

INGEOMINAS – OBSERVATORIO VULCANOLÓGICO Y SISMOLÓGICO DE PASTO

San Juan de Pasto, 23 de junio de 2010

En la semana comprendida entre el 15 y el 21 de junio 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).

A lo largo del periodo evaluado, si bien se presentaron fluctuaciones, la actividad de Galeras mantuvo niveles bajos de sismicidad, tanto en ocurrencia, como a nivel energético, similares a los reportados en semanas anteriores. La actividad sísmica de Galeras se caracterizó principalmente por el predominio en ocurrencia de eventos asociados con fracturamiento de material cortical o Volcano-tectónicos (VT), además, se resalta la ocurrencia de eventos relacionados con movimiento de fluidos al interior del sistema volcánico de fuente transitoria, llamados de Largo Periodo (LP), por la presencia de características armónicas en su registro y en algunos un decaimiento lento de su amplitud, así como también la ocurrencia de un disparo, registro simultaneo de eventos, en este caso de tres eventos, que de acuerdo a sus características se clasificaron como tipo VT.

En comparación con la semana anterior, el número total de eventos clasificables registrados se mantiene (Tabla 1, Figuras 1 y 2), se observó fluctuaciones entre la ocurrencia de tipo de eventos, principalmente entre eventos tipo VT y eventos relacionados con fracturamiento de material cortical y posterior movimiento de fluido (HYB). De igual manera se destaca un leve descenso de aquellos eventos denominados 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, cercano al 26%. Además, en comparación del periodo evaluado, con la primera semana del mes de junio, comprendida entre el 1 y el 7 de junio, se observó un descenso en ocurrencia de eventos, cercano al 25% (Tabla 1).

En el transcurso de la semana, solo se registro un evento relacionados con la dinámica de fluidos al interior del sistema volcánico, cuya fuente es más persistente en el tiempo (TRE), el cual registró una duración de 4 minutos y 31 segundos.

En la Figura 3 se muestra una comparación en términos porcentuales de la ocurrencia de la sismicidad registrada entre el 25 de mayo y el 21 de junio de 2010. Esta información permite corroborar de manera estadística, las fluctuaciones registradas de la sismicidad volcánica.

Tabla 1. Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Galeras, entre el 25 de mayo y el 21 de junio de 2010, tomando periodos semanales, incluyendo la semana objeto de evaluación, resaltada en color verde.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					
	LPS	HYB	VT	TRE	TOTAL	NO CLASIFICABLES
25-May-10 a 31-May-10	5	1	4	8	18	354
01-Jun-10 a 07-Jun-10	6	10	0	0	16	246
08-Jun-10 a 14-Jun-10	1	6	4	1	12	208
15-Jun-10 a 21-Jun-10	1	4	6	1	12	154

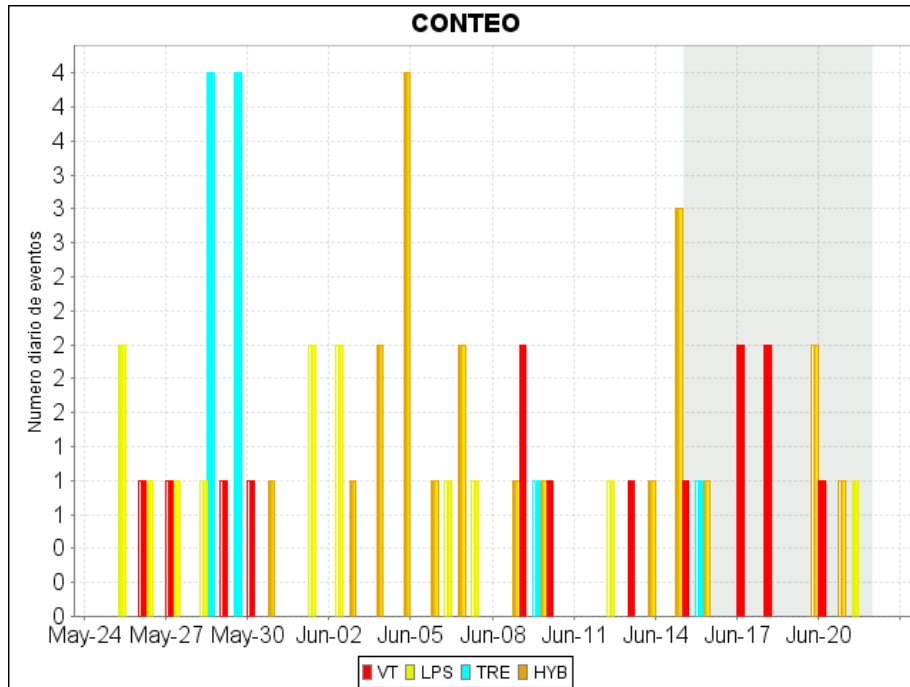


Figura 1. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Galeras, entre el 25 de mayo y el 21 de junio de 2010. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

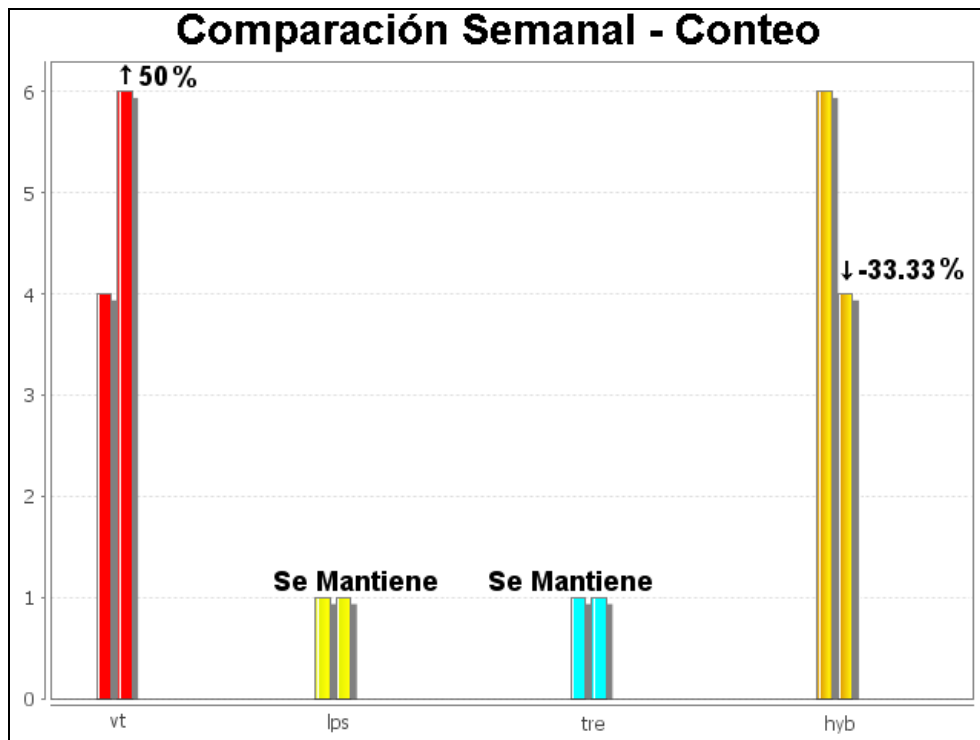


Figura 2. Relación porcentual para Galeras, que compara el número de eventos por tipo ocurridos durante la semana evaluada, comprendida entre el 15 y el 21 de junio de 2010, con respecto a la semana anterior.

