



INGEOMINAS – OBSERVATORIO VULCANOLÓGICO Y SISMOLÓGICO DE PASTO

San Juan de Pasto, 5 de mayo de 2010

La evaluación de los diferentes parámetros del monitoreo volcánico de Galeras, en el período comprendido entre el 27 de abril de 2010 y el 3 de mayo de 2010, permitió continuar con el nivel de actividad en Amarillo ■ (III : “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”).

En general, durante la semana evaluada, la actividad de Galeras mantuvo niveles bajos de sismicidad, similares a los reportados en las semanas anteriores, caracterizándose por la disminución en la ocurrencia de eventos relacionados con fracturamiento de material (VT), y un leve aumento en la ocurrencia de eventos relacionados con el movimiento de fluidos de fuente transitoria (LP) y los eventos que involucran fracturamiento de material y posterior movimiento de fluido (HYB) (Tabla 1, Figuras 1, 2, 3). Hasta la fecha de cierre de este informe, se cumplen nueve semanas en las que no se han registrado eventos asociados con movimiento de fluidos de fuente persistente (TRE).

Además, se resalta que durante el lapso de tiempo comprendido entre la mañana del 2 de mayo y la madrugada del 3 de mayo se registró un enjambre de eventos sísmicos, en su mayoría LP e HYB, de los que se contabilizaron un total de 90 eventos, de los cuales 76, corresponden a 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.

En cuanto a la energía sísmica liberada, se observó un aumento para los eventos tipo LP e HYB; mientras que los eventos tipo VT presentaron disminución en su energía (Tabla 2, Figuras 4, 5 y 6).

El mayor aporte en ocurrencia, se dio por parte de los eventos tipo HYB, seguido de los eventos tipo LP (Tabla 1, Figura 2).

Tabla 1. Número de sismos volcánicos por tipo, registrados entre el 6 de abril y el 3 de mayo de 2010, contabilizados por periodos semanales.

| Periodo Evaluado | Número de eventos por tipo | | | | | |
|-----------------------|----------------------------|-----|----|-----|-------|------------------|
| | LPS | HYB | VT | TRE | TOTAL | NO CLASIFICABLES |
| 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 |
| 20-Apr-10 a 26-Apr-10 | 2 | 12 | 7 | 0 | 21 | 190 |
| 27-Apr-10 a 03-May-10 | 6 | 18 | 2 | 0 | 26 | 212 |

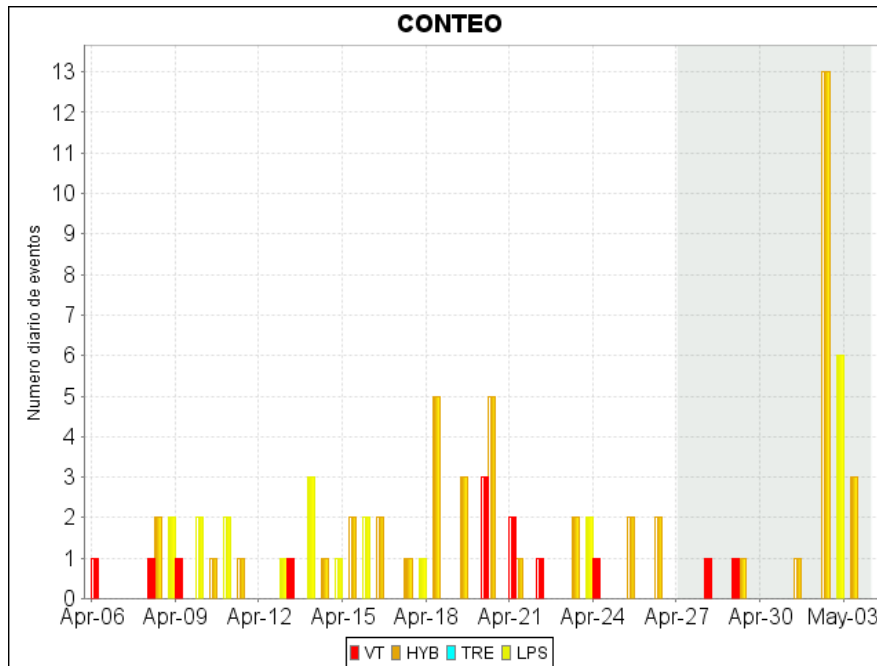


Figura 1. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos entre el 6 de abril y el 3 de mayo de 2010. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

Estadística Semanal

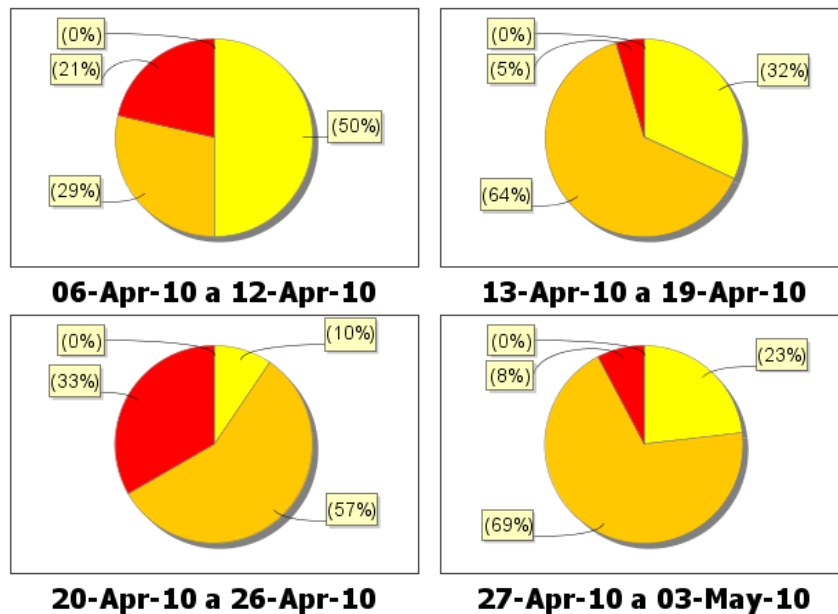


Figura 2. Porcentajes del número de eventos por tipo para los últimos cuatro periodos semanales, incluyendo el evaluado en este informe.

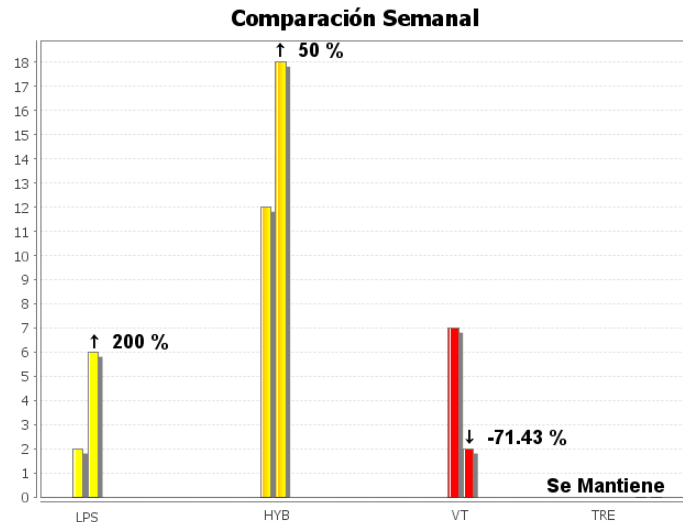


Figura 3. Comparación de la ocurrencia sísmica por tipo de evento, para los dos últimos periodos semanales, incluyendo el evaluado en este informe.

