



BOLETIN SEMESTRAL_REFERENCIA: REPORTE DE ACTIVIDAD DEL VOLCÁN GALERAS_Primer Semestre de 2005.

INTRODUCCION

Durante el primer semestre de 2005 el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto - INGEOMINAS, cumplió con su tarea institucional de monitoreo y vigilancia continua y en tiempo real de las diferentes manifestaciones de la actividad volcánica de Galeras. Esta tarea se desarrolló dentro de la misión encomendada al INGEOMINAS de vigilar los volcanes activos del país.

Este Boletín es un compendio de los resultados obtenidos con el monitoreo y seguimiento de la actividad de Galeras e igualmente se consigna la información del desempeño de los equipos utilizados. El OVSP-INGEOMINAS agradece a las personas e Instituciones que de una u otra forma apoyaron este trabajo durante el transcurso del primer semestre de 2005 y especialmente al BGR de Alemania, el USGS de los Estados Unidos, La Fuerza Aérea Colombiana, El CLOPAD de Pasto y el CREPAD Nariño.

La red de estaciones instalada en Galeras y su zona de influencia tuvo un desempeño satisfactorio durante este tiempo, gracias en parte a que la actividad volcánica disminuyó un poco con relación a lo que enfrentó en el semestre anterior y además no se presentaron erupciones. Sin embargo, como es normal con equipos instalados en sitios con condiciones climáticas adversas como lo es la cima volcánica, los equipos presentaron algunos inconvenientes que el personal del OVSP fue resolviendo en la medida de los recursos disponibles y del nivel de actividad en el momento.

Nuevamente en este semestre fue posible documentar la actividad superficial en el cono activo de Galeras, con videos, fotografías digitales y fotografías térmicas, gracias al importante apoyo de la Fuerza Aérea Colombiana, pues durante todo el semestre hubo un helicóptero tripulado para que personal del OVSP pudiera hacer reconocimientos aéreos al cono activo. Igualmente, el personal del OVSP contó con el invaluable apoyo de la directiva del INGEOMINAS, que movió personal de otros observatorios, de otros proyectos y de la sede central para apoyar en la tarea de la vigilancia y monitoreo de la actividad volcánica de Galeras.

Los datos y la información contenidos en este boletín son una guía de consulta básica o pueden servir como base para el desarrollo de estudios posteriores que requieran mayor detalle y nivel de análisis, pero siempre respetando y citando la fuente primaria.

2. VOLCAN GALERAS

2.1 RED DE VIGILANCIA

A lo largo del primer semestre de 2005, la red de vigilancia de Galeras sufrió algunos problemas con los equipos, los cuales se fueron solucionando en la medida en que la disponibilidad de repuestos y el nivel de actividad volcánica lo permitieron, sin embargo, el funcionamiento en general de la red fue satisfactorio. La Figura 2.1 muestra la distribución de las estaciones de vigilancia de Galeras.

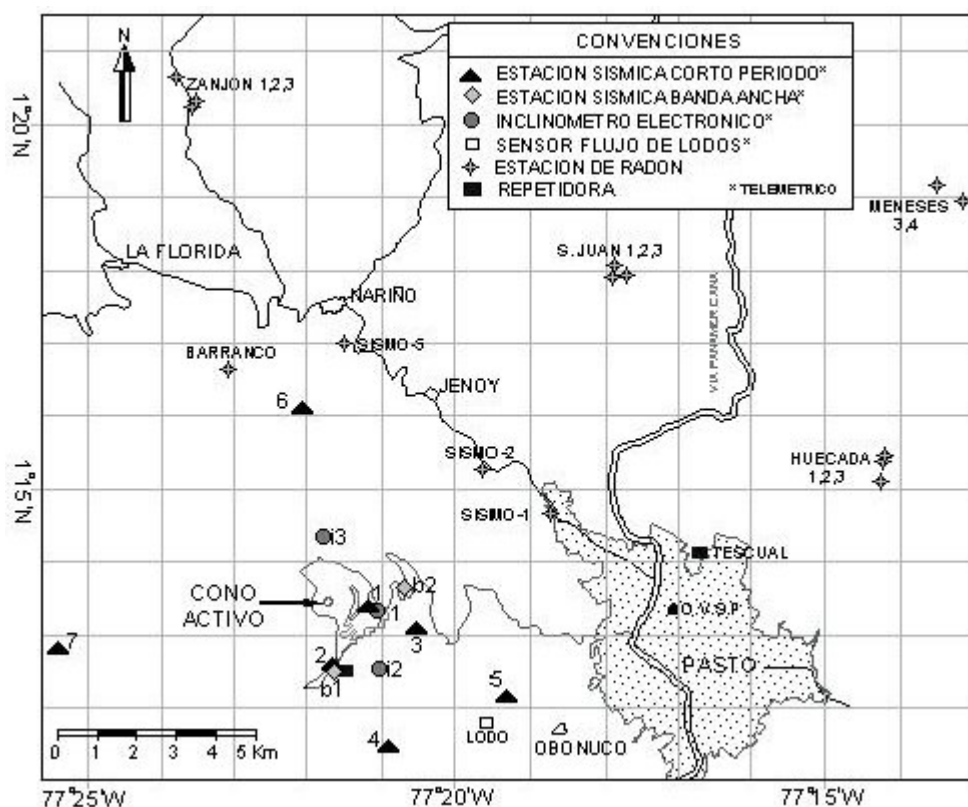


Figura 2.1. Zona de influencia del Volcán Galeras y su red de monitoreo telemétrica y de toma directa de datos en campo, que funcionó durante el primer semestre de 2005. Estaciones sísmicas de corto periodo: 1: Anganoy, 2: Cráter, 3: Urcunina, 4: Cobanegra, 5: Obonuco, 6: Nariño, 7: Calabozo. Estaciones sísmicas de banda ancha: b1: Cráter y b2: Cufiño. Inclinómetros electrónicos: i1: Cráter, i2: Peladitos e i3: Huairatola. Las estaciones de Radón-222 y el sensor de flujo de lodos, se indican directamente sobre el mapa.

Lo más resaltable del funcionamiento de los equipos de la red de vigilancia de Galeras fue:

- En enero 13 se reinstaló la estación Anganoy con equipo de corto periodo de una sola componente.
- Entre el 18 y el 21 de febrero Calabozo no funcionó por problemas con el digitalizador.
- En abril 12 se instaló como telemétrico el inclinómetro Huairatola.
- Entre el 14 y el 15 de abril el inclinómetro Cráter no funcionó por problemas con los equipos.
- En abril 15 la estación Lodos sufrió un daño, probablemente por un rayo. Se retiró el equipo.
- En abril 23, un rayo sacó la estación Anganoy. Se reinstaló hasta el junio de 8, debido a los niveles en la actividad volcánica.
- Entre mayo 25 y junio 8 el inclinómetro Peladitos no funcionó por problemas con los equipos.

En la figura 2.2 se puede apreciar el histograma de funcionamiento con su correspondiente porcentaje de operación, de las estaciones de corto periodo con registro analógico y digital; de las estaciones de banda ancha, la estación climatológica e inclinómetros electrónicos, durante el semestre enero a junio de 2005.

