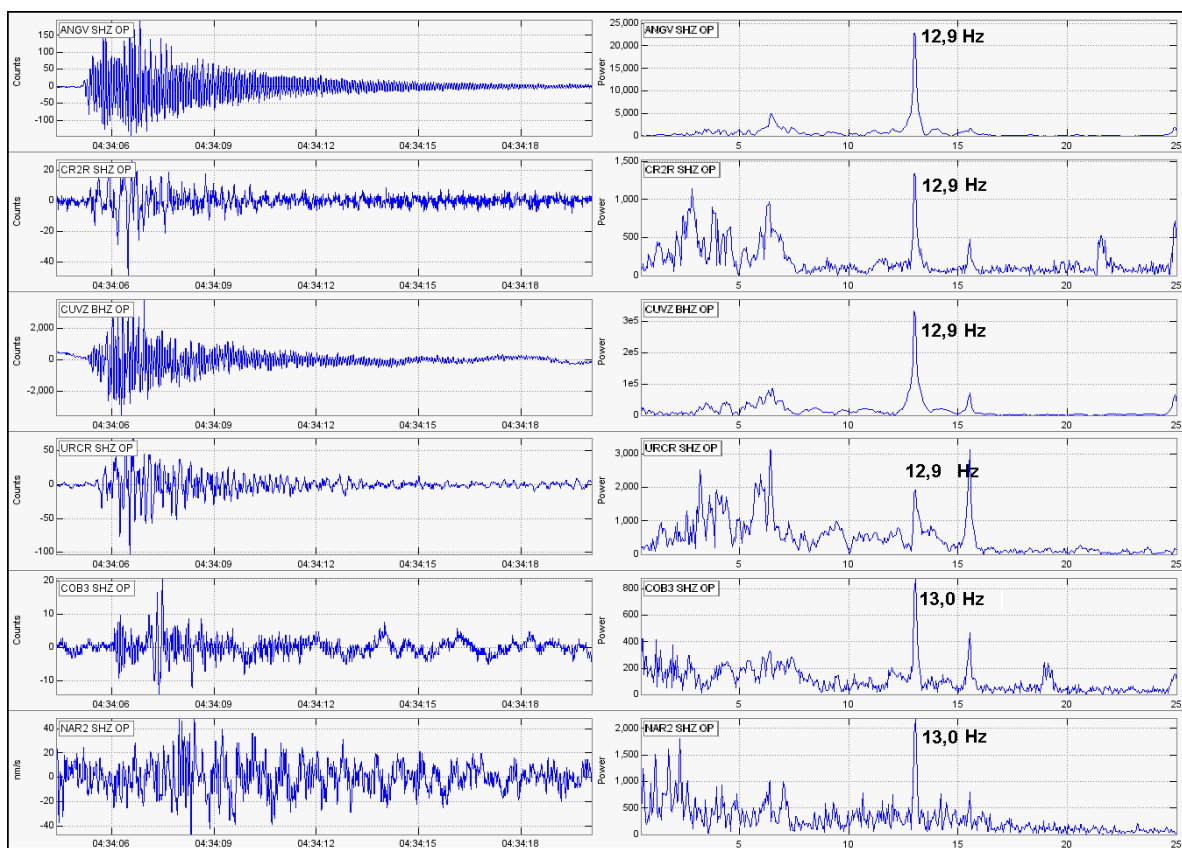


Figura 9. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo Seudotornillo registrado el 23 de junio de 2010 a las 11:34 p.m.

Por otra parte, se mantiene el registro de los eventos tipo LP, entre clasificables y no clasificables, caracterizados por el dominio de bajas frecuencias en su espectro y por la presencia de armónicos que se observan en la mayoría de las estaciones de la red sísmica, asociados con procesos en el origen. Por su contenido espectral, pueden estar relacionados con la fuente de generación de los eventos tipo Tornillo. Las Figuras 10, 11, 12 y 13 muestran a manera de ejemplo los sismogramas y los espectros de cuatro de estos eventos.

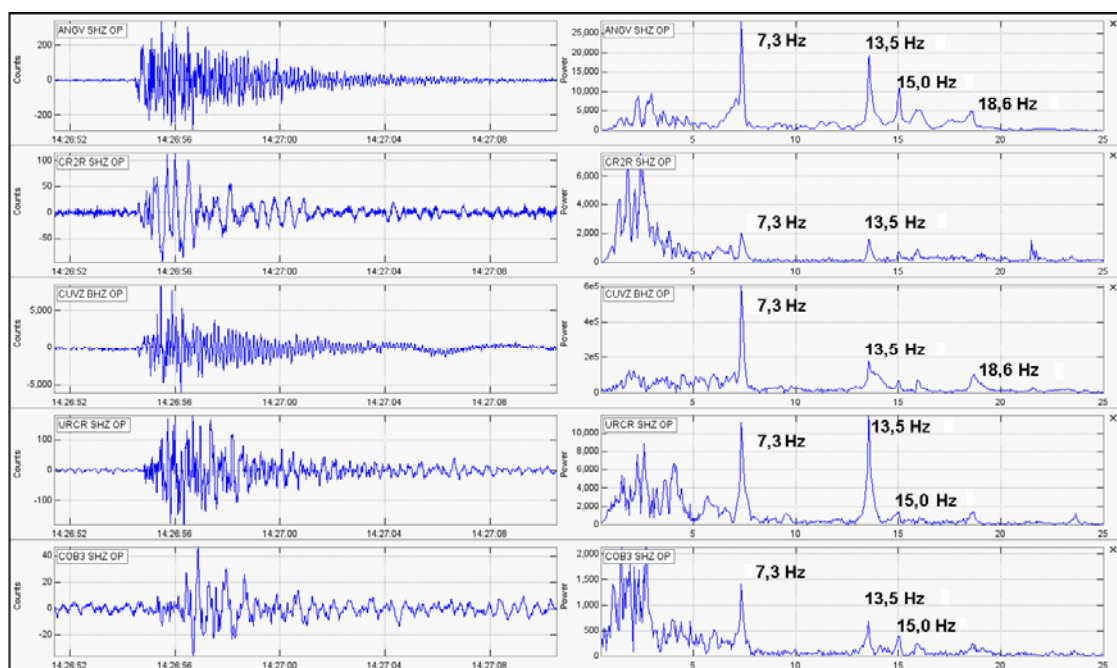


Figura 10. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo LP registrado el 23 de junio de 2010 a las 9:26 a.m.