EN comparación con la semana del 20 al 26 de abril, los niveles de energía sísmica liberada registraron un aumento para los eventos tipo LP e HYB (Tabla 2, Figura 4), siendo estos primeros los que liberaron mayor cantidad de energía, aportando un 58% del total de la semana; seguido por los eventos tipo LP, con un 28% (Tabla 2, Figura 5, Figura 6).

Tabla 2. Energía liberada de sismos volcánicos por tipo, registrada entre el 6 de abril y el 3 de mayo de 2010, contabilizados por periodos semanales

| Periodo Evaluado | Energía (ergios) por tipo de evento | | | | |
|-----------------------|-------------------------------------|----------|----------|-----|----------|
| | LPS | HYB | VT | TRE | TOTAL |
| 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 |
| 20-Apr-10 a 26-Apr-10 | 5.34E+10 | 3.59E+10 | 1.42E+11 | 0,0 | 2.31E+11 |
| 27-Apr-10 a 03-May-10 | 8.54E+10 | 4.11E+10 | 2.12E+10 | 0,0 | 1.48E+11 |

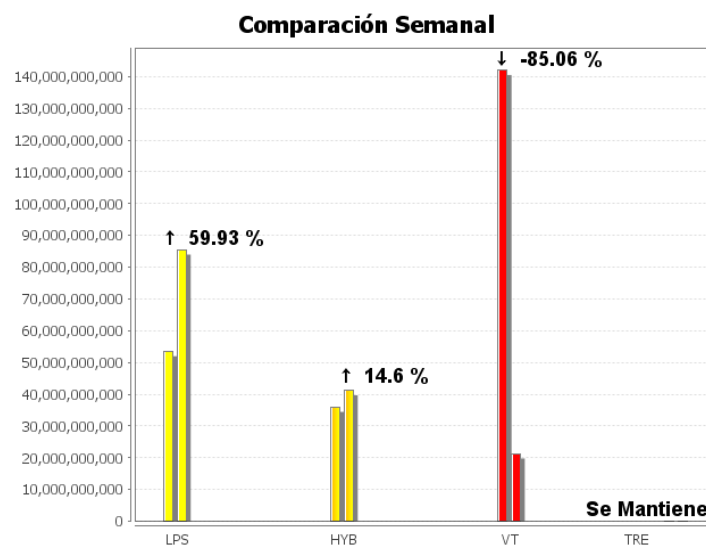


Figura 4. Comparación, entre las dos últimas semanas, de energía sísmica liberada por tipo de evento.

Estadística Semanal

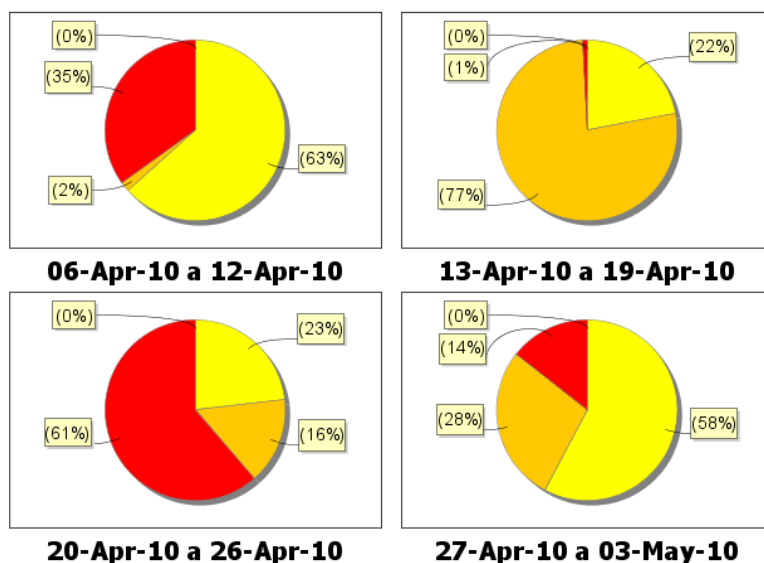


Figura 5. Porcentajes de energía sísmica por tipo de evento para los últimos cuatro periodos semanales, incluyendo el evaluado en este informe.

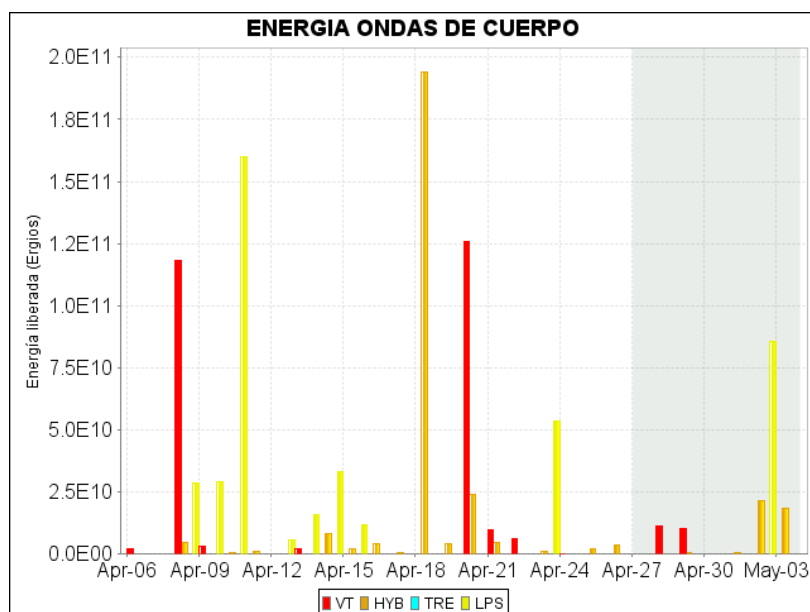


Figura 6. Histograma de la energía liberada de eventos volcánicos por tipo, registrada entre el 6 de abril y el 3 de mayo de 2010. El recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

De la sismicidad asociada con la dinámica de fluidos al interior del sistema volcánico, registrada entre el 27 de abril y el 3 de mayo de 2010, se destacan 5 eventos tipo LP, el primero de los cuales se registró el 28 de abril de 2010 a las 12:14 a.m. y presentó una frecuencia dominante alrededor de los 2,3 Hz. Los otros cuatro eventos se registraron el 2 de mayo de 2010 a las 3:10 p.m, 5:34 p.m, 6:31 p.m y a las 10:35 p.m, con frecuencias dominantes cercanas a 3,3 Hz, 10,2 Hz, 12,6 Hz y 10,1 Hz respectivamente. Los eventos de 5:34 p,m y 10:35 p.m se registraron únicamente en la estación sismológica de corto periodo



Anganoy (ANGV). Las figuras 7, 8, 9 y 10 muestran los sismogramas y los espectros en frecuencia de cuatro de los eventos mencionados anteriormente.

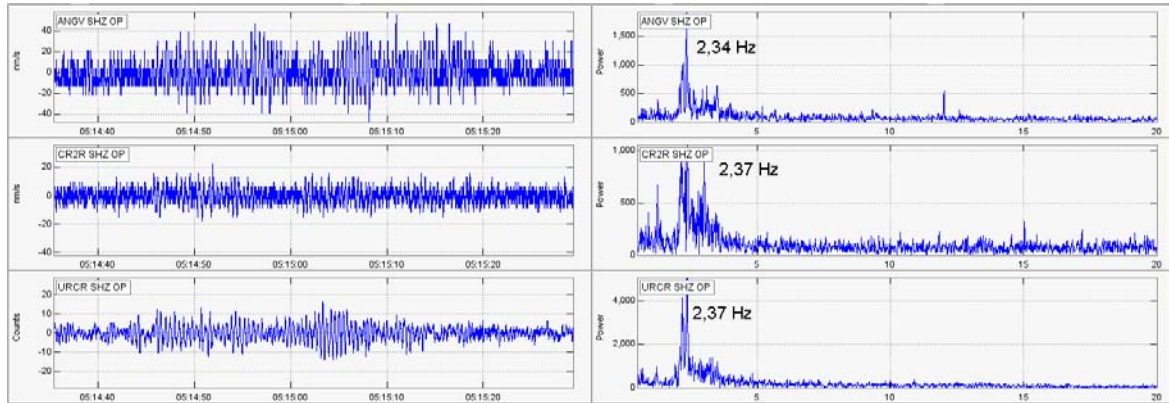


Figura 7. Evento tipo LP registrado el 28 de abril de 2010 a las 12:14 a.m. Izquierda: Sismograma digital y Derecha: Espectro de Fourier.