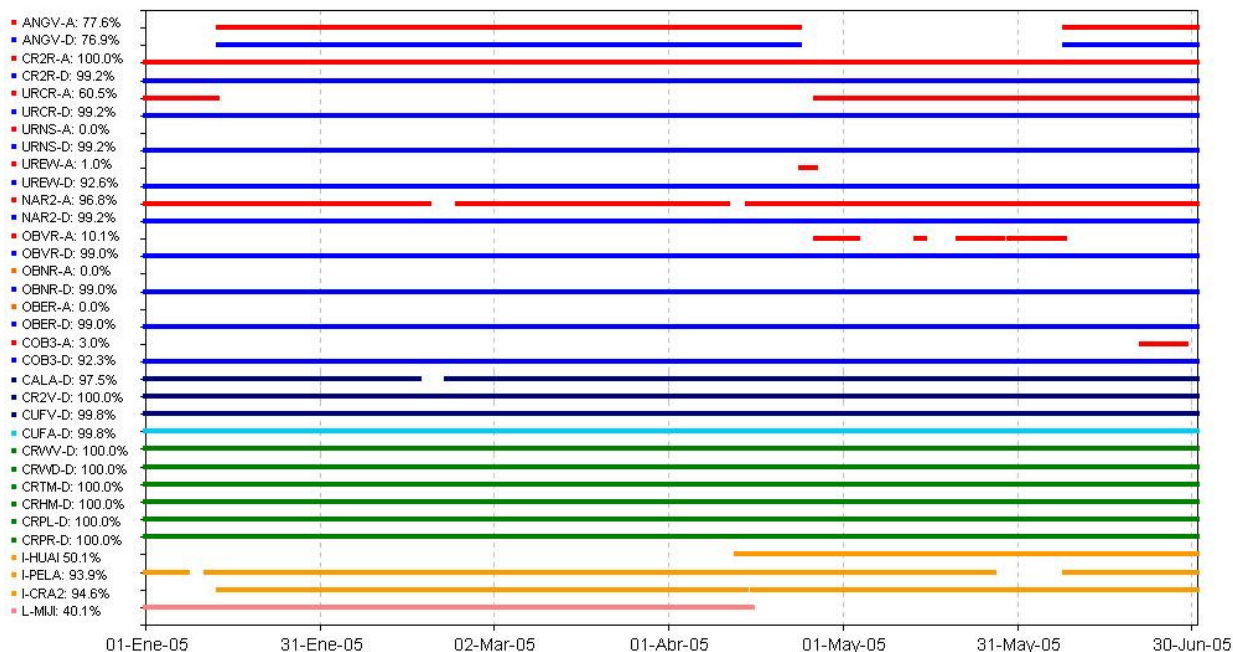


Figura 2.2. Histograma de funcionamiento con sus respectivos porcentajes de operación de las estaciones de corto periodo, estaciones de banda ancha (CR2V, CUFV, CUFA), estación climatológica (CRWV, CRWD, CRTM, CRHM, CRPL, CRPR), inclinómetros electrónicos (I-PELA, I-HUAI, I-CRA2) y sensor de flujo de lodos (L-MIJI), para vigilancia de Galeras. Enero a junio de 2005.



2.2 SISMOLOGIA

Todos los procesos de análisis que hace el observatorio, relacionados con cálculos de magnitud local, análisis espectral, valoración de la energía sísmica, localización de sismos, etc. tienen integrados los registros de eventos sísmicos obtenidos en las estaciones de banda ancha.

Con base en los parámetros utilizados para la vigilancia volcánica, durante este primer semestre de 2005, aparte de que no ocurrieron eventos eruptivos explosivos, se notó una disminución en el número de sismos como en la energía liberada por ellos en comparación a lo presentado en el segundo semestre de 2004. Lo más destacado fue el registro de eventos de Largo Periodo tipo Tornillo (TOR), con amplitudes relativamente grandes y largas duraciones, ocurridos durante un enjambre sísmico en abril-mayo. Se registraron en total 1.973 eventos de diferentes tipos, Volcano-Tectónicos (VT), Largo Período (LP) e Híbridos (HYB), además de 898 episodios de tremor (TRE). La energía liberada total de eventos VT, LP e Híbridos fue de $3,86 \times 10^{16}$ erg y la energía total liberada por los eventos de tremor fue de $3,36 \times 10^{18}$ erg.

El número de eventos VT registrado durante este semestre fue solamente un tercio del registrado en el semestre anterior, con 475 eventos que liberaron una energía total de $6,52 \times 10^{15}$ erg (Figuras 2.3 y 2.4). El pico máximo de ocurrencia fue de 23 VT registrados en abril 20 durante el enjambre de ese mes, estos sismos liberaron una energía de $2,12 \times 10^{13}$ erg. El pico energético fue de $5,66 \times 10^{15}$ erg, registrado en abril 26, también durante el enjambre de ese mes; esta energía fue debida a 14 eventos VT. El aporte en número de VT del enjambre de abril-mayo fue de 357 eventos que liberaron una energía de $6,34 \times 10^{15}$ erg, estos valores son equivalentes al 75% del número total de sismos del semestre y al 97% de la energía del semestre.

Los sismos localizados entre enero y junio de 2005, tuvieron una magnitud de duración que osciló entre $-0,01$ y $2,7$ grados en la escala de Richter. La profundidad tuvo valores entre $0,2$ y 10 km con respecto a la cima de Galeras (4200 msnm). Solamente un evento VT se reportó sentido, en mayo 15 a las 21:23 (9:23 p.m. horas en tiempo local - LT), el cual se localizó a 6 km al NNE del cono activo de Galeras, a una profundidad de 7 km. Este sismo tuvo una magnitud de duración de $2,7$ grados ($2,8 M_L$) y se reportó sentido en poblaciones como Jenoy, Villa Maria, Puyito Pamba y El Eden localizadas en inmediaciones de Galeras a una distancia promedio de 6 Km. Los eventos VT del enjambre de abril-mayo mostraron magnitudes de duración entre $-0,02$ y $1,9$ grados.

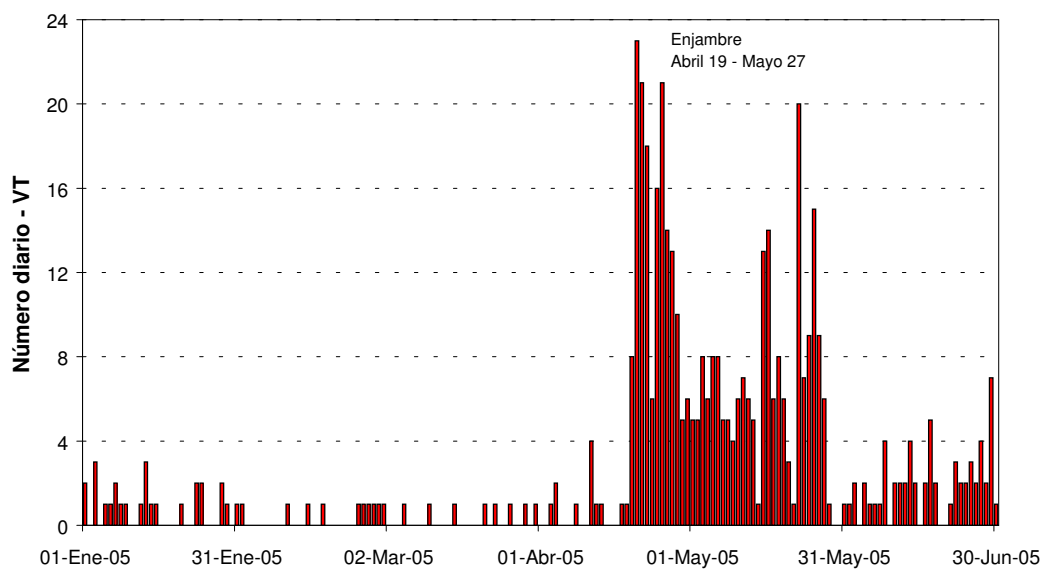


Figura 2.3 Ocurrencia diaria de eventos VT. Enero a junio de 2005.

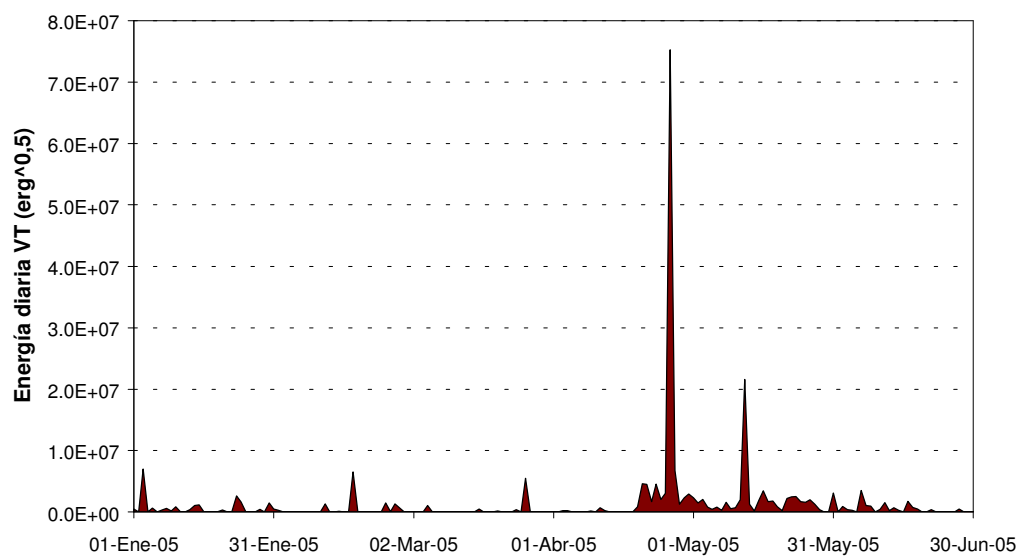


Figura 2.4 Energía diaria liberada de eventos VT. Enero a junio de 2005. Para efectos de representación, el eje Y se muestra como la raíz cuadrada del valor de la energía.

Los sismos VT registrados en este período, se presentaron principalmente en la zona del cráter activo y en inmediaciones del edificio volcánico (Figura 2.5). También se pueden ver epicentros más dispersos en el nororiente y otros en la zona de influencia del Complejo Volcánico Galeras (Figura 2.5). Los epicentros de la mayor parte de los sismos del enjambre se localizaron en la zona del cráter activo, siguiendo un alineamiento suroriente-noroccidente y algunos otros se ubicaron dispersos al noroccidente de Galeras.