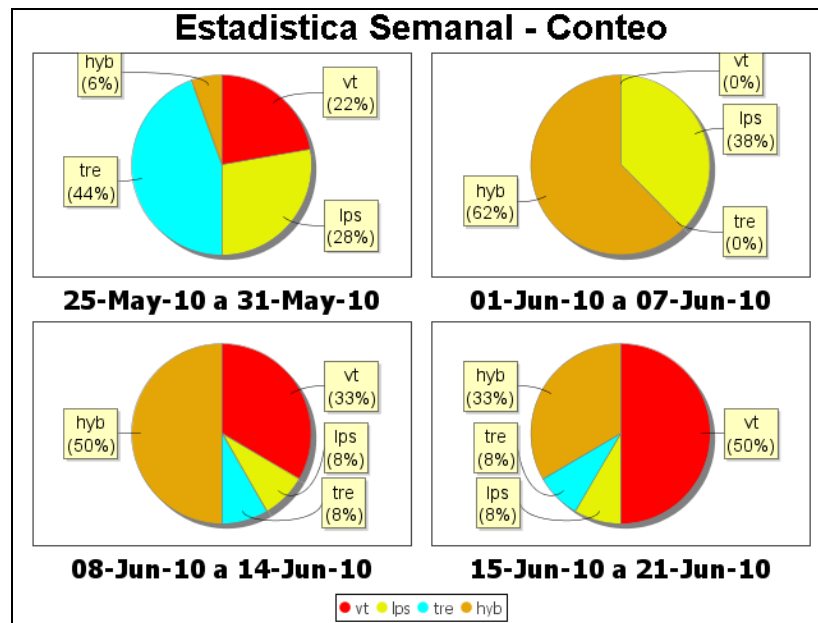


Figura 3. Relación porcentual para Galeras, que compara el número de eventos por tipo ocurridos entre el 25 de mayo y 21 de junio de 2010, tomando periodos semanales.

En cuanto a la liberación diaria de energía, se observó, con respecto al periodo anterior un descenso, cercano al 78%. Para esta semana, el mayor aporte proviene de los eventos tipo VT, en términos generales, todos los eventos registraron disminución en la energía diaria liberada (Tabla 2, Figuras 4 y 5). De los eventos registrados en la semana evaluada, el evento más energético corresponde a un VT ocurrido el 18 de junio, a las 8:35 p.m., con un valor de energía de ondas de cuerpo, estimado en $3.27E+10$ ergios.

En la Figura 6 se muestra la comparación en términos de la energía, de la sismicidad registrada entre el 25 de mayo y el 21 de junio de 2010.

Tabla 2. Energía liberada de ondas de cuerpo por los diferentes tipos de eventos volcánicos, ocurridos en Galeras, entre el 25 de mayo y 21 de junio de 2010, tomando periodos semanales.

Periodo Evaluado	Energía liberada por tipo de evento {ergios}				
	LP	HYB	VT	TRE	TOTAL
25-May-10 a 31-May-10	3.35E+10	3.05E+08	6.11E+10	5.71E+10	1.52E+11
01-Jun-10 a 07-Jun-10	5.24E+11	1.35E+11	0	0	6.59E+11
08-Jun-10 a 14-Jun-10	5.49E+09	7.90E+10	1.62E+11	3.31E+10	2.80E+11
15-Jun-10 a 21-Jun-10	3.69E+09	5.29E+09	4.87E+10	4.26E+09	6.19E+10

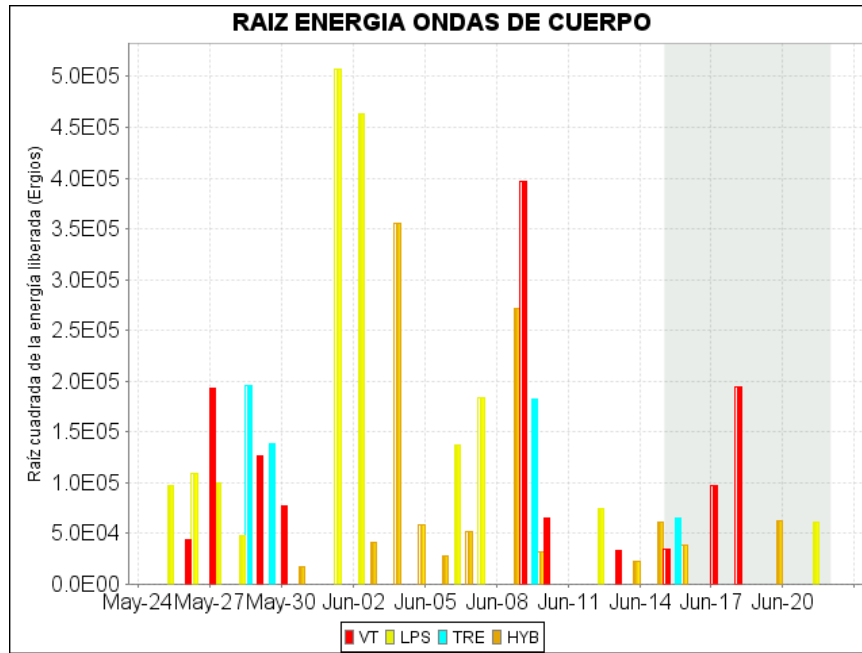


Figura 4. Energía diaria liberada por los eventos volcánicos, según la clasificación del evento (en términos de su raíz cuadrada), ocurridos en Galeras, entre el 25 de mayo y el 21 de junio de 2010.

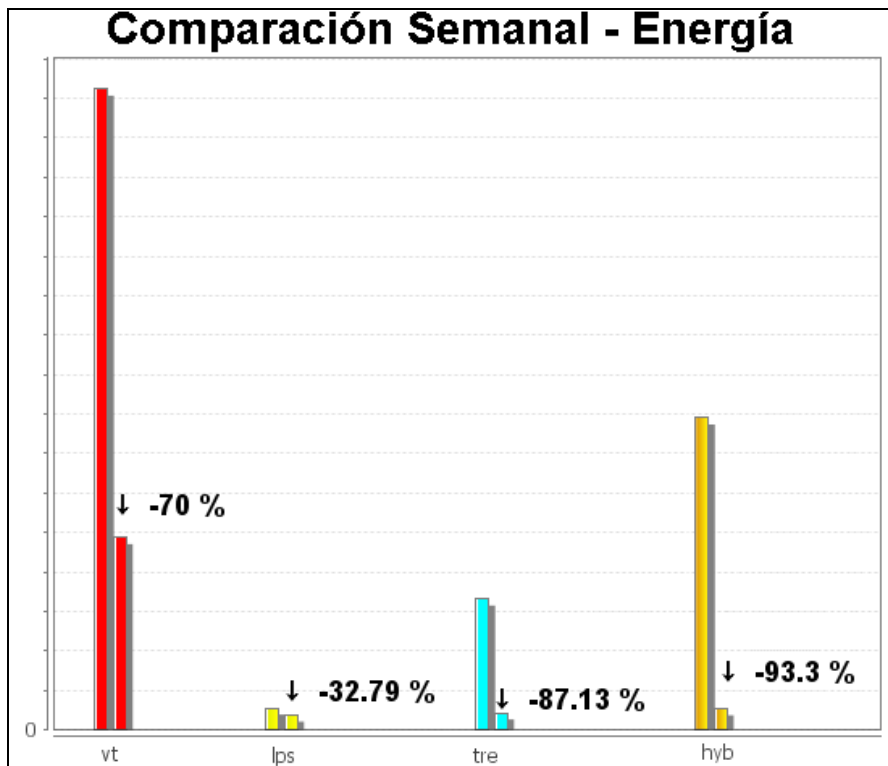


Figura 5. Relación porcentual para Galeras, que compara la energía liberada de eventos por tipo ocurridos durante la semana evaluada, comprendida entre el 15 y el 21 de junio de 2010, con respecto a la semana anterior.