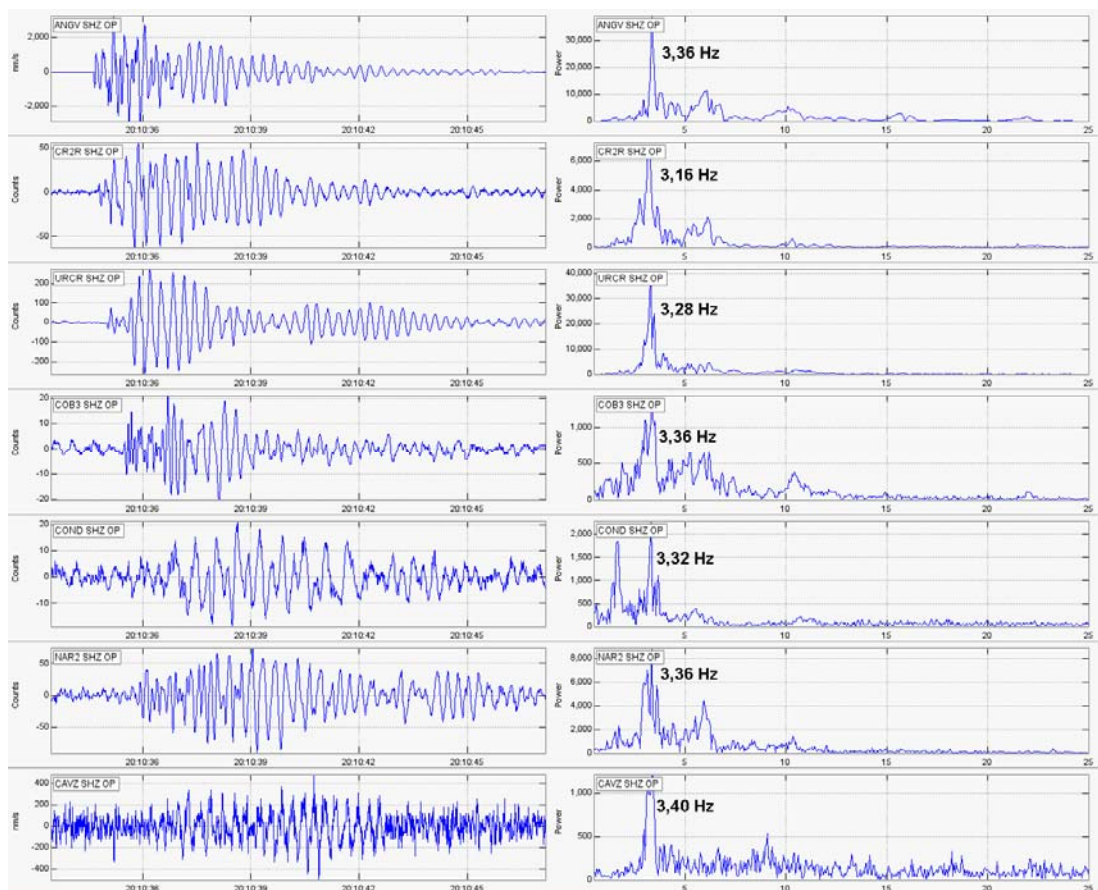


Figura 8. Evento tipo LP registrado el 2 de mayo de 2010 a las 3:10 p.m. Izquierda: Sismograma digital y Derecha: Espectro de Fourier.

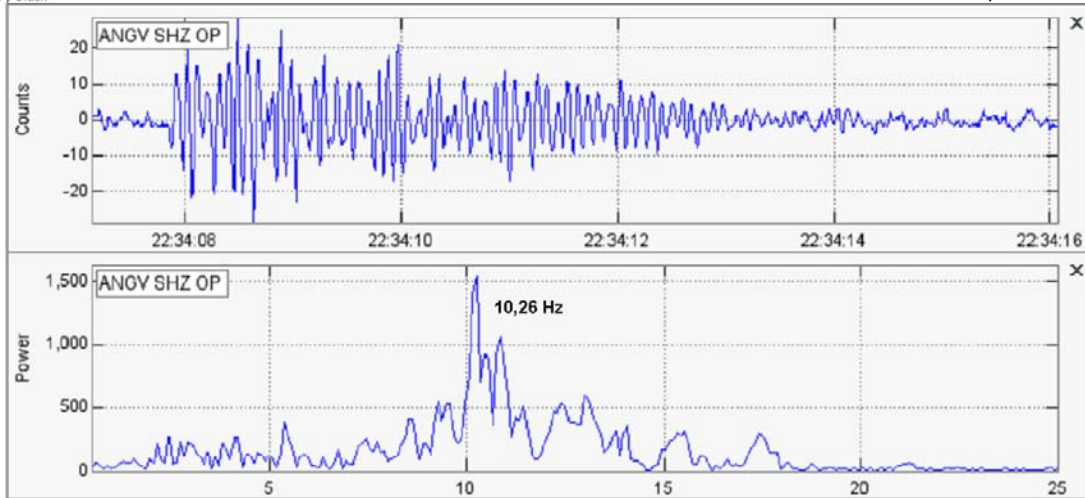


Figura 9. Evento tipo LP registrado el 2 de mayo de 2010 a las 5:34 p.m. Arriba: Sismograma digital y Abajo: Espectro de Fourier.

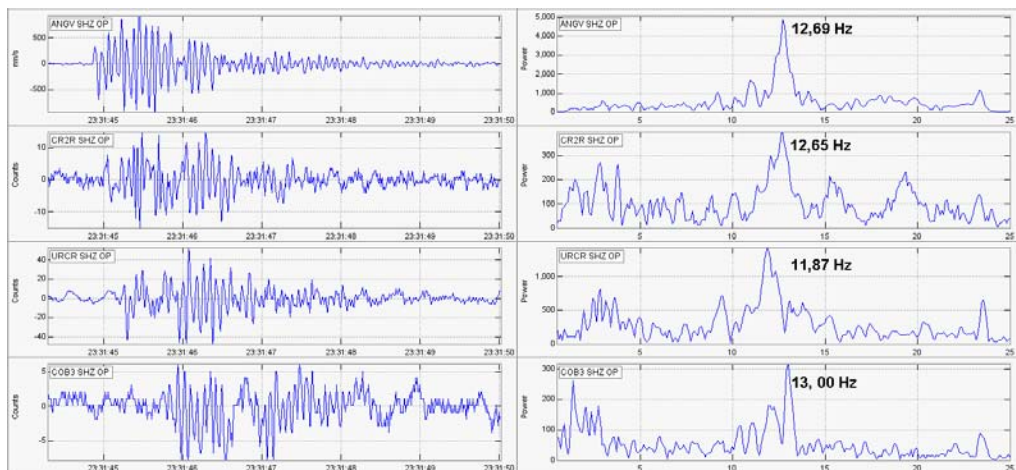


Figura 10. Evento tipo LP registrado el 2 de mayo de 2010 a las 6:31 p.m. Izquierda: Sismograma digital y Derecha: Espectro de Fourier.