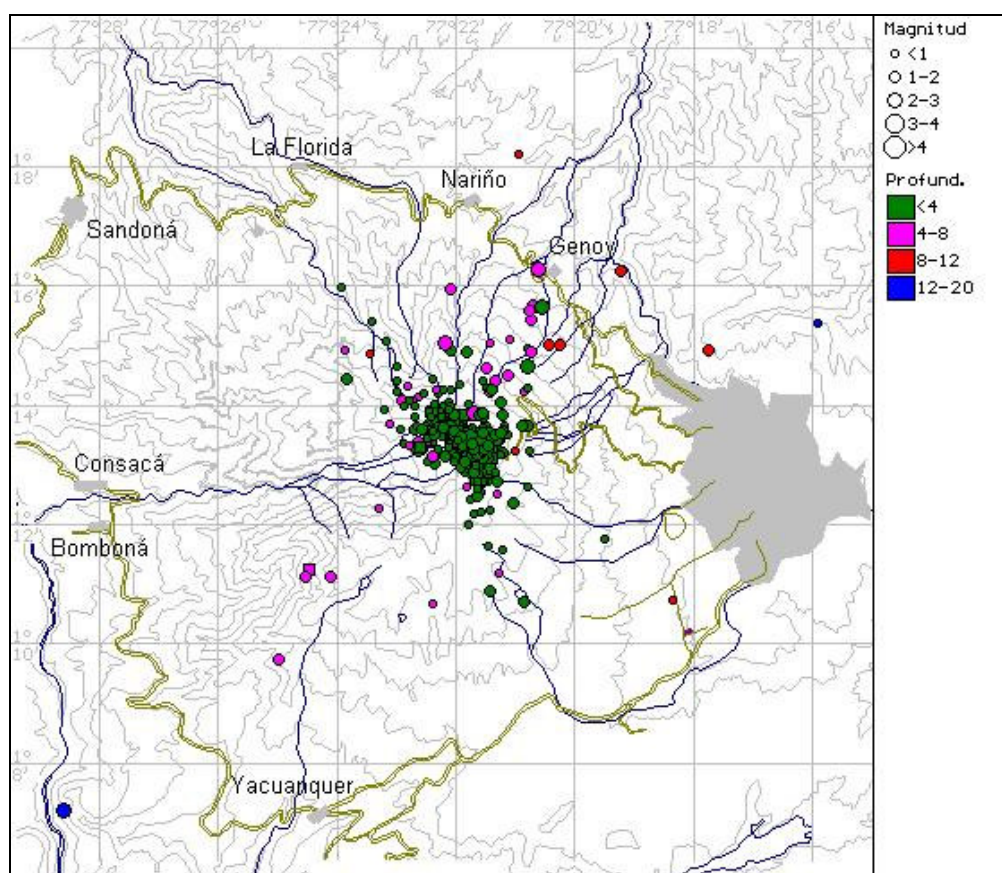


Figura 2.5 Distribución epicentral de sismos VT en el área de influencia de Galeras. Enero a junio de 2005.

Con referencia a la altura de la cima de Galeras (4200 msnm), los hipocentros de los sismos localizados se distribuyeron así: el 81,6% se ubicó entre 0 y 3,0 km, un 17,8% entre 3,1 y 9,0 km y solamente un 0,5% mostró profundidades mayores de 9,0 km (Figuras 2.6 y 2.7). Los hipocentros del enjambre de abril-mayo mostraron profundidades menores de 4 km y la gran mayoría de ellos se ubicaron a profundidades entre 0,2 km y 2,0 km.

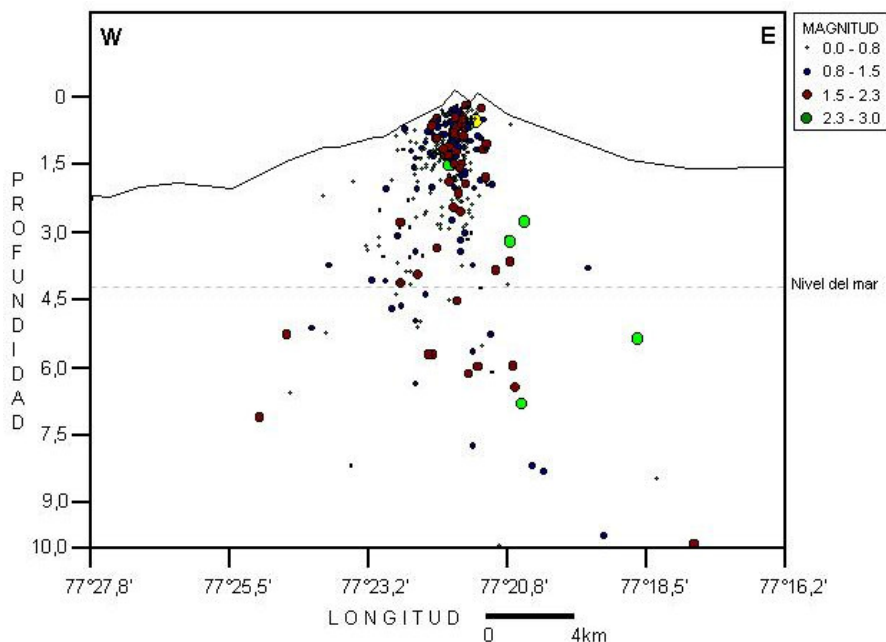


Figura 2.6 Distribución hipocentral de sismos VT, corte oeste-este. Enero a junio de 2005.

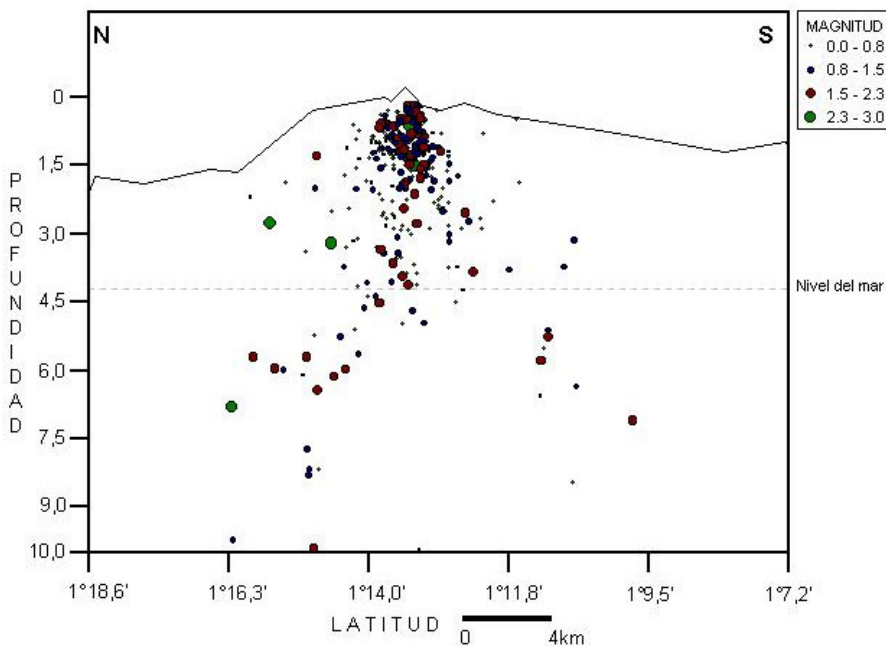


Figura 2.7 Distribución hipocentral de sismos VT, corte norte-sur. Enero a junio de 2005.



Entre enero y junio de 2005 la actividad asociada con dinámica de fluidos también disminuyó con relación a lo observado en el semestre anterior. Totalizando los eventos LP, HYB y TRE, se tuvieron 2.396 eventos que liberaron una energía total de $3,40 \times 10^{18}$ erg. Los sismos LP fueron 1.157 y liberaron una energía de $2,94 \times 10^{16}$ erg (Figuras 2.8 y 2.9). De estos eventos, 92 fueron de tipo TOR (Figura 2.10). El enjambre de abril-mayo aportó 585 LP con una energía de $1,57 \times 10^{16}$ erg.