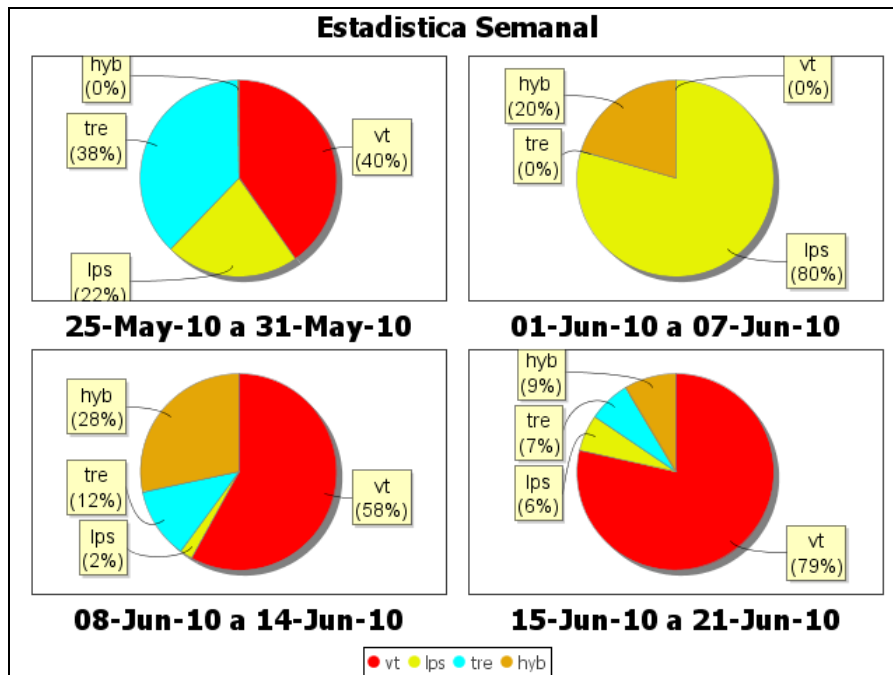


Figura 6. Análisis estadístico comparativo de la energía sísmica liberada por los eventos de Galeras, registrados entre el 25 de mayo y el 21 de junio de 2010, tomando periodos semanales.

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, los cuales tuvieron un registro caracterizado por presentar una lenta atenuación en la parte final del evento, haciendo que estos tengan una coda alargada y algunos de ellos características armónicas, es decir, por mostrar frecuencias dominantes claramente diferenciables en su espectro, como las que se muestran en las Figuras 7 a 9.

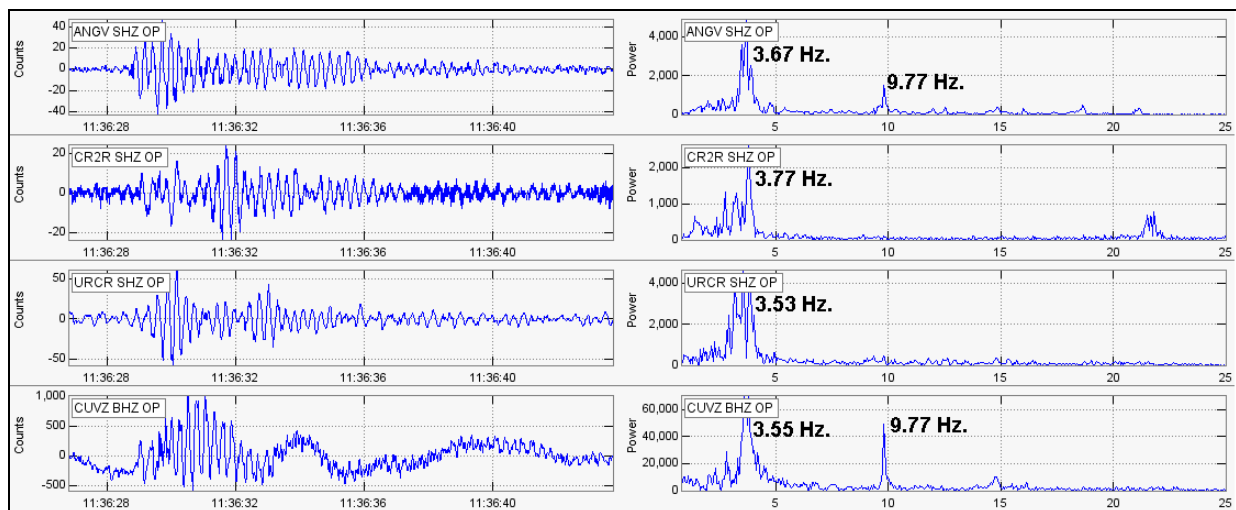


Figura 7. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo LP ocurrido el 15 de junio a las 6:36 a.m. registrado por algunas de las estaciones de monitoreo del volcán Galeras.

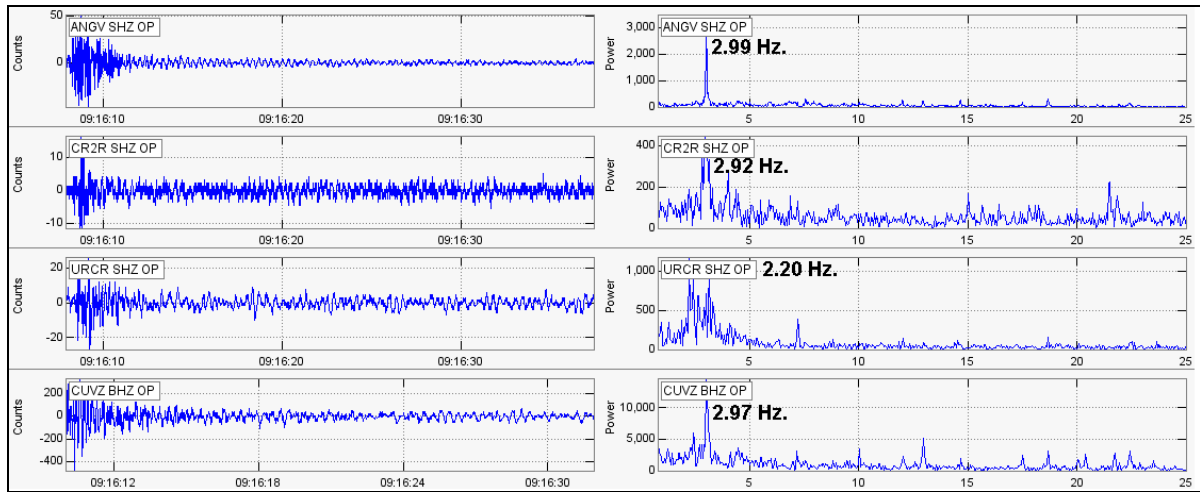


Figura 8. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo LP ocurrido el 18 de junio a las 4:16 a.m. registrado por algunas de las estaciones de monitoreo del volcán Galeras.