Durante el periodo evaluado se destaca también la ocurrencia de una serie de eventos (en total 90), en su mayoría eventos tipo LP y otros tipo HYB, los cuales se registraron a partir del 2 de mayo de 2010 hacia las 10:50 a.m hasta la madrugada del 3 de mayo de 2010 hacia las 3:00 a.m; de ellos 14 alcanzaron el umbral de clasificación (amplitud mínima que debe cumplir un evento sísmico en la estación de referencia ANGV para ser considerado como clasificable), mientras que 76 de estos eventos fueron no clasificables (Figura 11).

Respecto a los sismos que involucran fracturamiento de material cortical y 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, fue posible obtener una solución de localización para 26 de estos eventos, 14 de los cuales corresponden a eventos tipo VT y 12 a eventos tipo HYB.

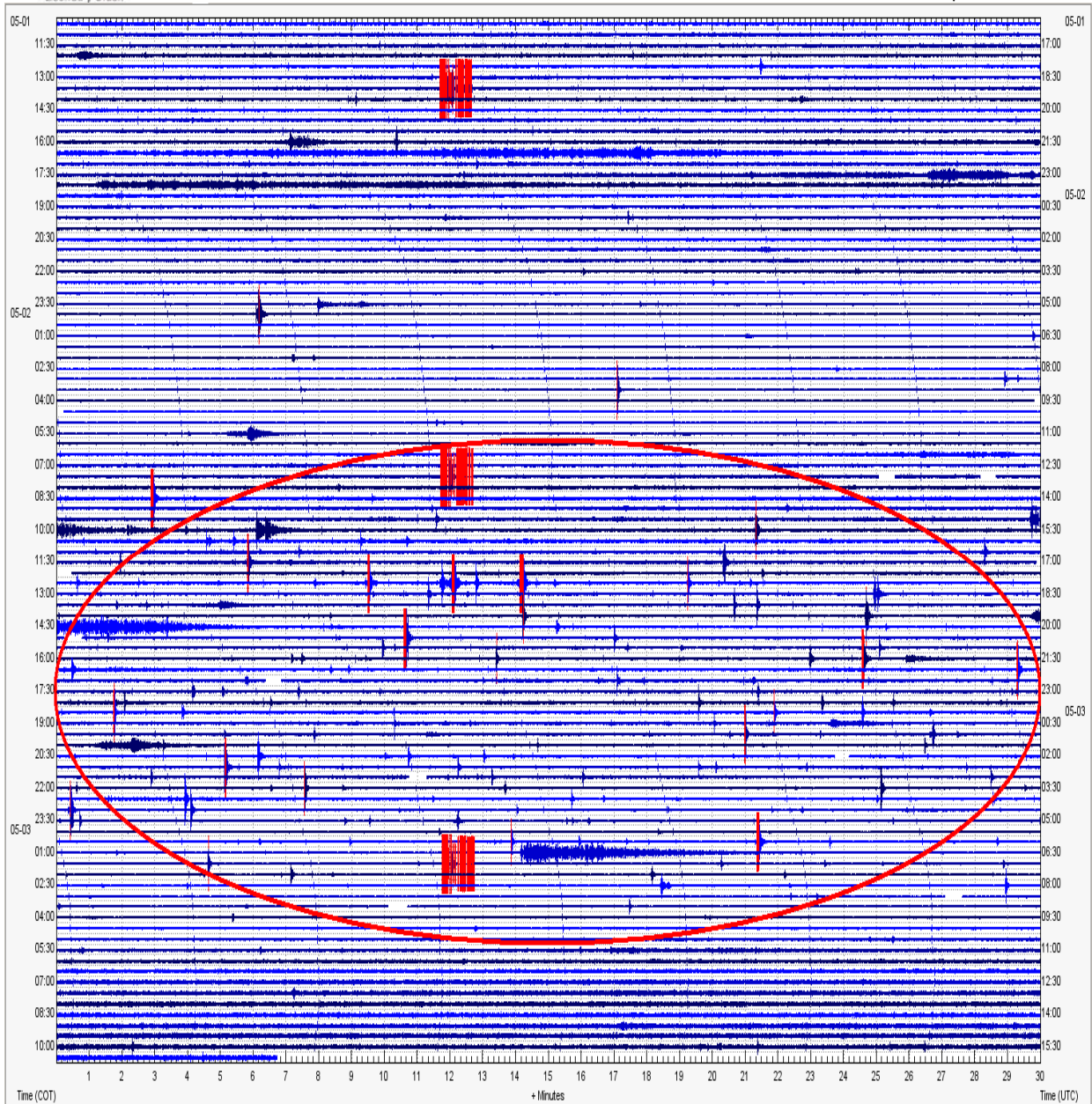


Figura 11. Sismograma entre el 1 y el 3 de mayo de 2010 de la estación Anganoy (ANGV). El óvalo rojo resalta la ocurrencia de eventos sísmicos clasificables y no clasificables registrados entre la mañana del 2 y la madrugada del 3 de mayo de 2010.

A partir de los parámetros de localización de los eventos VT e HYB, consignados en la tabla 3 y la figura 12 se puede apreciar una distribución predominante de los epicentros que va de sureste a noroeste, con profundidades que oscilan entre 0,1 y 10,4 Km; aunque la mayoría de eventos se registraron en profundidades menores a 3 Km, con respecto a la cima de Galeras. Las magnitudes de los sismos localizados se calcularon en un rango entre $-0,2$ y $0,7$ grados en la escala de Richter.



Tabla 3. Parámetros de localización de sismos asociados con fracturamiento de material cortical e híbridos, registrados entre el 27 de abril y el 3 de mayo de 2010.