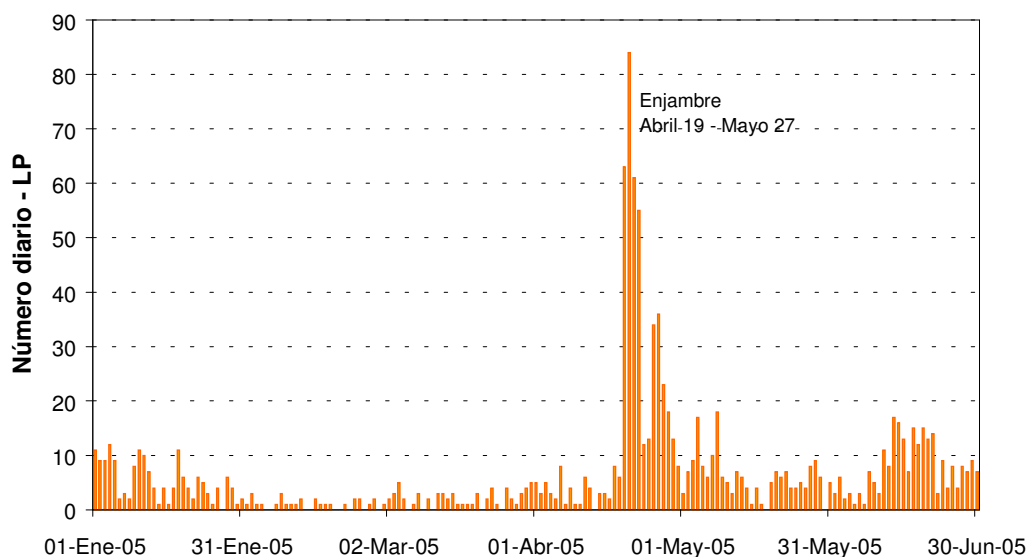


Figura 2.8 Ocurrencia diaria de eventos LP. Enero a junio de 2005.

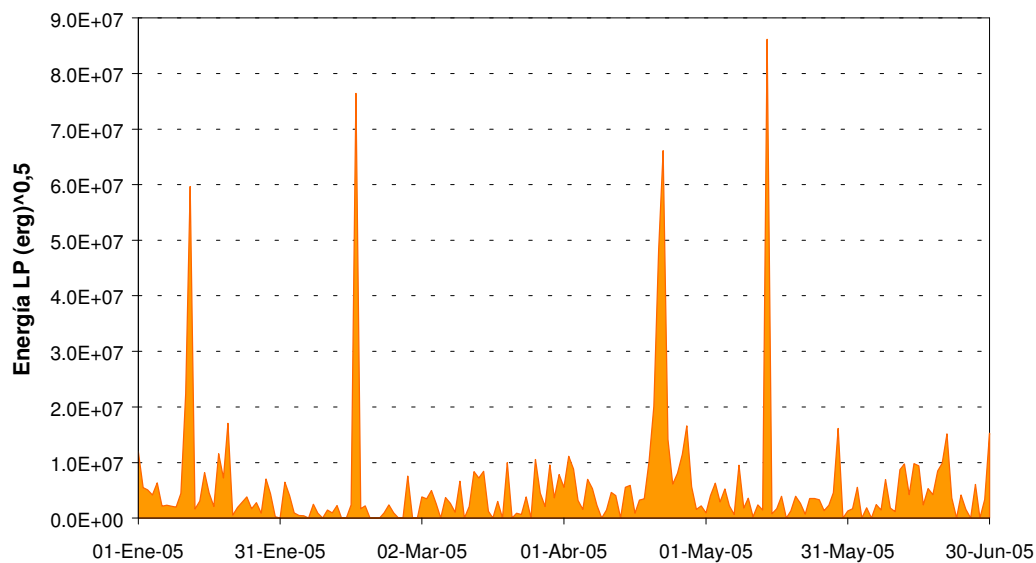


Figura 2.9 Energía diaria liberada en (ergios)^{0,5}. Enero a junio de 2005. Para efectos de representación, el eje Y se muestra como la raíz cuadrada del valor de la energía

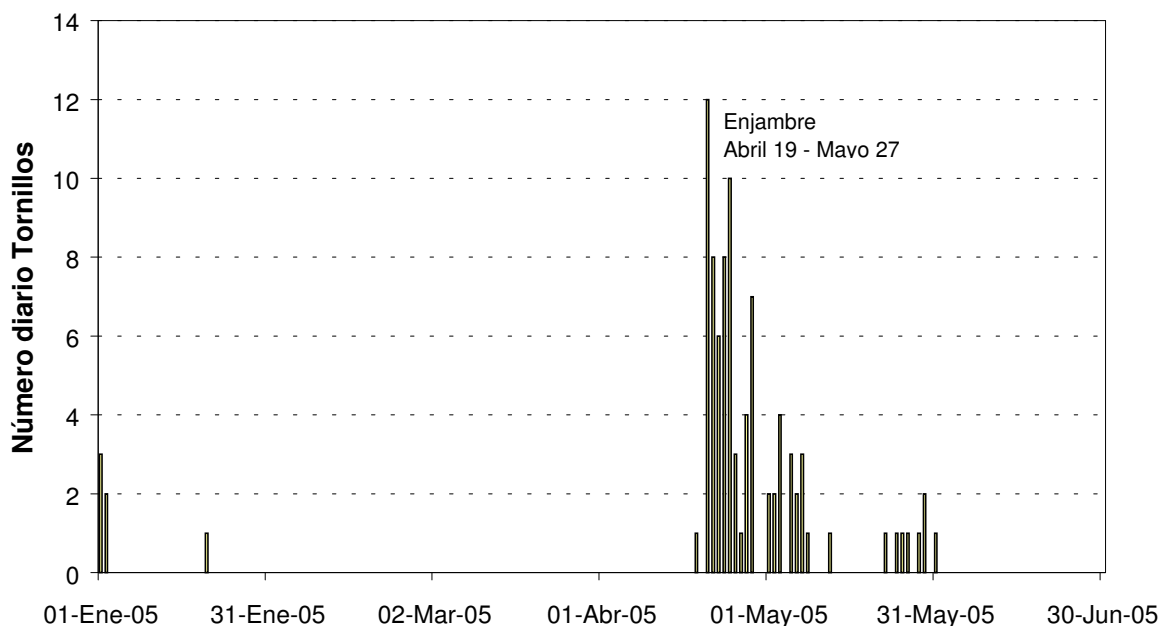


Figura 2.10 Número diario eventos tipo Tornillo. Enero a junio de 2005.

Los eventos tipo Tornillo, mostraron amplitudes relativas importantes, alcanzando velocidades de partículas del suelo de hasta 150 $\mu\text{m/s}$ (Figura 2.11); igualmente sus duraciones fueron largas en la mayoría de los eventos, alcanzando individualmente un máximo de 5 minutos, correspondiente a un sismo ocurrido en abril 20 a las 06:33 LT (Figura 2.11).

Entre abril 18 y mayo 31 se totalizaron 86 eventos tipo TOR, con un máximo diario de 12 tornillos (Figura 2.10). La mayoría de eventos presentaron frecuencias dominantes y subdominantes en el rango de 1 a 6 Hz, asociadas con procesos de fuente.

Las frecuencias dominantes mostraron una tendencia general a disminuir con el tiempo, comenzando en un valor de 1,4 Hz y al final del semestre tenía valores de 1,29 Hz. Este tipo de variaciones se relacionan con cambios en las condiciones geométricas y de propiedades físicas de los medios (fluido y sólido) que interactúan en el interior del sistema volcánico.

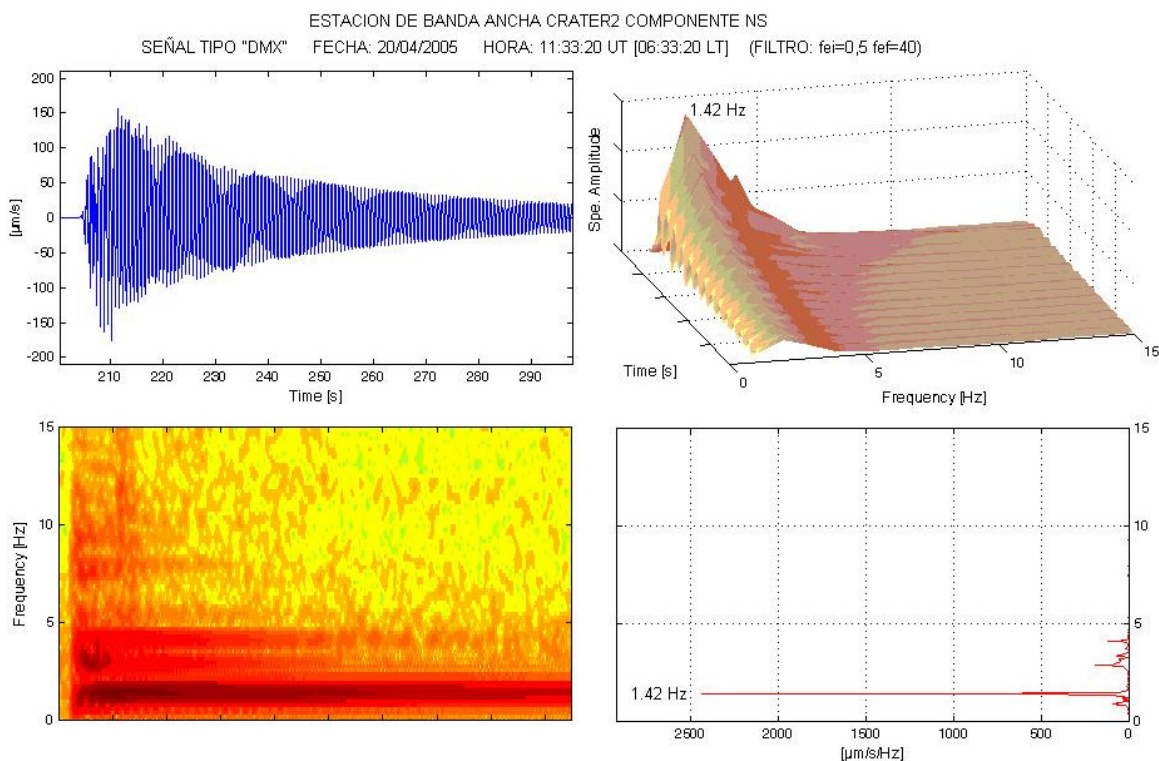


Figura 2.11 Sismograma y espectro del Tornillo registrado en abril 20 a las 06:33 LT en la componente NS de la estación de banda ancha Cráter 2.