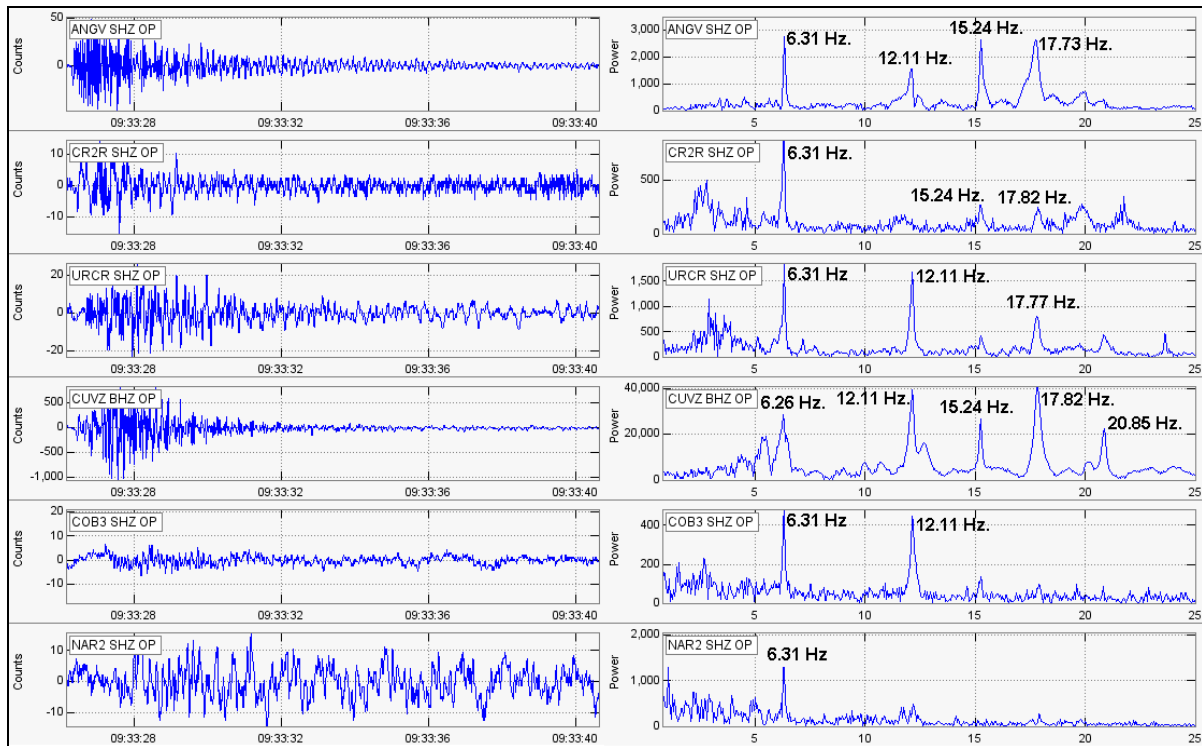


Figura 9. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo LP ocurrido el 19 de junio a las 4:33 a.m., registrado por algunas de las estaciones de monitoreo del volcán Galeras, alcanzando una duración de 17 segundos (ANGV).

También es importante mencionar la ocurrencia de un evento asociado con el incremento de presiones en el sistema volcánico y con condiciones geométricas especiales del medio y que sísmicamente se reflejó en el registro de una señal clasificada como Pseudo-Tornillo (Figura 10).

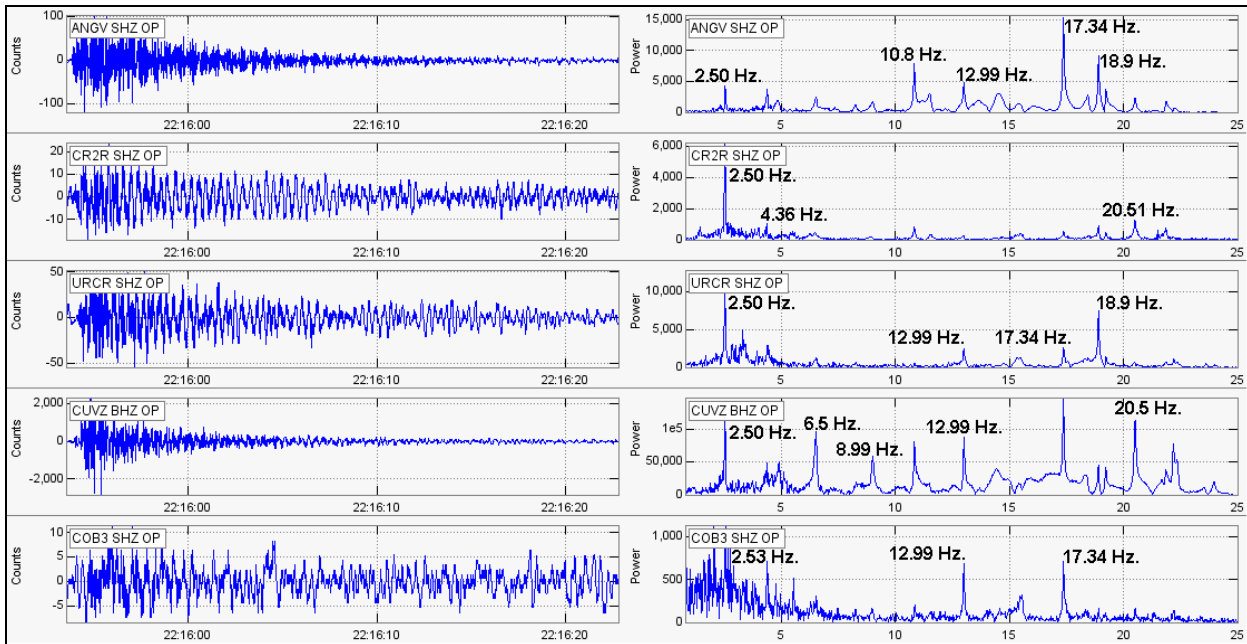


Figura 10. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento clasificado como Pseudo-Tornillo (PST) ocurrido el 21 de junio a las 5:17 a.m., registrado por algunas de las estaciones de monitoreo del volcán Galeras, alcanzando una duración de 35 segundos (ANGV).

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 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 para 23 sismos entre clasificables y no clasificables, 19 tipo VT y 4 de tipo HYB. Además, los eventos tipo VT mostraron un incremento en ocurrencia del 50% en comparación con el número de eventos de la semana anterior (Tabla 1), pero una disminución de su energía (Tabla 2).