| Fecha | Hora | Latitud | | Longitud | | Prof. (Km) | Magnitud Coda | Magnitud Local | # Fases | GAP | Dist. Min | RMS | ERH | ERZ | Calidad | Tipo |
|------------|----------|---------|-------|----------|-------|---------------|------------------|-------------------|------------|-----|--------------|------|-----|-----|---------|------|
| | | ° | ' | ° | ' | | | | | | | | | | | |
| 27/04/2010 | 03:08:47 | 1 | 9.34 | 77 | 22.82 | 7,1 | 0,1 | -0,5 | 5 | 331 | 5.2 | 0 | 0.1 | 0.1 | C1 | GVA |
| 28/04/2010 | 09:45:27 | 1 | 14.43 | 77 | 23.04 | 1,7 | 0,3 | -0,2 | 6 | 248 | 4 | 0.03 | 0.7 | 0.8 | C1 | GVA |
| 28/04/2010 | 17:09:56 | 1 | 13.04 | 77 | 21.49 | 1,3 | 0,4 | 0,7 | 8 | 127 | 0.8 | 0.04 | 0.2 | 0.3 | B1 | GVA |
| 28/04/2010 | 20:01:45 | 1 | 14 | 77 | 21.62 | 0,5 | -0,4 | -0,5 | 5 | 310 | 1.5 | 0.03 | 0.3 | 0.7 | C1 | GVA |
| 29/04/2010 | 07:17:55 | 1 | 13.45 | 77 | 21.9 | 0,7 | -0,3 | 0,4 | 10 | 204 | 1.4 | 0.02 | 0.1 | 0.2 | C1 | GVA |
| 01/05/2010 | 01:06:08 | 1 | 13.19 | 77 | 18.13 | 8,3 | 0,3 | -0,7 | 7 | 283 | 4 | 0.07 | 1.2 | 0.9 | C1 | GVA |
| 01/05/2010 | 01:51:32 | 1 | 15.46 | 77 | 22.74 | 6,1 | 0,6 | -0,5 | 6 | 337 | 4.9 | 0.16 | 5 | 4.5 | D1 | GVA |
| 01/05/2010 | 02:28:13 | 1 | 13.36 | 77 | 21.85 | 0,2 | 0,1 | -0,3 | 8 | 291 | 1.3 | 0.02 | 0.1 | 0.9 | C1 | GHD |
| 01/05/2010 | 04:15:16 | 1 | 12.75 | 77 | 23.08 | 3,3 | 0,5 | 0,1 | 15 | 116 | 2.3 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | B1 | GVA |
| 01/05/2010 | 04:20:08 | 1 | 12.98 | 77 | 23.18 | 2,9 | 0,7 | -0,1 | 11 | 126 | 2.7 | 0.12 | 0.4 | 1 | B1 | GVA |
| 01/05/2010 | 04:38:20 | 1 | 12.68 | 77 | 23.18 | 4 | 0,4 | -0,2 | 12 | 116 | 2.1 | 0.21 | 0.6 | 1 | B1 | GVA |
| 01/05/2010 | 04:39:11 | 1 | 12.84 | 77 | 22.63 | 3,1 | 0,2 | -0,5 | 8 | 116 | 2.6 | 0.17 | 0.8 | 1.7 | B1 | GVA |
| 01/05/2010 | 06:09:02 | 1 | 17.71 | 77 | 20.46 | 2,2 | 0,6 | 0,1 | 10 | 338 | 8.1 | 0.04 | 1.5 | 0.6 | C1 | GVA |
| 01/05/2010 | 12:51:24 | 1 | 11.15 | 77 | 19.57 | 3,1 | 0,0 | -0,1 | 9 | 217 | 0.6 | 0.04 | 0.3 | 0.2 | C1 | GHD |
| 01/05/2010 | 16:10:15 | 1 | 14.44 | 77 | 19.52 | 10,4 | 0,8 | -0,3 | 10 | 307 | 3 | 0.05 | 0.6 | 0.4 | C1 | GVB |
| 02/05/2010 | 03:47:05 | 1 | 13.29 | 77 | 21.83 | 0,3 | -0,2 | -0,3 | 6 | 285 | 1.2 | 0.03 | 0.1 | 0.5 | C1 | GHD |
| 02/05/2010 | 12:49:13 | 1 | 13.96 | 77 | 22.33 | 0,7 | 0,2 | -0,4 | 6 | 323 | 2.4 | 0.06 | 0.2 | 0.7 | C1 | GHD |
| 02/05/2010 | 13:50:37 | 1 | 14.47 | 77 | 22.81 | 1,4 | 0,3 | -0,2 | 6 | 333 | 3.7 | 0.15 | 2.7 | 6.9 | D1 | GHD |
| 02/05/2010 | 14:14:11 | 1 | 14.74 | 77 | 23.21 | 0,9 | 0,5 | -0,1 | 6 | 337 | 4.6 | 0.08 | 0.7 | 3.2 | C1 | GHD |
| 02/05/2010 | 16:13:22 | 1 | 13.89 | 77 | 22.24 | 2,2 | -0,2 | -0,4 | 6 | 321 | 2.2 | 0.06 | 0.9 | 1 | C1 | GHD |
| 02/05/2010 | 18:19:32 | 1 | 14.05 | 77 | 22.29 | 0,8 | 0,2 | -0,6 | 6 | 323 | 2.4 | 0.04 | 0.1 | 0.4 | C1 | GVA |
| 02/05/2010 | 19:50:56 | 1 | 14.71 | 77 | 23.21 | 0,6 | 0,4 | -0,2 | 6 | 337 | 4.5 | 0.03 | 0.3 | 2.3 | C1 | GHD |
| 02/05/2010 | 19:56:41 | 1 | 15.2 | 77 | 22.9 | 1,2 | 0,1 | -0,6 | 6 | 337 | 4.7 | 0.1 | 0.9 | 3.5 | C1 | GHD |
| 02/05/2010 | 20:26:26 | 1 | 14.53 | 77 | 23.09 | 1,9 | 0,2 | -0,5 | 6 | 336 | 4.2 | 0.06 | 1.6 | 3.1 | C1 | GHD |
| 02/05/2010 | 23:04:04 | 1 | 13.22 | 77 | 21.48 | 0,2 | -0,4 | -0,2 | 9 | 170 | 0.6 | 0.08 | 0.2 | 0.8 | B1 | GHD |
| 03/05/2010 | 00:51:20 | 1 | 13.16 | 77 | 21.28 | 0,1 | 0,0 | 0,7 | 10 | 121 | 0.4 | 0.1 | 0.3 | 1.8 | B1 | GHD |

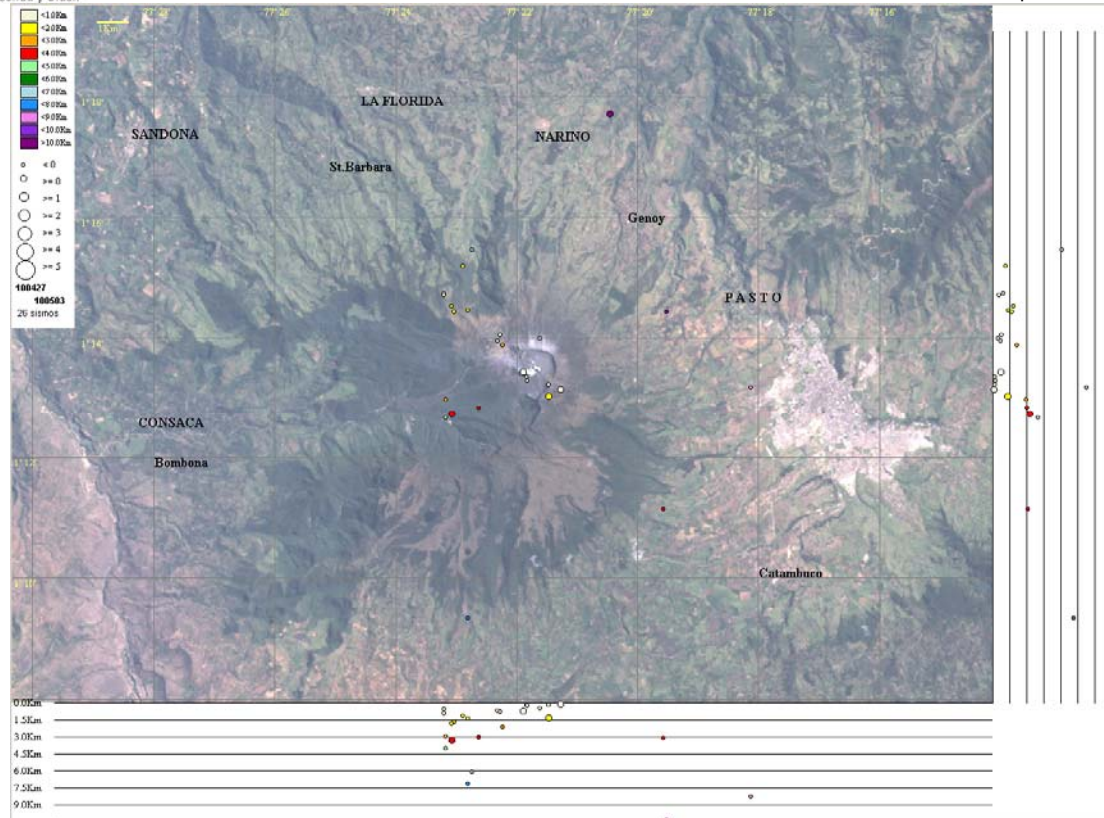


Figura 12. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura e híbridos registrados entre el 27 de abril de 2010 y el 3 de mayo de 2010, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 1,5 Km de profundidad, el tamaño de los círculos que representan 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 sus componentes Tangencial y Radial, similar al reportado en la semana anterior (Figura 13).