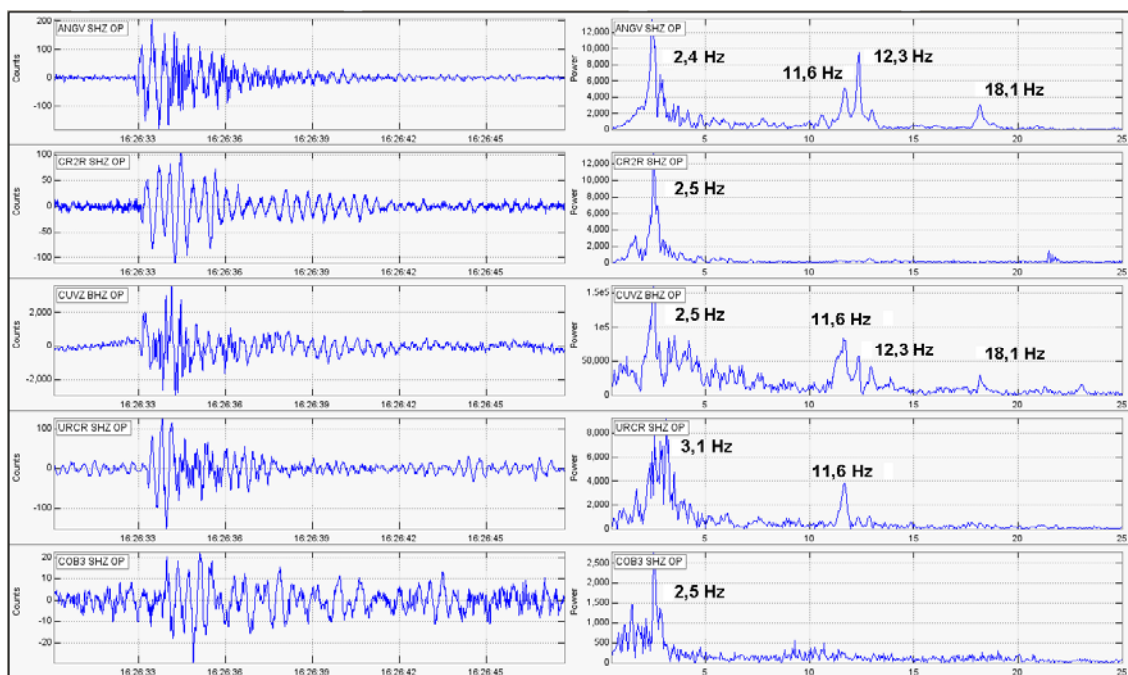


Figura 11. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo LP registrado el 23 de junio de 2010 a las 11:26 a.m.

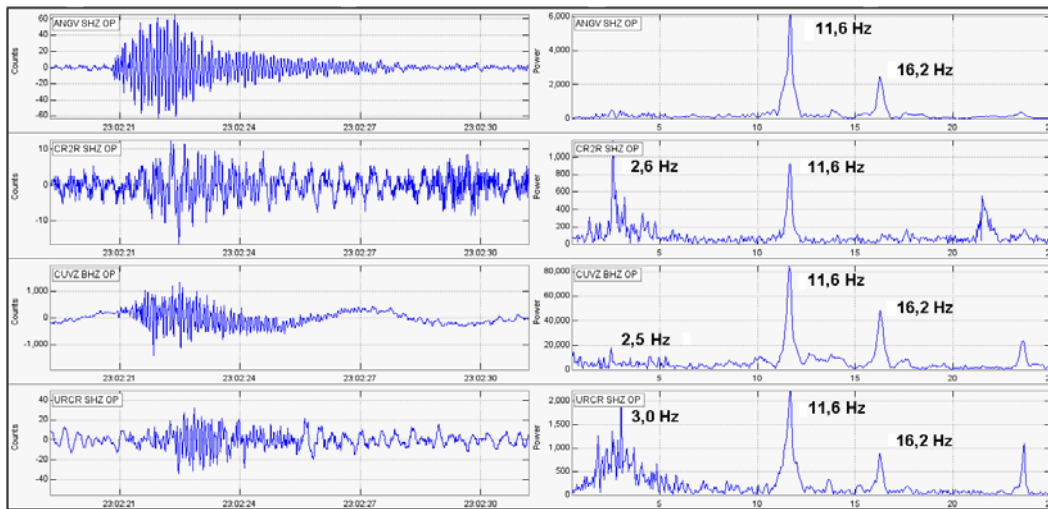


Figura 12. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo LP no clasificable registrado el 23 de junio de 2010 a las 6:02 p.m.