En cuanto a los eventos Híbridos, se registraron 341 que liberaron una energía de $2,67 \times 10^{15}$ erg (Figuras 2.12 y 2.13). Durante el enjambre se registraron 267 eventos Híbridos con una energía de $5,89 \times 10^{14}$ erg.

Por los niveles energéticos alcanzados, se destacaron 5 eventos Híbridos, tres de ellos registrados durante la ocurrencia del enjambre, el primero en abril 22 a las 03:04 LT, con magnitud de duración de 2,2 y los otros dos en mayo 11 a las 21:29 LT y a las 22:57 LT con magnitudes de duración de 2,2 y 2,4 grados respectivamente. Los tres eventos se localizaron aproximadamente en la zona del cráter activo y a profundidades superficiales. Los otros dos eventos Híbridos importantes se registraron en enero 12 a las 01:03 LT y 01:34 LT con magnitudes locales de 2,9 y 2,4 grados respectivamente.

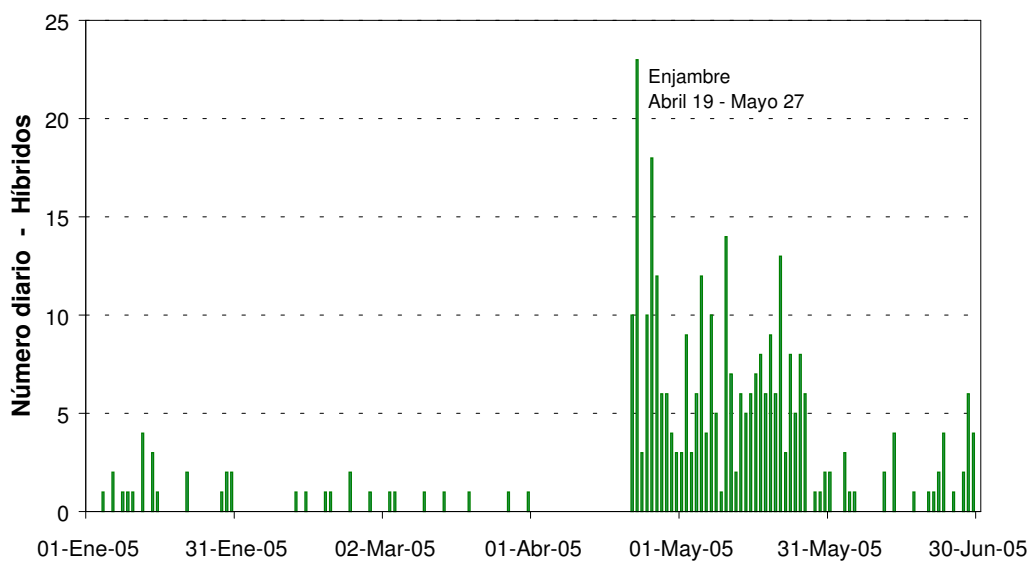


Figura 2.12 Ocurrencia diaria de eventos Híbridos. Enero a junio de 2005.

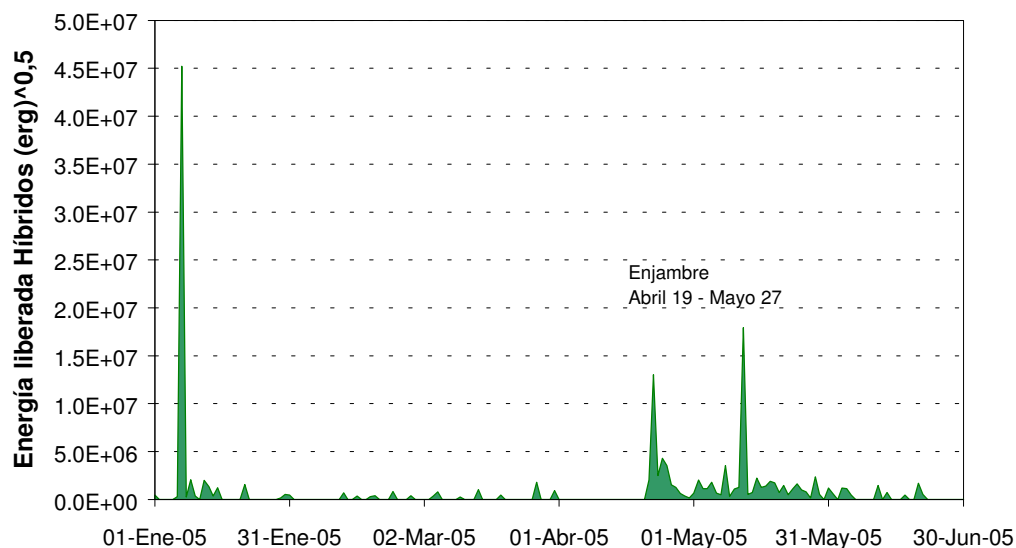


Figura 2.13 Energía diaria liberada por eventos Híbridos. Enero a junio de 2005. Para efectos de representación, el eje Y se muestra como la raíz cuadrada del valor de la energía.

Por otro lado, fueron registrados 898 episodios de tembor, que liberaron una energía de $3,36 \times 10^{18}$ erg (Figuras 2.14 y 2.15). Durante la época de ocurrencia del enjambre (abril-mayo) se presentó una



disminución de los eventos de tremor, registrándose 122 episodios, con una energía de $1,48 \times 10^{17}$ erg. El episodio de tremor más destacado se presentó en febrero 18 a las 03:15 LT con una duración cercana a las 9 horas y frecuentemente caracterizado por valores relativamente altos entre 9 y 18 Hz; no se tuvieron reportes de emisión de ceniza asociados con esta señal.

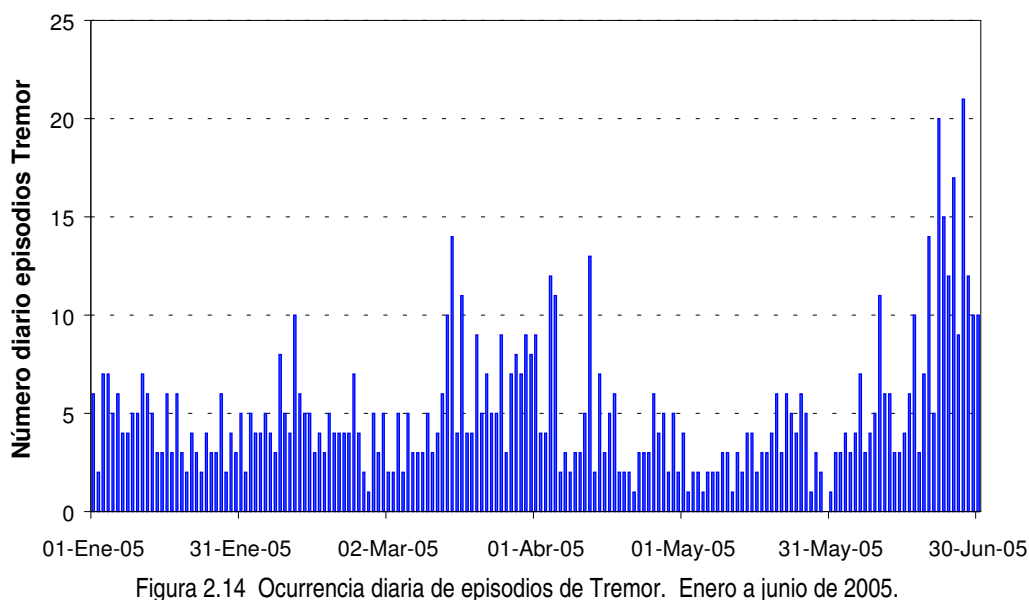


Figura 2.14 Ocurrencia diaria de episodios de Tremor. Enero a junio de 2005.