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 pero que a finales de marzo y comienzo de abril tiende a estabilizarse. En cuanto a la componente radial de peladitos, se observan pequeñas variaciones que se asemejan al comportamiento del canal de temperatura (Figura 14).

Las componentes tangencial y radial del inclinómetro Huairatola (1,7 Km al norte del cráter principal, 3745 msnm) mostraron estabilidad (Figura 15).

El inclinómetro Calabozo (6,8 Km al oeste-suroeste del cráter principal, 2350 msnm), desde finales de marzo e inicios de abril, tanto su componente tangencial como radial muestran variaciones que hasta el 3 de mayo acumulan un cambio de 50 y 20 μ rad respectivamente



(Figura 16), las cuales muy probablemente pueden estar asociadas con cambios en la temperatura.

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 17).

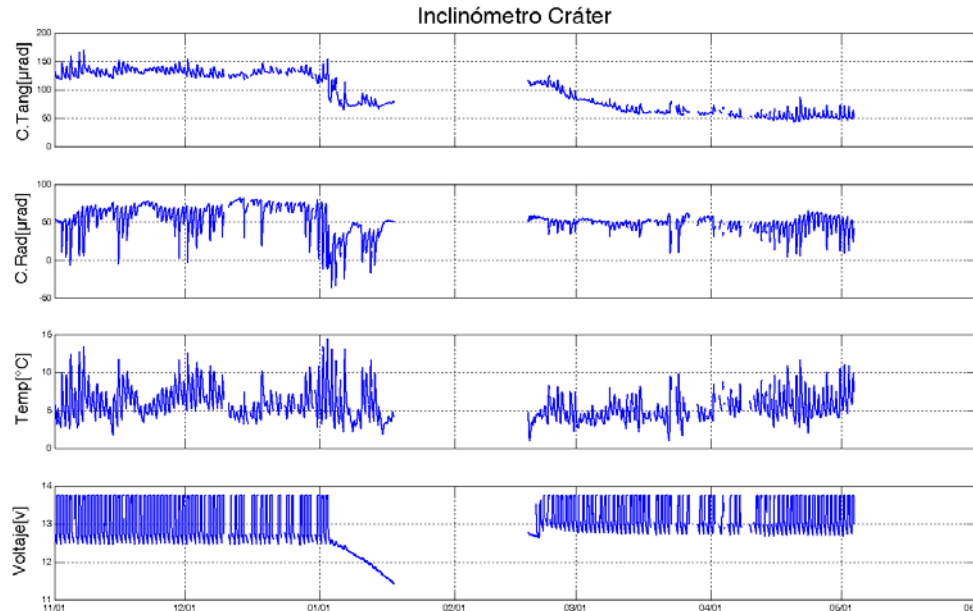


Figura 13. Componentes de inclinación radial (Y) y tangencial (X) junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del sistema de alimentación del inclinómetro Cráter, para el periodo comprendido entre el 1 de noviembre de 2009 y el 3 de mayo de 2010.

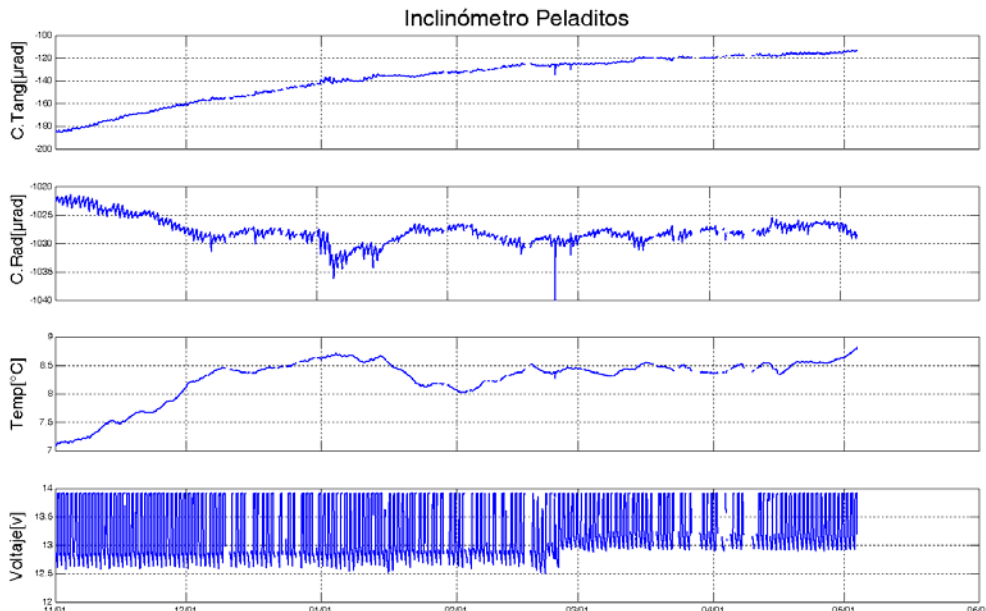


Figura 14. Componentes de inclinación radial (Y) y tangencial (X) junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del sistema de alimentación del inclinómetro Peladitos, para el periodo comprendido entre el 1 de noviembre de 2009 y el 3 de mayo de 2010.

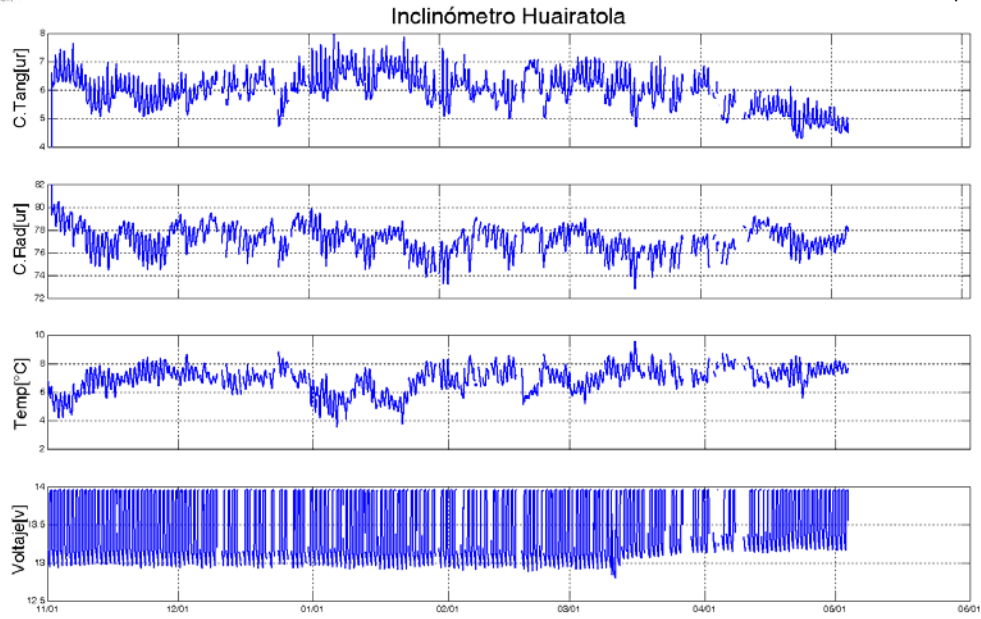


Figura 15. Componentes de inclinación radial (Y) y tangencial (X), junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del sistema de alimentación del inclinómetro Huairatola, para el periodo comprendido entre el 1 de noviembre de 2009 y el 3 de mayo de 2010.