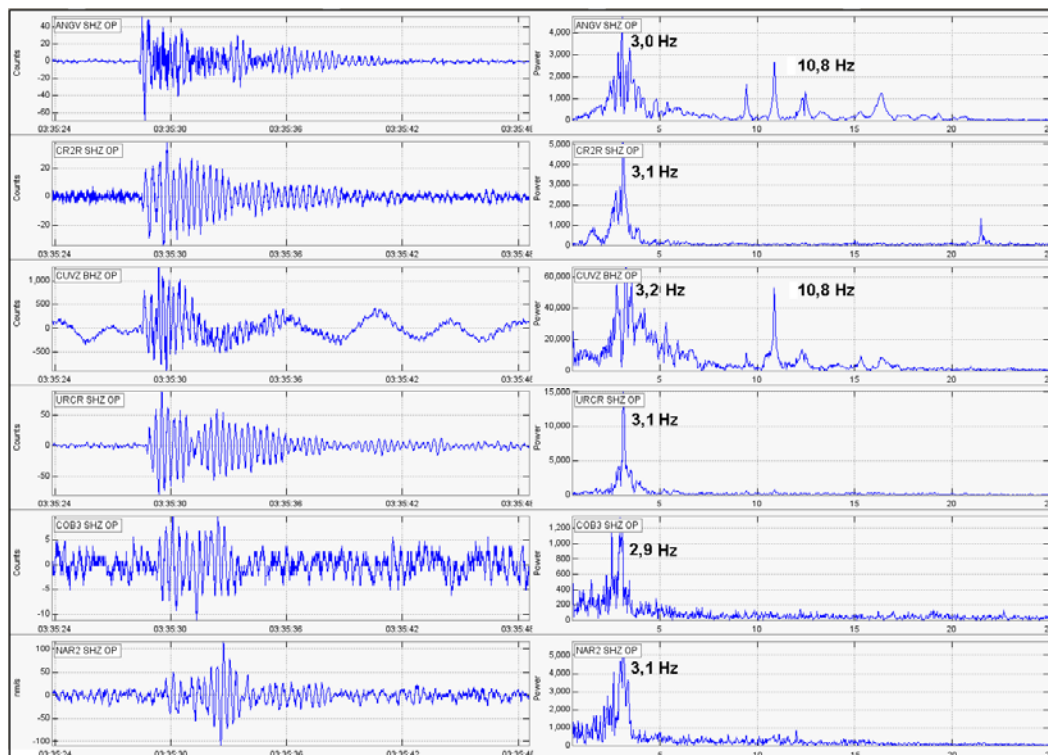


Figura 13. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo LP no clasificable registrado el 23 de junio de 2010 a las 10:35 p.m.

Como se mencionó anteriormente, durante el periodo evaluado se destaca también el aumento en cuanto a ocurrencia y energía liberada de eventos tipo TRE. La figura 14 muestra a manera de ejemplo el sismograma y el espectro en frecuencia del evento tipo TRE registrado el 24 de junio de 2010 a la 1:29 a.m., este evento tuvo una duración aproximada de 13 minutos. Además, se destacan los episodios registrados el 28 de junio de 2010 a las 9:21 p.m. y a las 9:28 p.m. por presentar características monocromáticas con un valor de frecuencia igual a 2,38 Hz en todas las estaciones de la red sísmica de Galeras (Figuras 15 y 16).

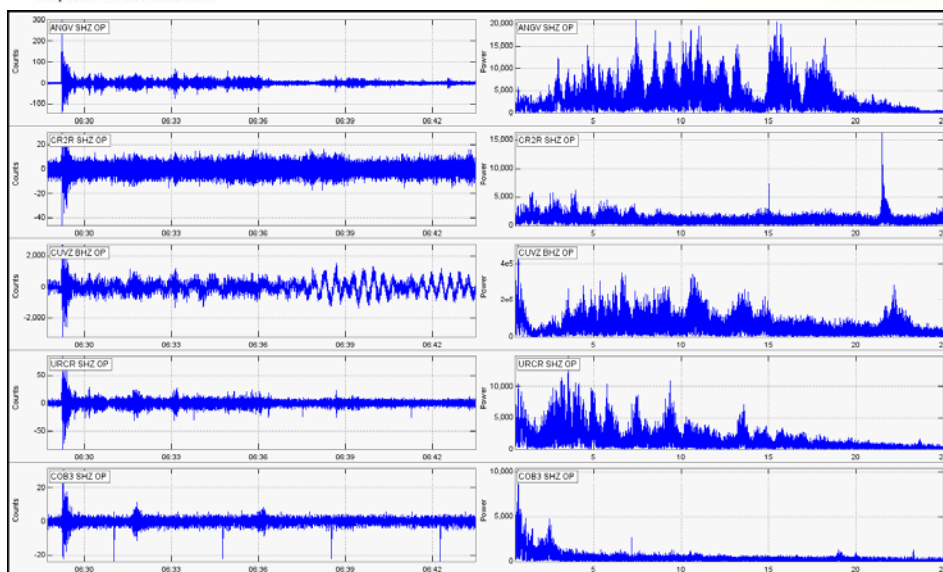


Figura 14. Sismograma y espectro en frecuencia del evento tipo TRE registrado el 24 de junio de 2010 a la 1:29 a.m.