Los eventos se localizaron de manera dispersa alrededor del edificio volcánico, ubicados a diferentes distancias epicentrales del cráter principal, las cuales oscilan entre 0.28 y 17.7 km., (Tabla 3, Figura 11), la mayoría de eventos se ubicaron a distancias epicentrales menores de 1 km. Las magnitudes locales de estos sismos fluctuaron entre -0.5 y 1.2 grados en la escala de Richter, 22 de estos eventos registraron magnitudes entre -0.5 y 0.5 grados en la escala de Richter.

Los sismos localizados mostraron profundidades entre 0.14 km., y 15.8 km., tomando como referencia la cima de Galeras. El 70% de estos tuvieron profundidad menor a 5 km., con respecto a la cima volcánica (Tabla 3).

Tabla 3. Parámetros de las localizaciones obtenidos (empleando el método de Geiger, implementado por el programa HYP071) a partir de los registros sísmicos de los principales eventos volcano-tectónicos e híbridos registrados durante la semana comprendida entre el 15 y el 21 de junio de 2010, en Galeras.

FECHA	HORA LOCAL	LATITUD		LONGITUD		PROF. km.	MAGNITUD			No. FASES	GAP	Dist-Min km	RMS	ERH	ERZ	CALIDAD	TIPO EVENTO
		grados	minutos	grados	minutos		Md	ML									
15-Jun-10	12:02 AM	1	13.11	77	21.41	0.55	-0.04	0	11	162	0.6	0.1	0.3	0.5	B1	GVA	
15-Jun-10	2:07 AM	1	12.11	77	23.47	4.12	-0.15	-0.2	8	176	3.3	0.03	0.1	0.2	B1	GVA	
15-Jun-10	2:22 AM	1	12.11	77	23.44	3.9	-0.05	-0.5	10	175	3.4	0.05	0.2	0.4	B1	GVA	
15-Jun-10	2:44 AM	1	15.01	77	13.88	12.39	0.9	0.4	15	319	12.2	0.07	0.9	1.1	C1	GVA	
15-Jun-10	3:14 PM	1	13.8	77	21.1	4.12	0.03	0.1	13	134	0.7	0.05	0.2	0.2	B1	GHD	
16-Jun-10	7:49 AM	1	14.33	77	19.9	8.23	-0.07	-0.3	12	241	2	0.07	0.5	0.3	C1	GVA	
16-Jun-10	8:23 AM	1	7.6	77	22.9	7.93	0.15	-0.1	13	291	7.3	0.06	0.4	0.1	C1	GVA	
16-Jun-10	11:29 PM	1	16.24	77	18.71	8.17	-0.19	-0.1	9	294	5.7	0.05	1	1.5	C1	GVA	
17-Jun-10	1:57 AM	1	13.7	77	21.88	0.59	-0.05	-0.1	5	338	1.5	0.03	0.4	0.7	C1	GHD	
17-Jun-10	6:01 PM	1	13.67	77	22.02	0.53	0	0	9	208	1.7	0.05	0.2	0.7	C1	GVA	
17-Jun-10	7:50 PM	1	13.13	77	21.46	0.25	0.34	0.4	12	168	0.7	0.09	0.2	0.8	B1	GVA	
18-Jun-10	8:35 PM	1	13.71	77	22.07	0.39	-1.74	0.3	6	342	1.8	0.02	0.1	0.4	C1	GVA	
18-Jun-10	8:35 PM	1	13.51	77	22.1	1.48	-1.24	0.5	8	297	1.8	0.06	0.4	0.7	C1	GVA	
18-Jun-10	8:35 PM	1	13.51	77	22.07	2.28	1.41	1.2	10	293	1.7	0.05	0.3	0.2	C1	GVA	
19-Jun-10	4:55 AM	1	13.8	77	20.84	3.3	0	-0.2	10	168	0.4	0.05	0.4	0.2	B1	GVA	
19-Jun-10	10:08 AM	1	13.71	77	21.96	0.5	0.03	0.1	9	293	1.6	0.05	0.2	0.6	C1	GHD	
19-Jun-10	10:11 PM	1	13.33	77	21.82	0.14	0.12	0.1	10	274	1.2	0.03	0.1	0.8	C1	GHD	
20-Jun-10	6:43 AM	1	15.12	77	15.73	14.5	0.26	0.3	15	305	9.3	0.08	1.1	0.8	C1	GVA	
20-Jun-10	7:14 AM	1	15.3	77	18.02	15.84	0.62	0.3	9	291	5.9	0.02	0.6	0.3	C1	GVA	
21-Jun-10	6:22 AM	1	21.34	77	26.38	14.35	0.22	0.4	12	337	13	0.09	1.5	2	C1	GVA	
21-Jun-10	3:54 PM	1	13.45	77	21.27	2.58	-1.46	0	6	237	0.3	0.13	1.7	0.5	C1	GVA	
21-Jun-10	4:57 PM	1	13.14	77	20.21	4.32	-0.13	0.1	7	248	0.3	0.02	0.4	0.2	C1	GVA	
21-Jun-10	9:55 PM	1	13.17	77	21.38	1.61	-0.1	0.3	6	218	0.5	0.03	0.4	0.5	C1	GVA	