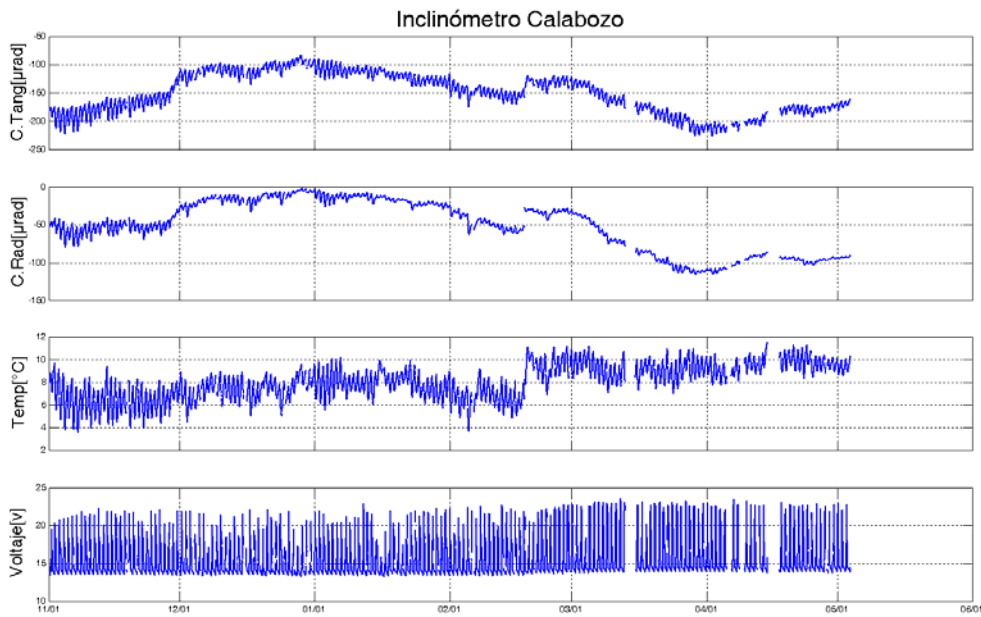


Figura 16. Componentes de inclinación radial (X) y tangencial (Y), junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del sistema de alimentación del inclinómetro Calabozo, para el periodo comprendido entre el 1 de noviembre de 2009 y el 3 de mayo de 2010.

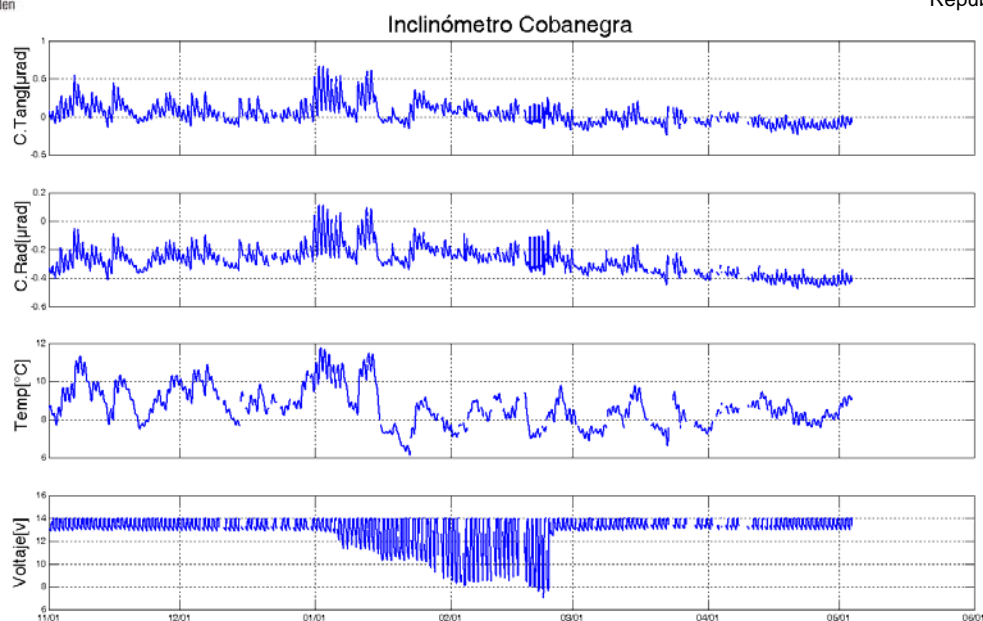


Figura 17. Componentes de inclinación radial (X) y tangencial (Y), junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del sistema de alimentación del inclinómetro Cobanegra, para el periodo comprendido entre el 1 de noviembre de 2009 y el 3 de mayo de 2010.

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 . El día 28 de abril de 2010 se obtuvieron registros de SO_2 mediante el uso del equipo portátil MovilDOAS, alcanzando valores de 215 y 130 toneladas diarias respectivamente, valores que para Galeras son considerados como bajos (Figura 18)

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 durante el periodo evaluado.

En reconocimiento aéreo realizado el 30 de abril de 2010 con el apoyo de la Fuerza Aérea Colombiana FAC (Helicóptero Huey II), fue posible registrar imágenes digitales e imágenes térmicas del cono volcánico de Galeras. Durante el sobrevuelo se observó una pequeña columna de gases de color blanco que alcanzó una altura aproximada de 200 m sobre la cima. Además, se observó bastante cantidad de gas, emergiendo desde el fondo del cráter principal y emanaciones menores desde los cráteres secundarios Las Chavas, Las Deformes y El Paisita (Figura 19). Por acción del viento, la columna de gases se tendía hacia el occidente, por lo que al sobrevolar este sector del cráter, se percibió un fuerte olor a gases azufrados, asociados al H_2S y el olor irritante y fuerte, asociado con SO_2 .

Las imágenes térmicas mostraron temperaturas de 97°C en la pared interna del cráter principal en el sector sur-occidental y de 87°C en un punto ubicado al fondo del cráter principal. El cráter secundario El Paisita mostró una temperatura de 94°C . En comparación con imágenes térmicas anteriores, parece que las zonas con anomalía térmica se han incrementado, al igual que las temperaturas (Figura 20).

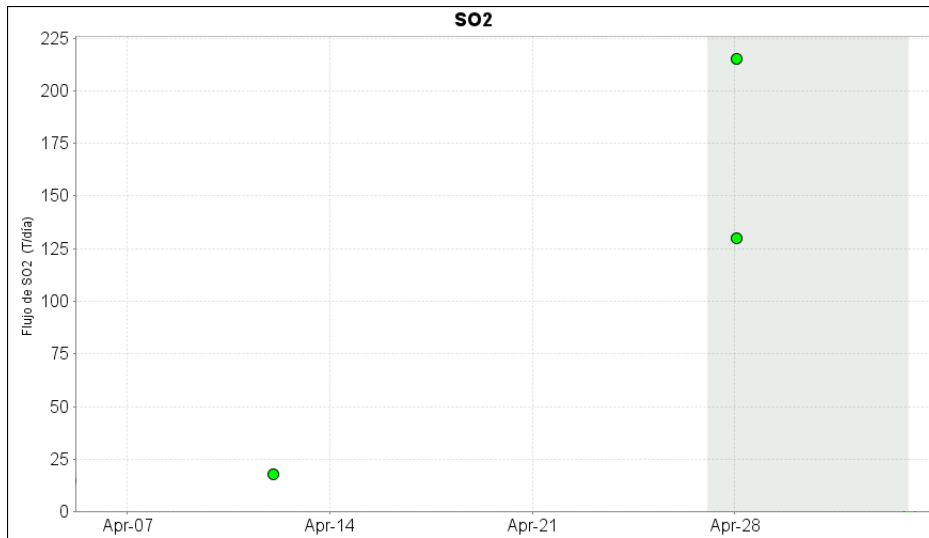


Figura 18. Flujo de SO₂ del volcán Galeras registrado por las estaciones ScanDOAS, ubicadas al noroccidente, registrada entre el 6 de abril de 2010 y el 3 de mayo de 2010. El recuadro gris indica el periodo evaluado.