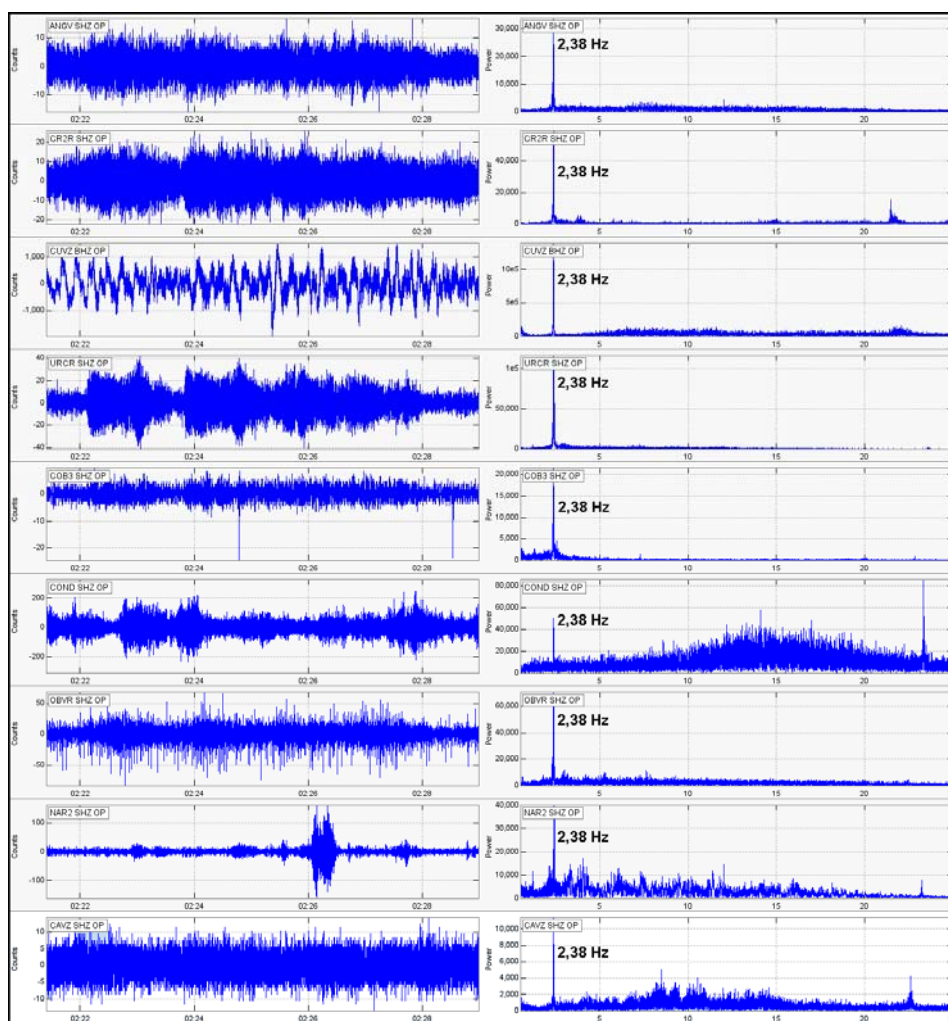


Figura 15. Sismograma y espectro en frecuencia del evento tipo TRE registrado el 28 de junio de 2010 a las 9:21 p.m.

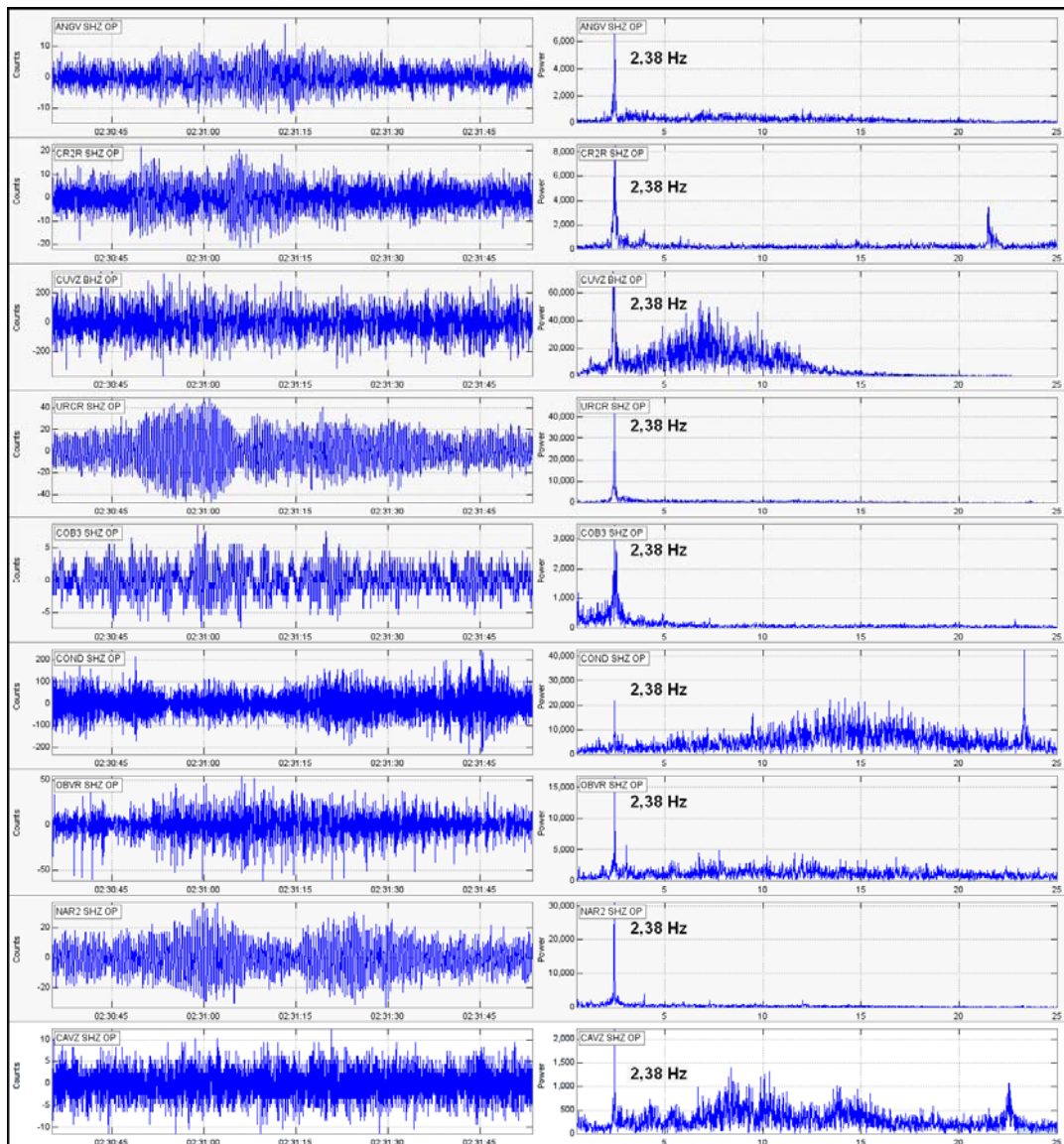


Figura 16. Sismograma y espectro en frecuencia del evento tipo TRE registrado el 28 de junio de 2010 a las 9:28 p.m.