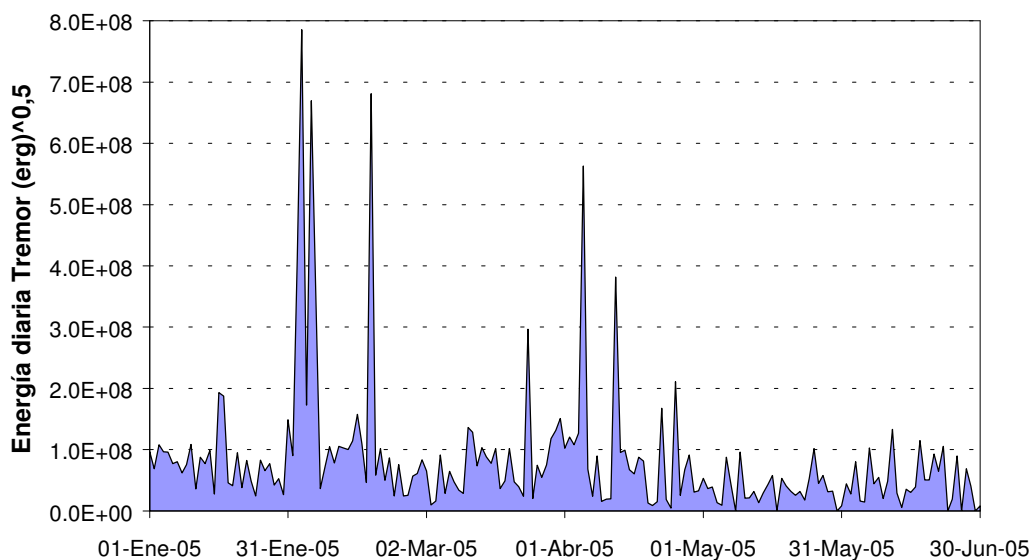


Figura 2.15 Energía diaria liberada por episodios de Tremor. Enero a junio de 2005 Para efectos de representación, el eje Y se muestra como la raíz cuadrada del valor de la energía.

2.3 DEFORMACION

Durante el primer semestre de 2005, la red de deformación estuvo conformada por dos inclinómetros electrónicos telemétricos, hasta abril cuando se instaló un tercer inclinómetro. Adicionalmente se ocuparon los 14 vectores cortos de nivelación (Figura 2.16).

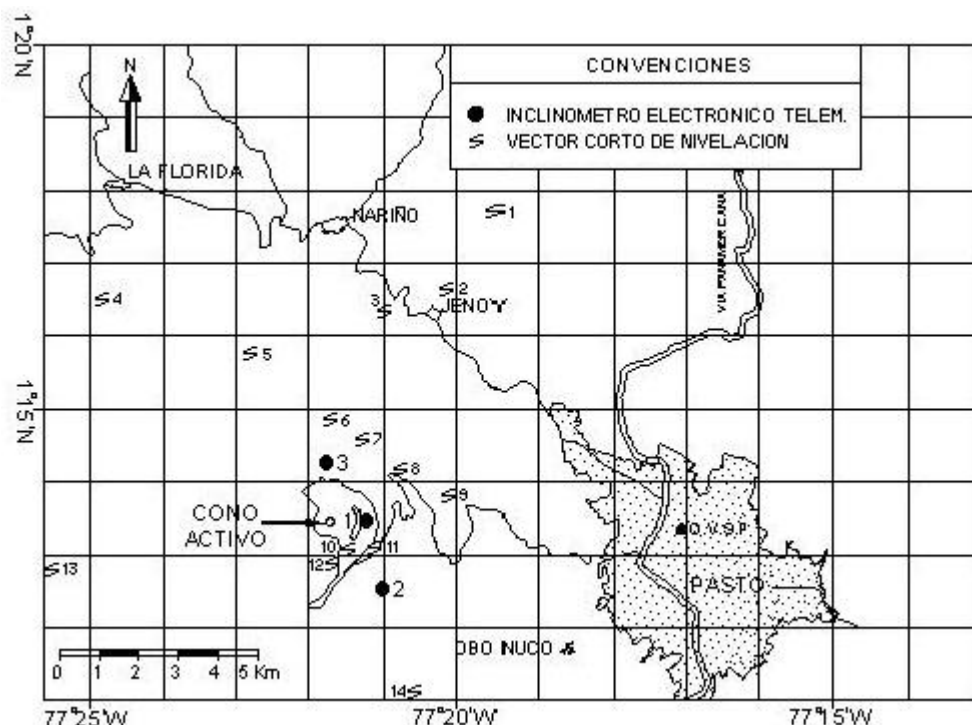


Figura 2.16. Red de vigilancia en Deformación del Volcán Galeras. Inclinómetros electrónicos: 1: Cráter, 2: Peladitos, 3: Huairatola. Vectores cortos de nivelación: 1: Puyito, 2: Lindero, 3: Chorrillo, 4: Chacaguaico, 5: Barranco, 6: Chiguaco, 7: Popeye, 8: Piedras, 9: La Mica, 10: La Y, 11: Inclinómetro, 12: Telecom, 13: La Quebrada, 14: Cobanegra.

2.3.1 Vectores cortos de nivelación

La red de vectores cortos de nivelación (VCN) conformada por 14 líneas, fue ocupada en su totalidad hasta marzo de 2005, por el cambio e incremento en la actividad, en abril se disminuyó la toma a 7 VCN, en mayo únicamente se pudieron ocupar tres VCN y en junio se incrementaron las medidas en 12 VCN. Un comportamiento ascendente en las gráficas de los VCN indica una posible inflación de la zona y lo contrario una deflación de la zona, con excepción de La Quebrada cuyo comportamiento es invertido.

El equipo utilizado para la toma de datos es un nivel Kern, con placa plano paralela con un error de 0,1 mm y una mira de invar de tres metros de longitud.



En el sector norte de Galeras, los vectores Popeye y Lindero tienen una dirección tangencial al cráter y los vectores Barranco, Chiguaco, Chacaguaico, Puyito y Chorrillo son radiales. Durante el primer semestre de 2005, por el escaso número de datos obtenidos en Popeye y en Chiguaco, no fue posible asociarlos con una tendencia ascendente o descendente.

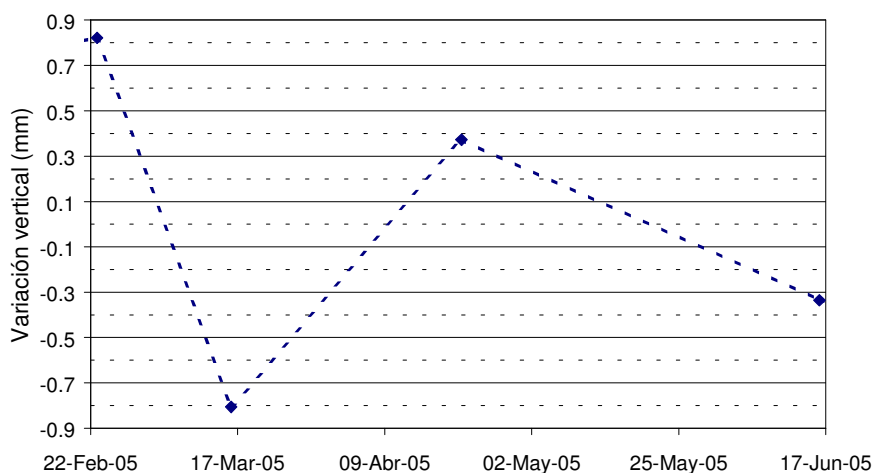


Figura 2.17 Vector corto de nivelación Barranco

El vector Barranco se ocupó cuatro veces, en el primer semestre de 2005. Sus variaciones fueron mayores que las mostradas en el semestre anterior, aunque menores de 1,6 mm. Siguió sin mostrar una tendencia clara, de ascenso o descenso.

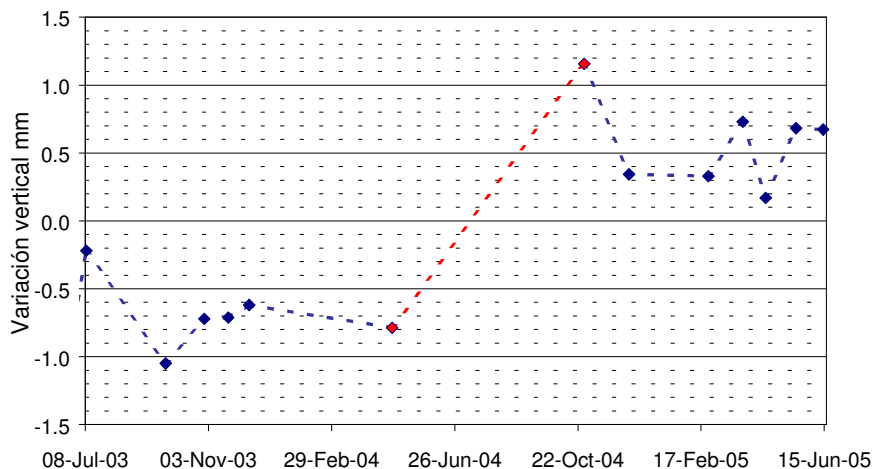


Figura 2.18 Vector corto de nivelación Chorrillo

Chorrillo se ocupó en cinco ocasiones. Las variaciones de este periodo fueron menores que las del segundo semestre de 2004 y mostraron una tendencia relativamente estable. Sus variaciones fueron menores de 0,5 mm.