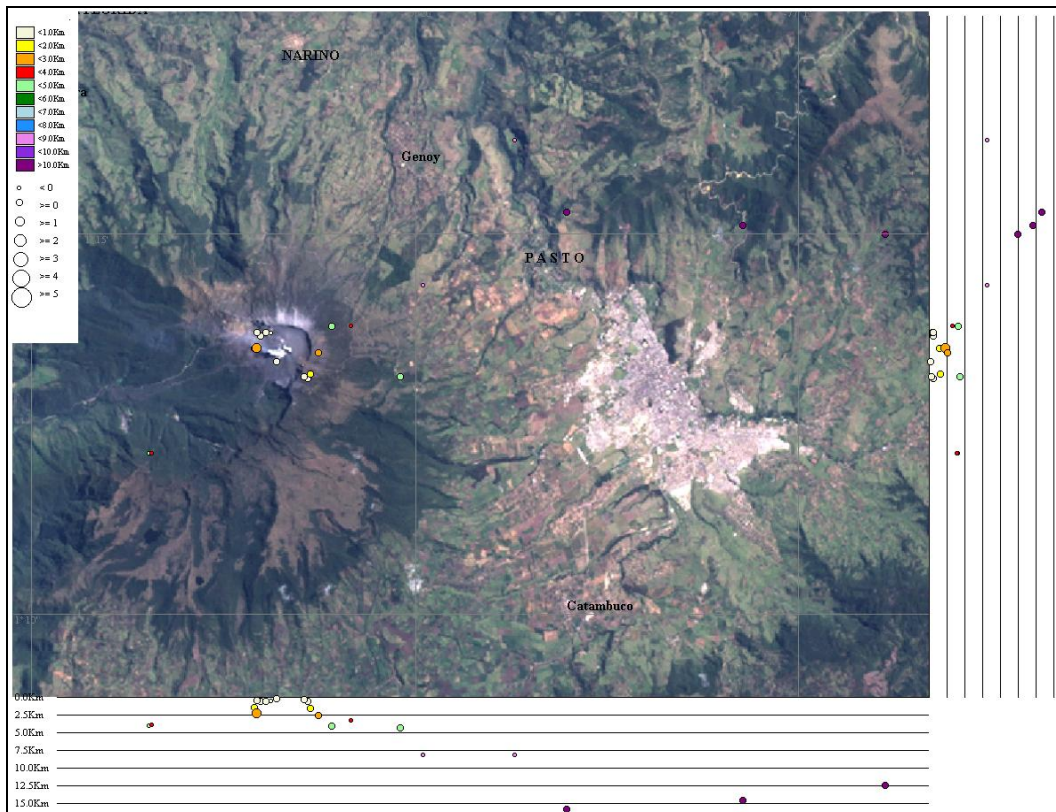


Figura 11. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura e híbridos registrados por algunas estaciones de la red de monitoreo de Galeras, en la semana la semana comprendida entre el 15 y el 21 de junio de 2010, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2.5 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), para la componente Tangencial mostró un comportamiento levemente estable y para su componente Radial un ligero ascenso, el cual desde el 15 de abril de 2010 hasta el 21 de junio de 2010 alcanzó 32 μ rad (Figura 12).
- En inclinómetro Peladitos (ubicado a 1.4 km., al sureste del cráter principal, 3850 msnm), mostró que tanto para la componente Tangencial, como Radial continua el comportamiento ascendente, el cual desde el 1 de enero de 2010 hasta el 21 de junio de 2010 alcanzó 31 μ rad para la componente Tangencial y para la Radial de 10 μ rad (Figura 13).
- El inclinómetro Huairatola (ubicado a 1.7 km., al norte del cráter principal, 3745 msnm), mostró variaciones poco significativas, menores a 4 μ rad, tanto en la componente Radial como Tangencial, por lo que su comportamiento se considera como estable en sus dos componentes (Figura 14).
- 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 levemente estable con pequeñas fluctuaciones, esto tanto para la componente Radial, como Tangencial. (Figura 15).
- 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 continua el comportamiento descendente, el cual desde el 1 de enero de 2010 hasta el 21 de junio de 2010 alcanzó 33 μ rad para la componente Tangencial y para la Radial de 29 μ rad (Figura 16).

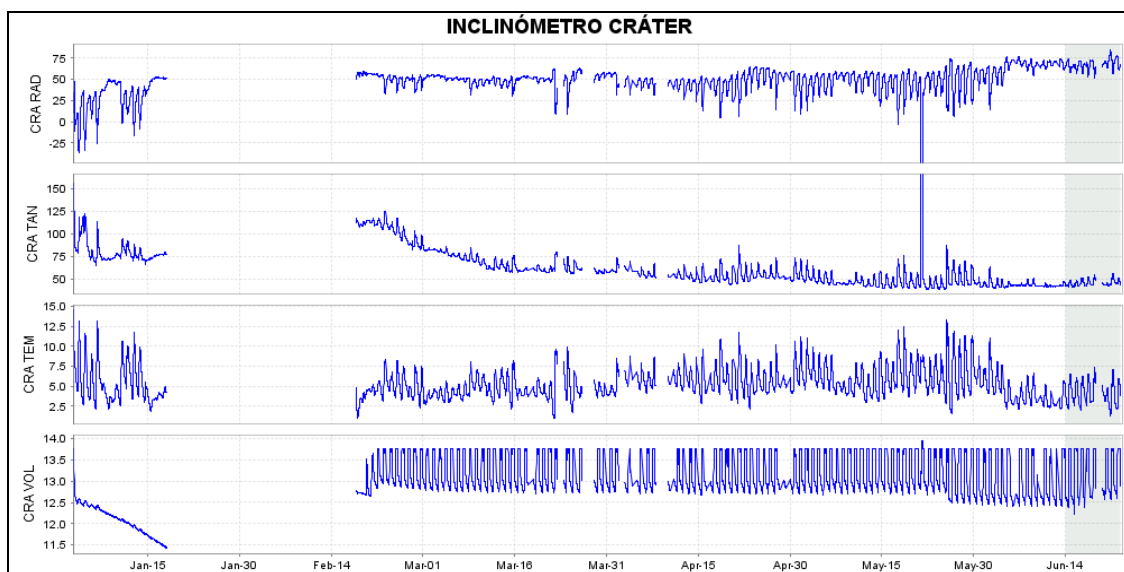


Figura 12. Componentes de inclinación Radial y Tangencial, junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del inclinómetro Cráter, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 21 junio de 2010.

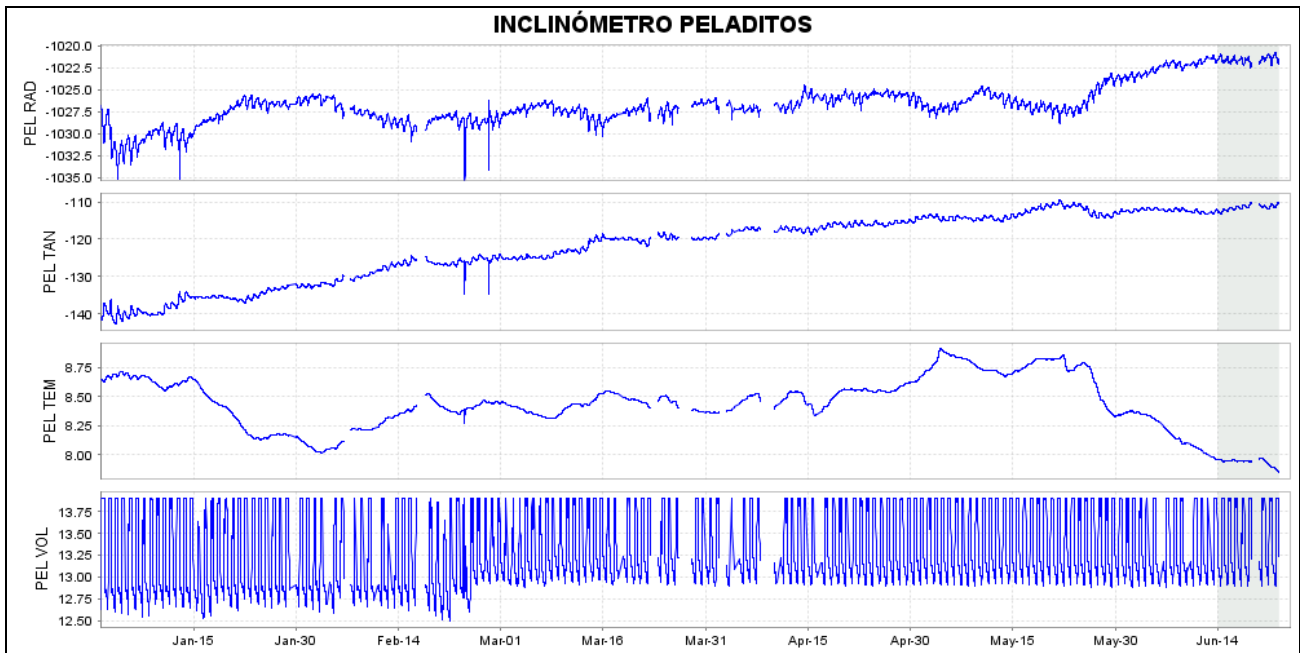


Figura 13. Componentes de inclinación Radial y Tangencial, junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del inclinómetro Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 21 de junio de 2010.