Respecto a los sismos que involucran fracturamiento de material cortical fue posible obtener una solución de localización para 22 de estos eventos, entre clasificables y no clasificables, con base al tiempo de arribo de las ondas P y S a las estaciones de monitoreo volcánico en Galeras, aplicando el algoritmo de Geigger y utilizando el programa HYPO71. De los eventos localizados, 8 corresponden a eventos tipo VT, 12 a eventos tipo HYB y 2 a eventos tipo LP, estos últimos fueron localizados con base al tiempo de arribo de las ondas P.

Los resultados obtenidos a partir de las localizaciones indican que la fuente predominante estuvo localizada hacia el sector suroriental del edificio volcánico, a una distancia menor a 1,5 km del cráter principal y a menos de 3 km de profundidad con respecto a la cima de Galeras; algunos eventos se localizaron de manera dispersa a distancias y profundidades menores a los 7 y 11 km respectivamente. Las magnitudes de los eventos localizados se calcularon en un rango entre 0,1 y 1,8 en la escala de Richter (Tabla 3, Figura 17). En la figura 17, los eventos señalados con flechas rojas corresponden a la localización de los eventos tipo LP.

Tabla 3. Parámetros de localización de sismos tipos VT, HYB y LP, registrados entre el 22 y el 28 de junio de 2010.

Fecha	Hora	Latitud		Longitud		Prof. (Km)	Magnitud Coda	Magnitud Local	# Fases	GAP	Dist. Min	RMS	ERH	ERZ	Calidad	Tipo
		°	'	°	'											
22/06/2010	00:08:35	1	13.61	77	21.7	0.4	0.3	0.1	6	333	1.1	0.03	0.2	0.4	C1	GHD
22/06/2010	00:39:40	1	13.12	77	21.47	0.5	0.7	1.1	13	169	0.7	0.13	0.3	0.6	B1	GHD
22/06/2010	20:31:43	1	13.25	77	21.37	1.2	-0.4	0.6	9	191	0.4	0.09	0.4	0.4	C1	GHD
23/06/2010	15:24:01	1	12.8	77	23.8	5.5	-0.1	0.1	11	174	2.6	0.07	0.5	0.4	B1	GVA
23/06/2010	22:36:33	1	12.11	77	23.99	6.5	0.8	0.2	16	166	1.9	0.09	0.4	0.4	B1	GVA
24/06/2010	08:54:09	1	13.56	77	21.93	1.0	-0.1	0.7	10	287	1.5	0.05	0.3	0.4	C1	GLP
24/06/2010	08:54:09	1	13.5	77	21.93	0.7	-0.2	0.7	9	285	1.4	0.05	0.4	0.7	C1	GHD
24/06/2010	15:57:21	1	13.3	77	21.63	3.0	1.0	1.4	14	98	0.9	0.04	0.1	0.2	B1	GVA
24/06/2010	21:29:05	1	13.46	77	21.96	0.7	0.1	0.2	8	286	1.5	0.02	0.1	0.3	C1	GHD
25/06/2010	05:40:40	1	14.81	77	20.69	6.6	0.6	1	14	200	2.2	0.14	0.5	0.5	C1	GVA
25/06/2010	06:35:55	1	14.93	77	20.48	6.7	0.2	0.9	14	212	2.5	0.12	0.5	0.4	C1	GVA
26/06/2010	00:25:54	1	10.93	77	24.21	6.7	0.3	0.3	13	241	3.6	0.06	0.4	0.3	C1	GVA
26/06/2010	00:27:25	1	13.11	77	21.41	0.3	1.2	1.4	12	162	0.6	0.09	0.2	0.8	B1	GHD
26/06/2010	05:47:56	1	13.24	77	21.68	0.3	0.5	0.2	9	259	1	0.03	0.2	0.4	C1	GHD
26/06/2010	12:15:06	1	13.3	77	21.67	0.9	1.5	1.4	8	261	0.9	0.04	0.4	0.2	C1	GHD
26/06/2010	17:34:54	1	13.33	77	21.68	2.3	0.6	1.1	9	188	0.9	0.11	0.6	0.6	C1	GHD
26/06/2010	22:02:02	1	11.47	77	25.08	1.3	1.4	0.1	6	351	8	0.07	0.9	4.4	C1	GHD
27/06/2010	05:16:55	1	12.45	77	22.81	2.3	0.3	0.4	6	343	3.5	0.1	1.2	1.7	C1	GHD
27/06/2010	09:28:18	1	13.4	77	21.78	0.1	0.2	0.4	10	273	1.1	0.02	0.1	0.7	C1	GHD
27/06/2010	23:15:29	1	13.14	77	21.33	0.5	1.5	1.8	8	90	0.5	0.09	0.2	0.7	A1	GLP
28/06/2010	03:42:09	1	15.93	77	19.36	10.4	0.5	0.4	12	282	4.5	0.06	0.5	0.4	C1	GVA
28/06/2010	03:47:33	1	14.6	77	19.83	8.0	0.8	0.9	17	225	2.5	0.07	0.4	0.3	C1	GVA