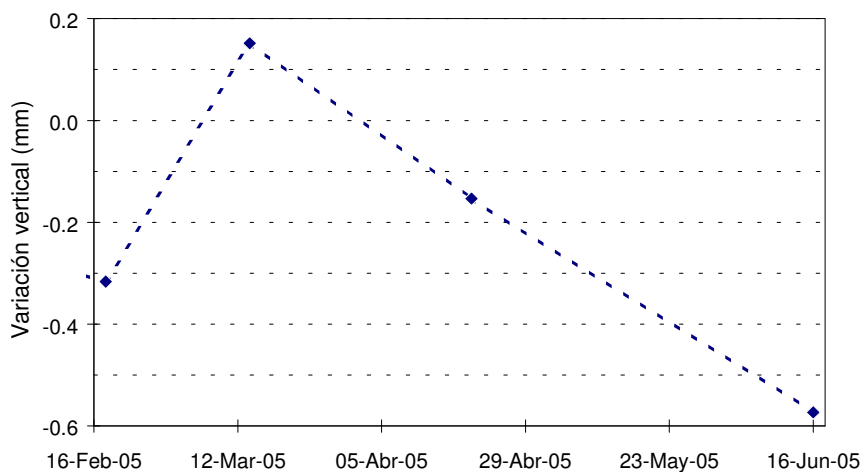


Figura 2.19 Vector corto de nivelación El Lindero

En Lindero se tomaron cuatro medidas. Su tendencia en este semestre fue de descenso con cambios menores de 0,5 mm.

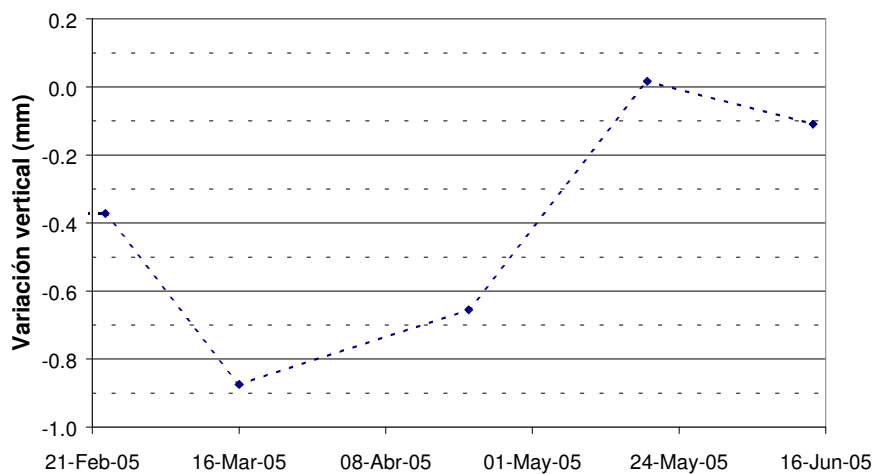


Figura 2.20 Vector corto de nivelación Puyito

Se midió en cinco ocasiones el vector Puyito. Mostró una tendencia ascendente con cambios menores de 0,7 mm. El valor acumulado entre marzo y mayo fue de 0,9 mm que correspondería a una posible inflación de la zona.

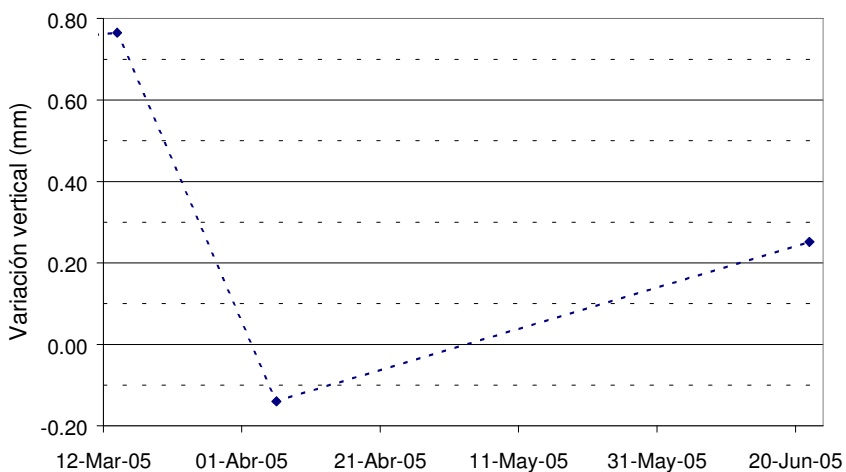


Figura 2.21 Vector corto de nivelación Chacaguaico

El vector Chacaguaico solamente se midió en tres ocasiones. En comparación con los otros vectores radiales mostró el mismo comportamiento, a principios del semestre descendió y luego cambió su tendencia y ascendió. Sus variaciones fueron menores de 0,85 mm.

En el sector sur los vectores radiales Telecom, La Y mostraron tendencias contrarias a los del norte, con ascenso hasta marzo y descenso al final del semestre, lo que indicaría inflación y deflación respectivamente. En cambio Cobanegra que también es radial, mostró un comportamiento similar a los vectores cortos del sector norte, ascendiendo al final del semestre, lo que indicaría inflación.

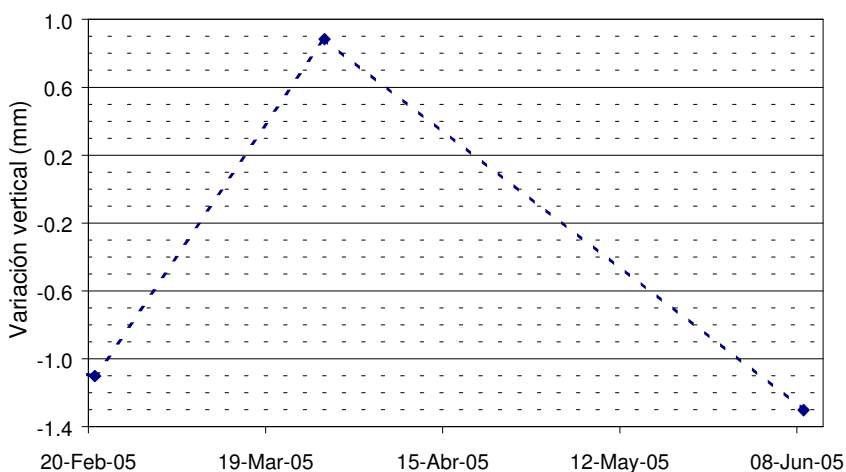


Figura 2.22 Vector corto de nivelación Telecom

Telecom se midió en tres oportunidades. Su tendencia al comenzar el semestre fue ascendente y posteriormente fue descendente. Mostró cambios que fueron cercanos a los 2,0 mm, siendo los mayores registrados desde que se retomaron las medidas.

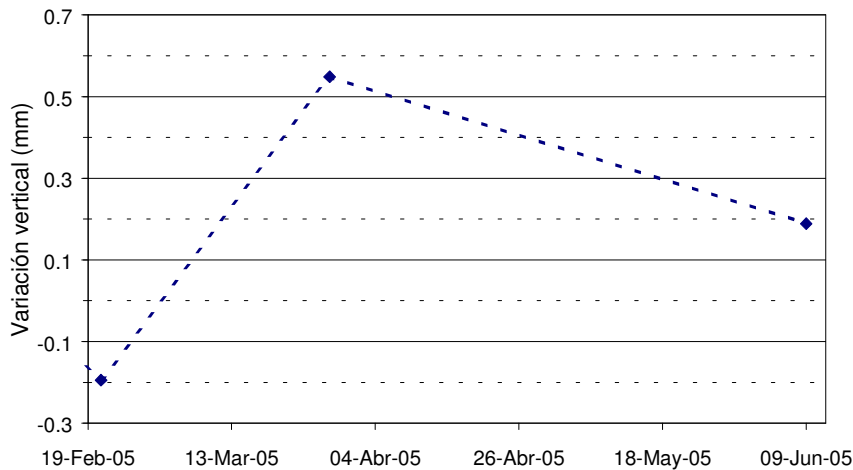


Figura 2.23 Vector corto de nivelación La Y

En tres ocasiones se ocupó el vector La Y. Su tendencia fue similar a la del vector Telecom, descendiendo durante los dos últimos tercios del semestre. Sus cambios fueron menores de 0,75 mm.