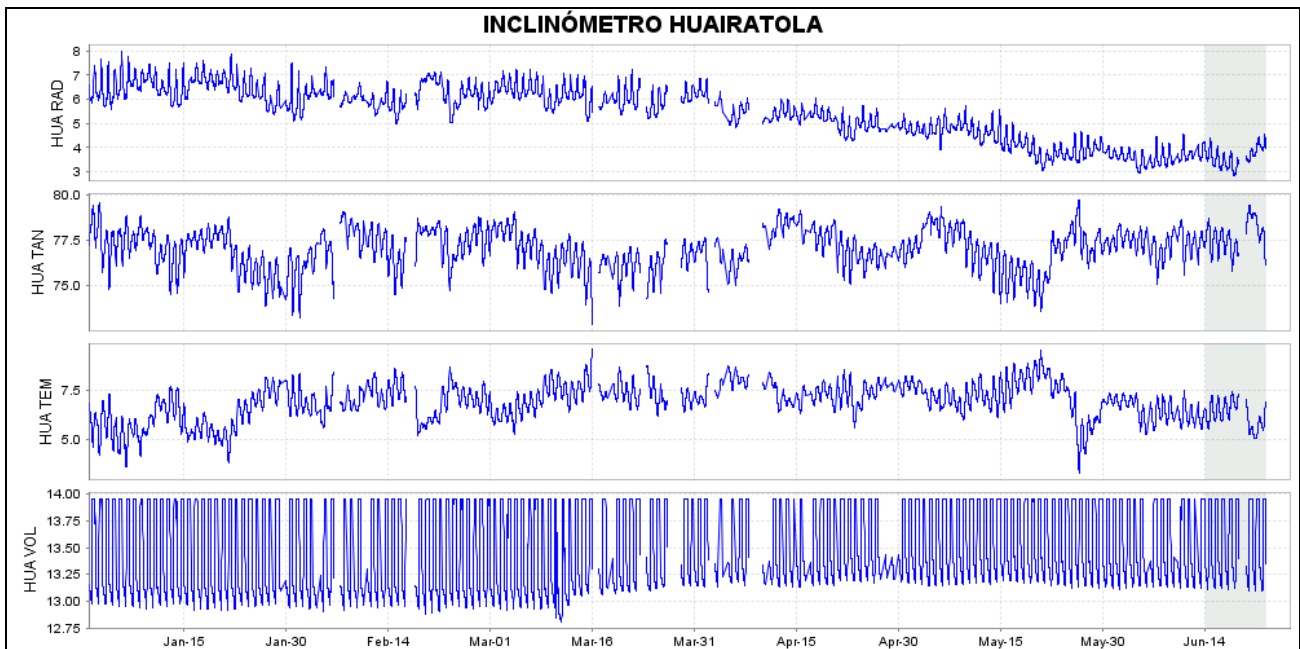


Figura 14. Componentes de inclinación Radial y Tangencial, junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del inclinómetro Huairatola, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 21 de junio de 2010.

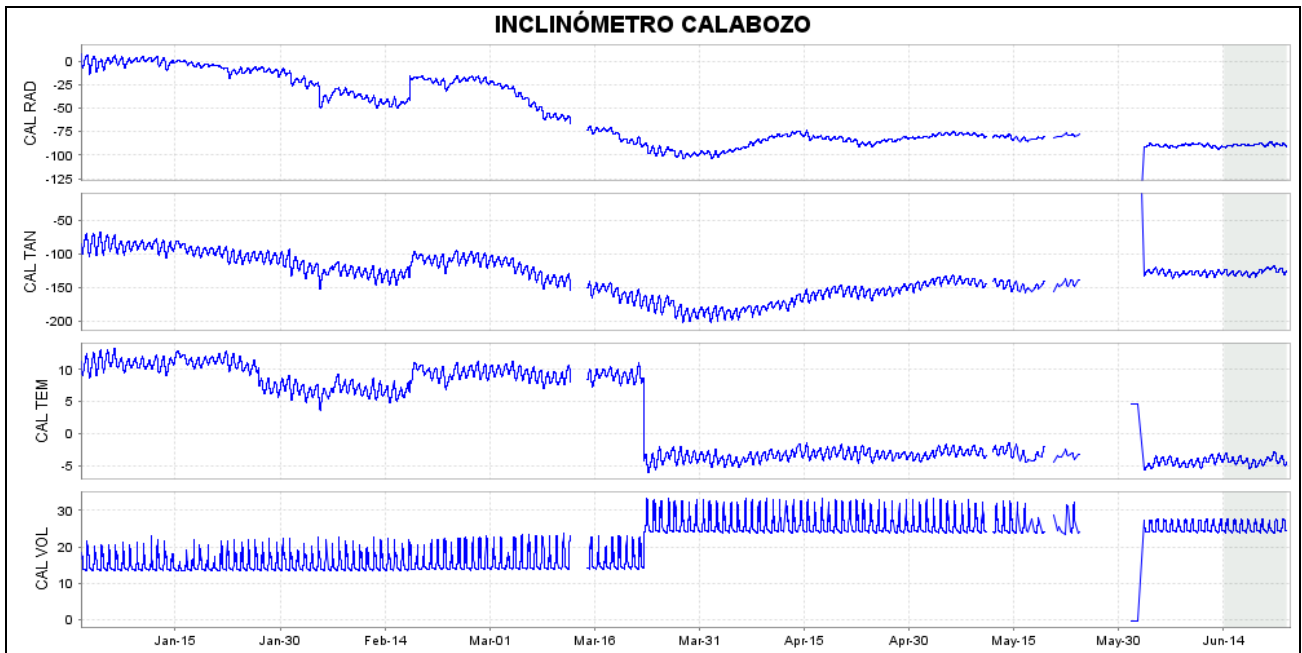


Figura 15. Componentes de inclinación Radial y Tangencial, junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del inclinómetro Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 21 de junio de 2010.