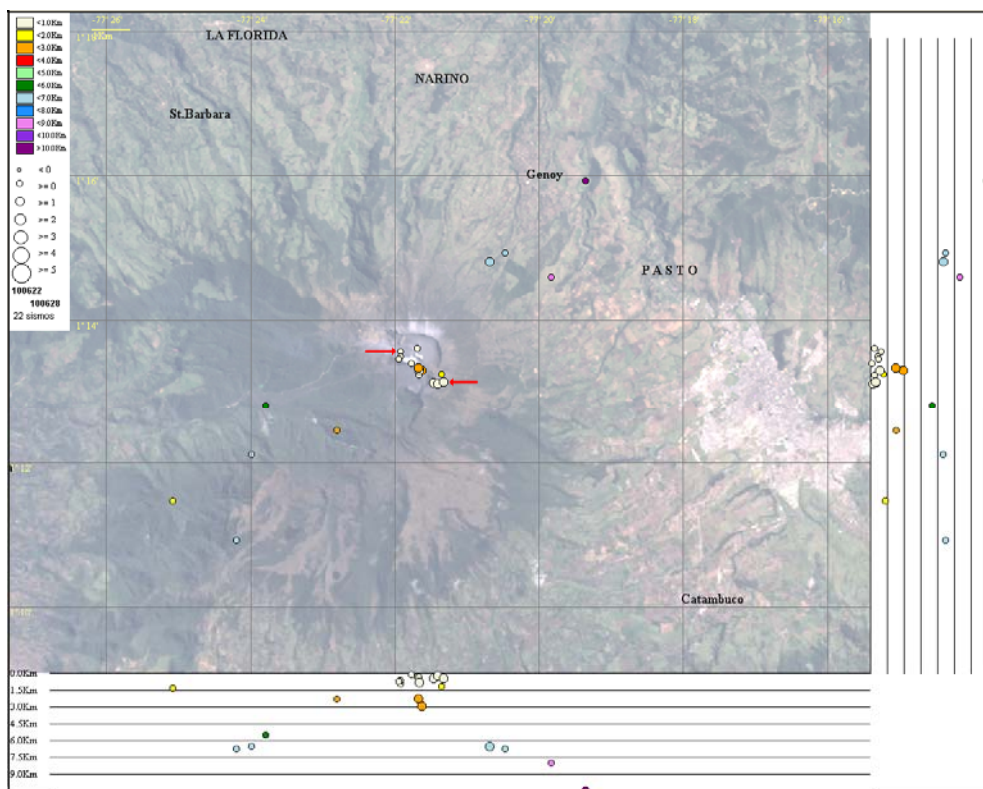


Figura 17. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura e híbridos registrados entre el 22 y el 28 de junio de 2010, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 1,5 Km de profundidad, el tamaño de los círculos que representan los sismos depende de su M_L y el color su profundidad, de acuerdo con las convenciones ubicadas en la parte superior izquierda de la figura.

Por su parte, los inclinómetros electrónicos localizados en el edificio volcánico, los cuales nos brindan información sobre los procesos de deformación de Galeras, mostraron lo siguiente:

El inclinómetro Cráter (ubicado a 0,8 Km al este-noreste del cráter principal, 4060 msnm), muestra un comportamiento relativamente estable en su componente Tangencial, mientras que para su componente radial se observa un comportamiento levemente ascendente, que desde mediados de abril de 2010 y hasta el 28 de junio de 2010 alcanzó una variación de 38 μrad (Figura 18).

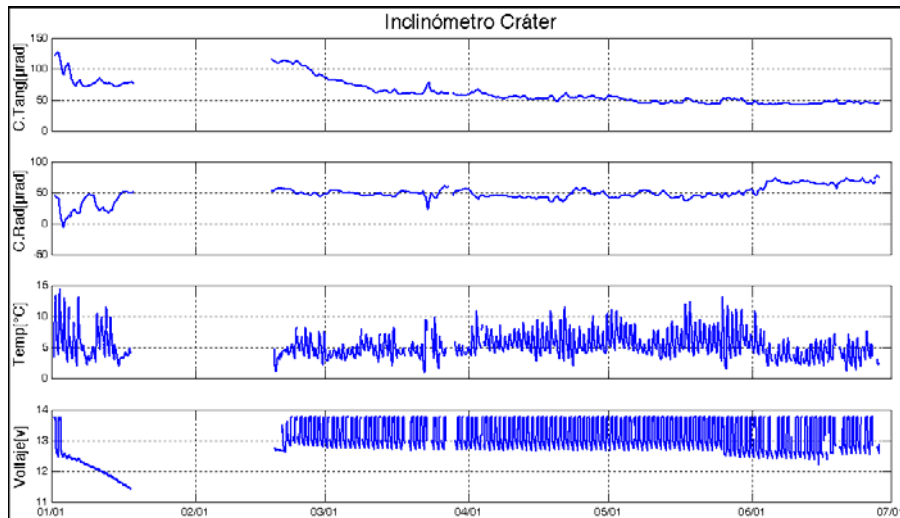


Figura 18. Componentes de inclinación radial (Y) y tangencial (X) junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del sistema de alimentación del inclinómetro Cráter, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2010 y el 28 de junio de 2010.

Respecto a la componente tangencial del inclinómetro Peladitos (1,4 Km al sureste del cráter principal, 3850 msnm), se observa que continúa con un comportamiento levemente ascendente, que para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2010 y el 28 de junio de 2010 acumula una variación de 30 μrad ; mientras que la componente radial muestra un comportamiento relativamente estable, con pequeñas fluctuaciones menores a los 15 μrad que se asemejan al comportamiento del canal de temperatura (Figura 19).