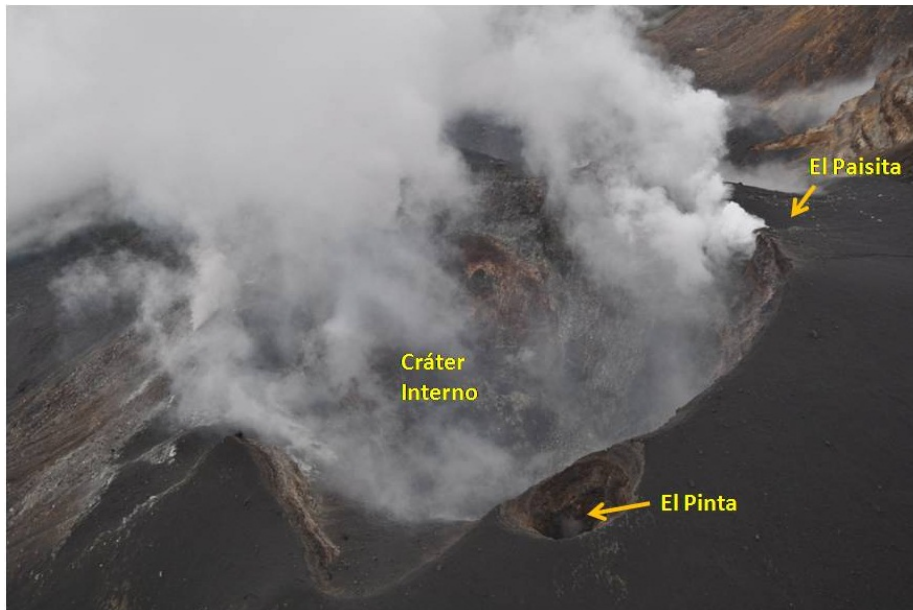


Figura 19. Imagen del cono activo de Galeras, tomada durante el sobrevuelo realizado en horas de la mañana del 30 de abril de 2010 con el apoyo de la Fuerza Aérea Colombiana. Se observa la salida de gas de varios de los cráteres secundarios de Galeras y del cráter principal.

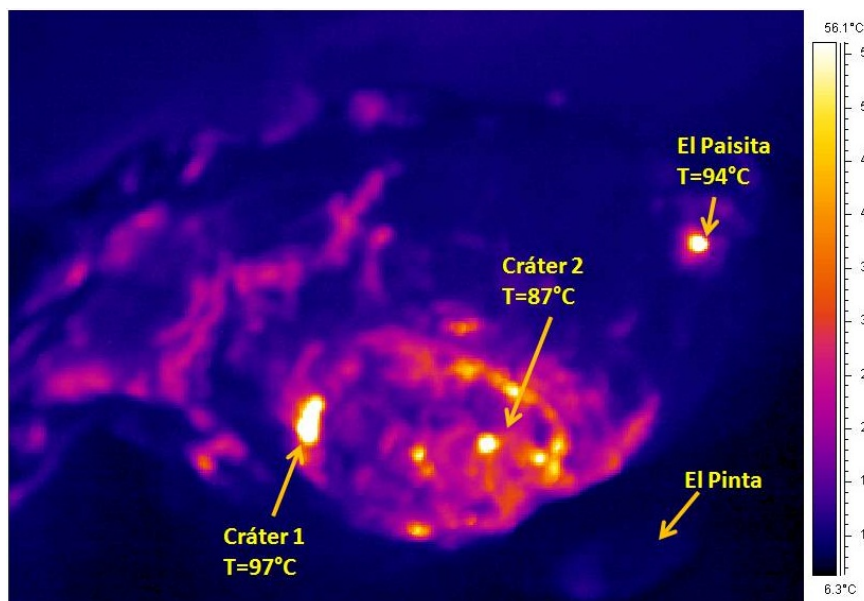


Figura 20. Imagen térmica del cono activo de Galeras. Las flechas en la fotografía, resaltan los lugares donde se presentaron las anomalías térmicas más importantes.

En general, a pesar de contar en algunos lapsos de tiempo con buenas condiciones climáticas, durante la mayor parte de la semana no se observó actividad superficial desde la ciudad de Pasto, exceptuando los días 29 y 30 de abril a las 5:40 p.m y a las 6:27 a.m respectivamente, cuando desde la sede del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto (OVSP) fue posible visualizar pequeñas columnas de emisión de color blanco que alcanzaron alturas de 200 m y 100 m sobre la cima de Galeras y que por acción de los vientos se dirigieron hacia el suroccidente del volcán (Figura 21).

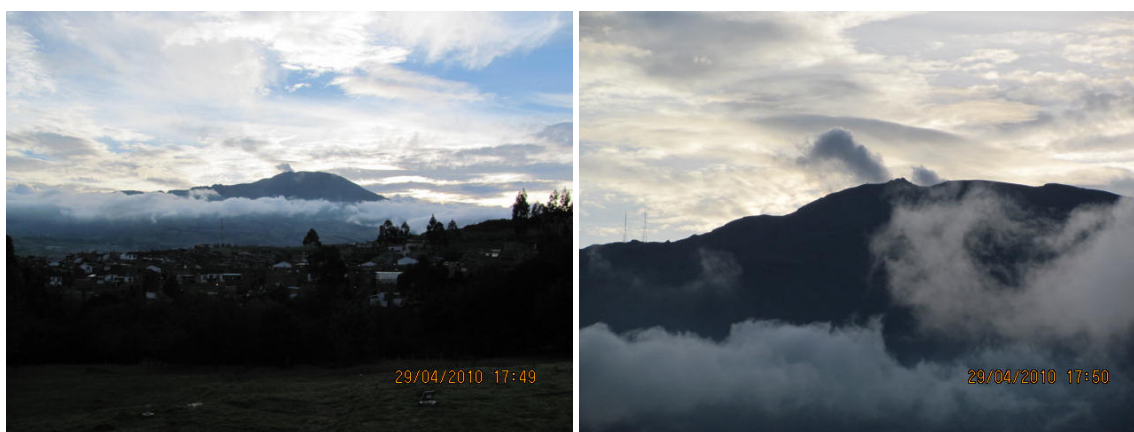


Figura 21. Emisión de gases registrada el día 29 de abril de 2010 entre las 5:40 p.m. y las 6:45 p.m.



CONCLUSIONES

- Se mantiene la baja tasa de ocurrencia sísmica con niveles bajos de energía liberada. Durante el periodo y como ha ocurrido en las últimas nueve semanas, no se tiene registro de eventos sísmicos relacionados tanto con procesos de liberación o de recarga de material magmático (TRE). Además los bajos niveles de Dióxido de Azufre (SO₂), junto con el aumento de la emisión de gases observada en sobrevuelo, indican que no hay sellos eficientes en el sistema que permitan una sobrepresión.
- Los eventos relacionados con procesos de fracturamiento de material cortical, en su mayoría ocurrieron de manera dispersa, pero se evidencia un alineamiento sureste – noroeste, con profundidades menores de 10 Km y con magnitudes locales inferiores a 1 grado en la escala abierta de Richter.
- Las imágenes térmicas tomadas durante el sobrevuelo realizado el 30 de abril de 2010, evidenciaron la presencia de varios sectores con anomalías térmicas, principalmente en el interior del cráter principal, con valores máximos entre 87 y 97 °C, las cuales al parecer han aumentado en extensión y en temperatura.
- 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”**.