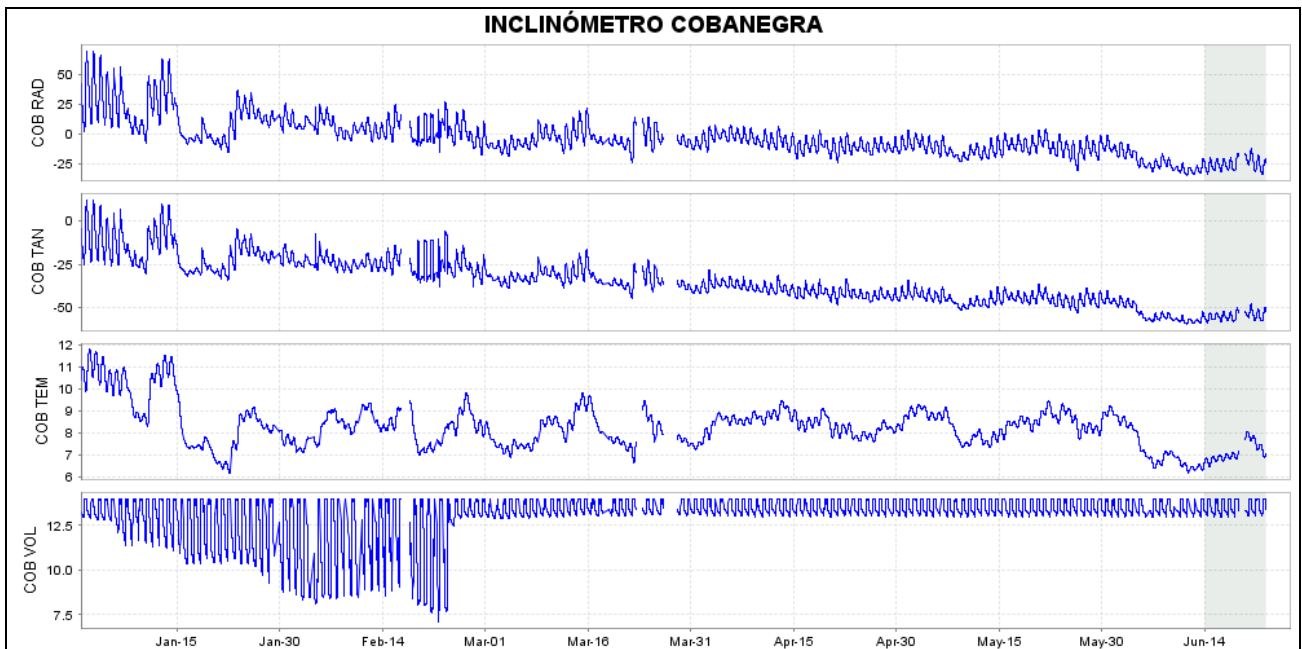


Figura 16. Componentes de inclinación Radial y Tangencial, junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del inclinómetro Cobanegra, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 21 de junio de 2010.

En general, el registro de la red de inclinómetros permite observar que las variaciones en los comportamientos de las componentes Radial y Tangencial de los equipos no son tan pronunciadas.

Se tomó datos de flujo de Dióxido de Azufre (SO₂) emitido por Galeras a la atmósfera, utilizando las estaciones telemétricas permanentes tipo scanDOAS (Differential Optical Absorption Spectrometer) y el instrumento moviDOAS del Proyecto NOVAC (Network for Observation of Volcanic and Atmospheric Change; <http://www.novac-project.eu>) de la Unión Europea del cual INGEOMINAS es partícipe. Las estaciones se localizan en el cuadrante noroccidental de Galeras, debido a que el viento se dirige hacia ese sector durante la mayor parte del año. Mientras la estación climática está por fuera de operación, los datos de velocidad y dirección del viento, necesarios para los cálculos, fueron obtenidos de los reportes del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM). El MoviDOAS se usa para hacer medidas móviles, principalmente en la carretera Circunvalar a Galeras.

De todos los escaneos diarios que hacen las estaciones, se reporta el valor máximo del día, teniendo en cuenta que algunas veces puede haber muchos escaneos y en otras pocos, dependiendo del clima, el enlace de los radios, la rata de emisión, etc. Aún cuando las estaciones scanDOAS funcionaron satisfactoriamente durante la semana en evaluación, no se registraron escaneos con pluma.

De algunos escaneos realizados con el instrumento MoviDOAS, en recorridos por la carretera Circunvalar a Galeras, se tiene que el 15 y el 21 de junio se registraron datos de flujo de SO₂ (Tabla 4).

Tabla 4. Emisiones de SO₂ del volcán Galeras (cuantificadas en términos de flujo de emisión) registradas entre el 15 y el 21 de junio de 2010, por las estaciones ScanDOAS y el instrumento MoviDOAS (Proyecto NOVAC).

FECHA	HORA LOCAL	DIRECCION AZIMUT	VELOCIDAD [m/s]	Máximo flujo SO ₂ diario	Estación de registro	Instrumento
15-Jun-10	01:31 PM	261	7.7	24	Rumipamba - Consacá	MOVILDOAS
21-Jun-10	01:30 PM	244	2.6	13	Consacá - Sandoná	MOVILDOAS

Además se utilizó la información de las imágenes satelitales capturadas por el sensor OMI (Ozone Monitoring Instrument), acoplado al satélite Aura, que es el tercer satélite del Sistema de Observación Terrestre (Earth Observing System) de la NASA, el cual monitorea la presencia de algunos gases en la atmósfera, entre ellos el SO₂; no se tiene registro de concentraciones de SO₂ 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 de la cámara Web instalada en el OVSP. A continuación se presentan las observaciones de mayor relevancia durante el periodo evaluado y algunas imágenes que complementan la descripción:

- El 17 de junio, personal del OVSP, reportó olores fuertes a gases azufrados desde la estación del inclinómetro Cráter, el cual se encuentra ubicado a 0.8 km., al este-noreste del cráter principal. No se logró observar actividad superficial del cráter, debido a la gran nubosidad presente.
- El 21 de junio, por algunos lapsos de tiempo, fue posible evidenciar la salida de gases, obteniendo los siguientes reportes: Primero entre las 7:39 a.m. y las 7:59 a.m., de coloración gris, con dirección hacia el sur, alcanzando una altura de 92 m sobre la cima de Galeras, de igual manera a las 3:25 p.m. y a las 6 de la tarde, fue posible observar emisión de gases de coloración blanca con dispersión en dirección norte, además una comisión del OVSP, desde la población de Consacá, reportó salida de gases de

coloración blanca desde el campo fumarólico Las Deformes y desde el cráter adventicio Chavas, no fue posible evidenciar salida de gas desde el cráter principal debido a la nubosidad presente (Figuras 17, 18 y 19). Estas emisiones observadas fueron de manera pulsátil.



Figura 17. Imágenes de Galeras capturadas el 21 de junio de 2010, desde la sede del OVSP, a las 7:54 a.m. (izquierda) y a las 7:58 a.m. (derecha). En las fotografías se observa emisión de gas a manera de pulsos.



Figura 18. Imagen de Galeras capturada el 21 de junio de 2010, desde la sede del OVSP, a las 3:27 p.m. En la fotografía se observa emisión de gas de coloración blanca.



Figura 19. Imagen de Galeras capturada el 21 de junio de 2010, desde la sede del OVSP, a las 6:09 p.m. En la fotografía se observa emisión de gas de coloración blanca.

CONCLUSIONES

- En niveles bajos de sismicidad, tanto en ocurrencia, como en energía, y en fluctuaciones de la misma, se destacan los registros volcánicos asociados con la dinámica de fluidos en su interior, de fuente transitoria, algunos de ellos se caracterizan por presentar una lenta atenuación de amplitud en la parte final del evento y algunos características espectrales especiales. Adicionalmente, es importante mencionar que se registran lapsos de tiempo con ausencia de sismicidad.
- Durante el periodo evaluado, solamente se registraron emisiones de Dióxido de Azufre (SO₂) para los días 15 y 21 de junio, con valores considerados como bajos para Galeras. Algunas comisiones de Ingeominas durante su trabajo de campo reportaron olores a gases azufrados en la cima volcánica.
- Cuando las condiciones climáticas fueron favorables, fue posible observar emisión de gases, algunas de coloración blanca y otras, gris, con alturas menores a 100 m sobre la cima de Galeras y dispersión tanto hacia el norte, como hacia el sur.
- 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".