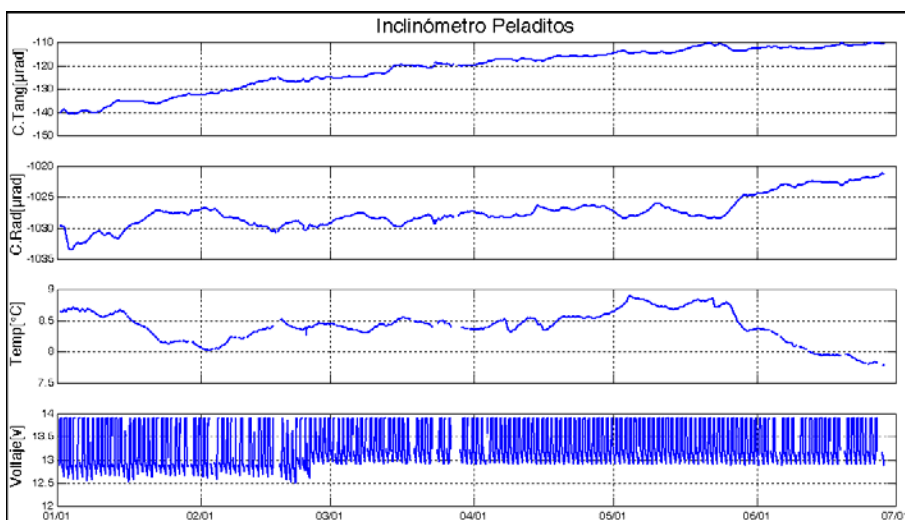


Figura 19. Componentes de inclinación radial (Y) y tangencial (X) junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del sistema de alimentación del inclinómetro Peladitos, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2010 y el 28 de junio de 2010.

El inclinómetro Huairatola (ubicado a 1,7 Km al norte del cráter principal, 3745 msnm), muestra desde el 1 de enero de 2010 hasta el 28 de junio de 2010 un comportamiento levemente descendente con una variación acumulada menor a los 5 μrad , mientras que para su componente radial muestra un comportamiento relativamente estable con variaciones que oscilan alrededor de los 2 y 3 μrad (Figura 20).

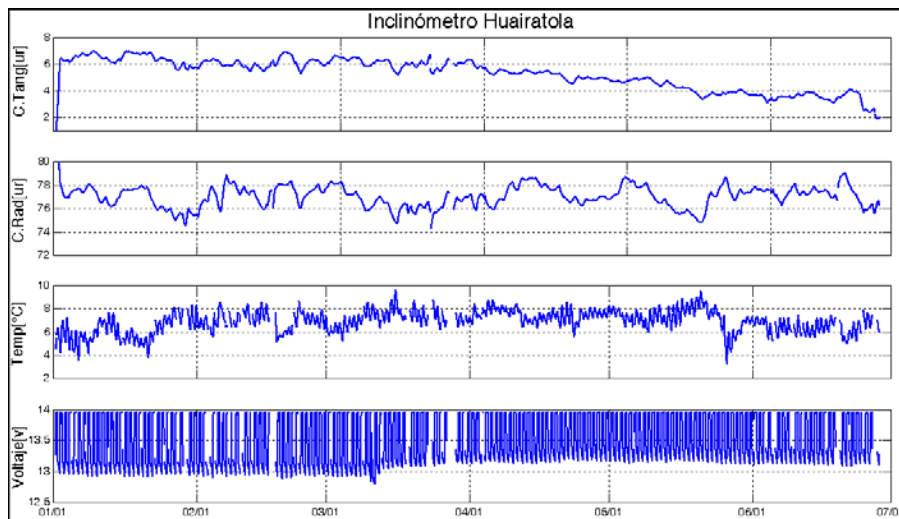


Figura 20. Componentes de inclinación radial (Y) y tangencial (X), junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del sistema de alimentación del inclinómetro Huairatola, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2010 y el 28 de junio de 2010.

El inclinómetro Calabozo (6,8 Km al oeste-suroeste del cráter principal, 2350 msnm) durante el último mes, presenta en la componente Tangencial y Radial un comportamiento estable con fluctuaciones (Figura 21).

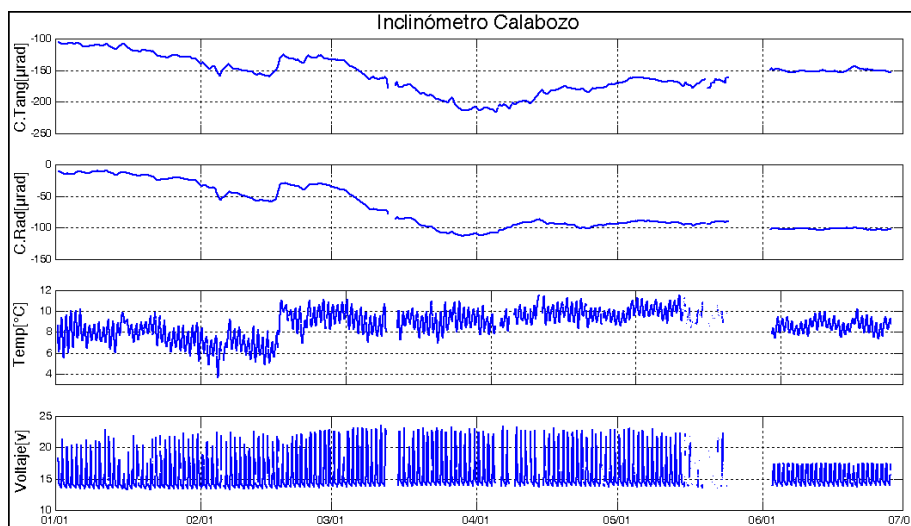


Figura 21. Componentes de inclinación radial (X) y tangencial (Y), junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del sistema de alimentación del inclinómetro Calabozo, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2010 y el 28 de junio de 2010.

El inclinómetro Cobanegra (3,9 Km al sur-sureste del cráter principal, 3610 msnm), muestra un comportamiento estable para sus componentes Tangencial y Radial (Figura 22).

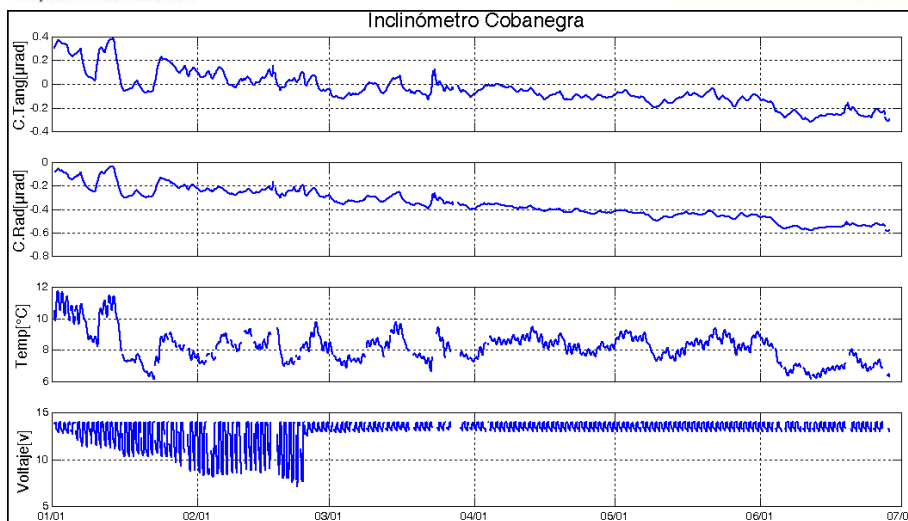


Figura 22. Componentes de inclinación radial (X) y tangencial (Y), junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del sistema de alimentación del inclinómetro Cobanegra, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2010 y el 28 de junio de 2010.

Con relación al monitoreo de las emisiones de Dióxido de Azufre (SO_2) a la atmósfera, provenientes del volcán, las estaciones ScanDOAS (ubicadas en el sector nor-occidental del edificio volcánico) del proyecto NOVAC (<http://www.novac-project.eu/>) en Galeras no registraron datos con flujo de SO_2 ; además, en el transcurso del periodo evaluado no se realizaron mediciones con el instrumento MovilDOAS en la vía circunvalar al Galeras.

En este periodo de evaluación, solamente se registraron emisiones de Dióxido de Azufre (SO_2) para el día 24 de junio, con valores considerados como bajos y detectados a través de una red satelital que monitorea volcanes Colombianos y Ecuatorianos (Figura 23).

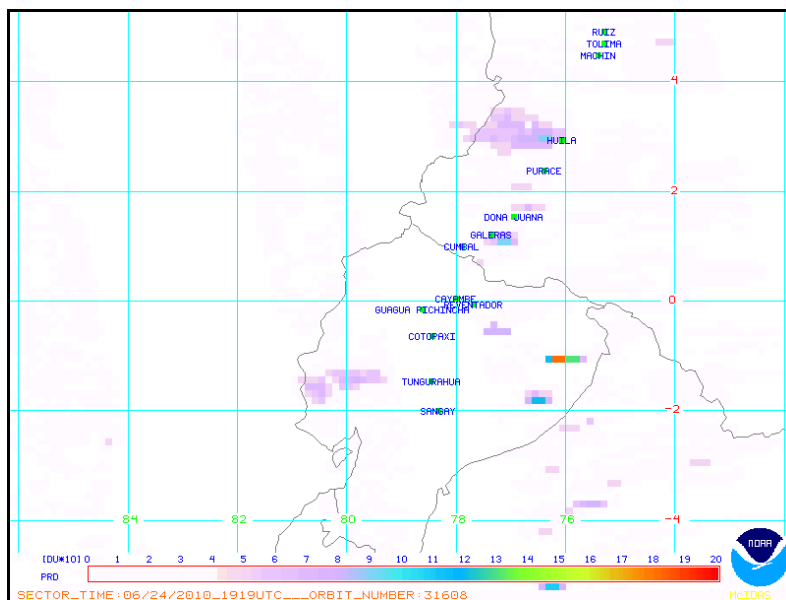


Figura 23. Imagen satelital del 24 de junio de 2010, tomada a las 2:19 p.m. del sector suroccidental de Colombia y del Ecuador.

Respecto a la actividad superficial, se destaca que a pesar con buenas condiciones climáticas durante la mayor parte de la semana, no fue posible evidenciar actividad superficial desde la ciudad de Pasto.



INGEOMINAS
INSTITUTO COLOMBIANO
DE GEOLOGÍA Y MINERÍA
República de Colombia



CONCLUSIONES

- Dentro de fluctuaciones, con niveles bajos de sismicidad y en comparación con las últimas semanas, durante el periodo evaluado se destaca el aumento en la ocurrencia y la energía liberada por los sismos relacionados con dinámica de fluidos. Además, se resalta el registro de dos eventos tipo Tornillo y un Seudotornillo, los cuales evidencian que en el interior del volcán se están dando procesos de recarga de material magmático que facilitan la ocurrencia de este tipo de eventos.
- En cuanto al registro de eventos volcánicos asociados con la dinámica de fluidos en su interior, de fuente transitoria (LP), algunos de ellos se caracterizan por presentar una lenta atenuación de la amplitud en la parte final del evento. Se resalta también el registro de eventos asociados con dinámica de fluidos de fuente persistente (TRE), asociados uno de ellos con procesos de liberación y los otros dos con procesos de recarga de material magmático, por sus características monocromáticas.
- Durante la semana, con las estaciones de la red de Galeras no se registraron emisiones de dióxido de azufre (SO₂) emitidos a la atmósfera.
- Los eventos relacionados con procesos de fracturamiento de material cortical, en su mayoría estuvieron localizados hacia el sector suroriental del edificio volcánico, con profundidades menores a 3 Km y magnitudes locales inferiores a 2 grados en la escala abierta de Richter.
- Pese a que en algunas oportunidades las condiciones climáticas fueron favorables, no se tuvieron reportes de manifestaciones de actividad superficial.
- Si bien la actividad actual en Galeras continúa mostrando cambios, el comportamiento registrado permite pensar en 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”**.