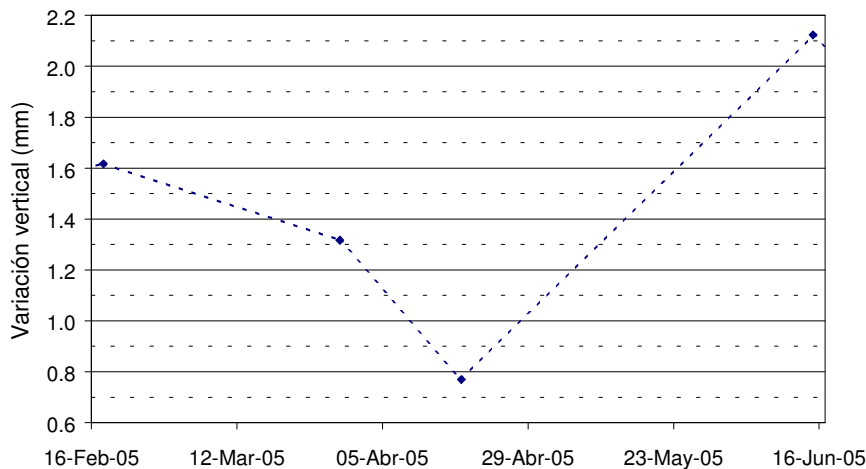


Figura 2.24 Vector corto de nivelación Cobanegra

Cobanegra se ocupó en cuatro oportunidades. Su tendencia fue contraria a La Y y Telecom. A principios del año, siguió con la tendencia descendente que traía desde 2004 y en la última medida mostró un cambio ascendente indicando una posible inflación de la zona. Sus cambios fueron menores de 1,4 mm.

En el sector oriental de Galeras el vector tangencial Piedras, indicó deflación hacia el norte del vector. Los comportamientos de los vectores radiales El Inclínómetro y La Mica fueron contrarios, mientras Inclínómetro indicó inflación, La Mica mostró deflación.

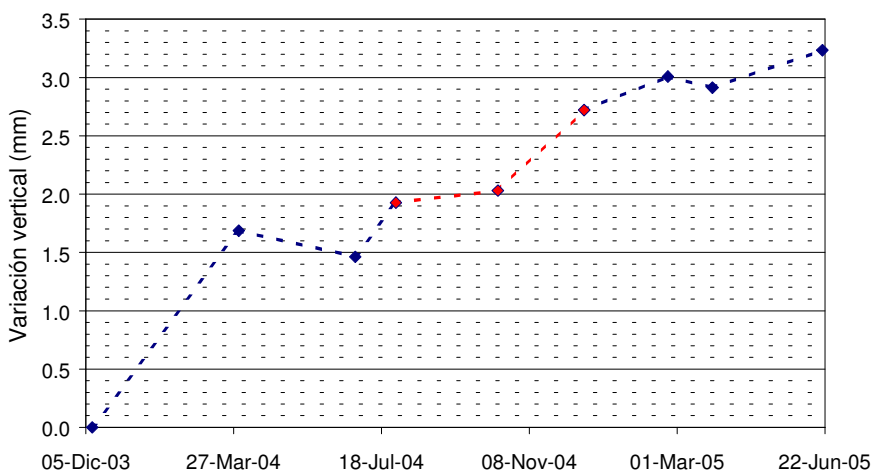


Figura 2.25 Vector corto de nivelación El Inclinómetro

El vector Inclinómetro fue ocupado tres veces, con cambios menores de 0,35 mm. Mantuvo la misma tendencia ascendente que traía desde que se retomaron las medidas en diciembre de 2003, con un valor acumulado de 3,2 mm.

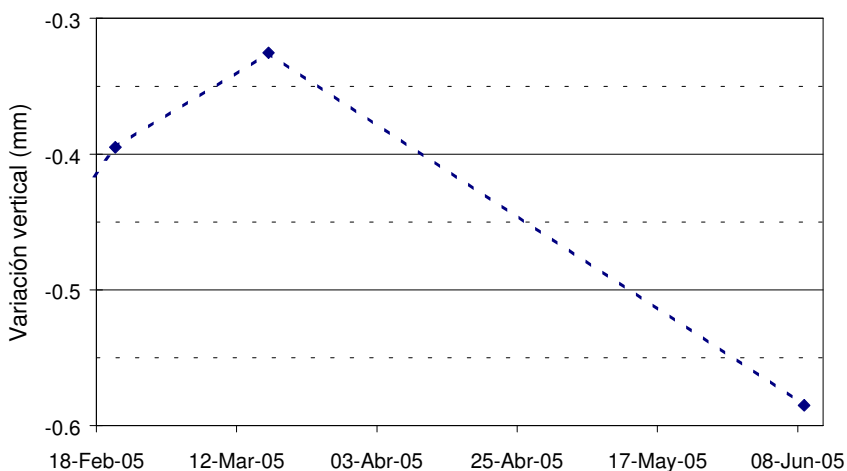


Figura 2.26 Vector corto de nivelación Piedras

En el vector Piedras solamente se tomaron tres medidas, que mostraron hacia el final del semestre, una tendencia descendente. Sus variaciones fueron menores de 0,3 mm. Según la orientación del vector, esto puede indicar una deflación hacia el norte o una inflación hacia el sur del vector.

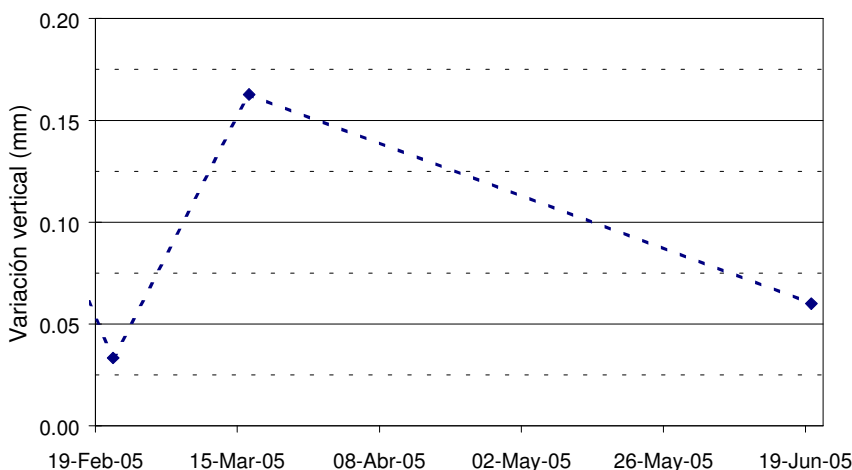


Figura 2.27 Vector corto de nivelación La Mica

La Mica también se ocupó en tres ocasiones y mostró una tendencia similar a la de Piedras y contraria a la del vector Inclínómetro, con descenso al final del semestre. Sus variaciones fueron menores de 0,2 mm.

Finalmente el vector radial La Quebrada, único vector del sector occidental, mostró deflación al finalizar el semestre.

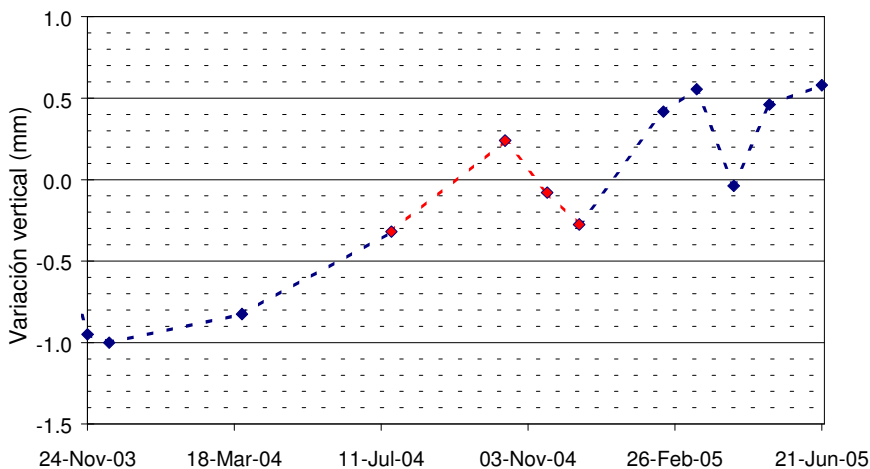


Figura 2.28 Vector corto de nivelación La Quebrada

El vector La Quebrada se midió en cinco oportunidades. Este vector presentó fluctuaciones, sin embargo en general se observó una tendencia ascendente desde que se retomaron las medidas, la cual se asumió como una deflación de la zona, con un valor acumulado de 1,6 mm.

2.3.2 Inclínómetros electrónicos

Finalizando el 2004, los inclinómetros electrónicos salieron de funcionamiento, Peladitos por problemas electrónicos y Cráter por la erupción del 21 de noviembre. El 12 de enero de 2005, se reinstaló el inclinómetro Peladitos utilizando un sensor nuevo de Applied Geomechanics, Modelo No



701-2A. El 13 de enero se reinstaló el inclinómetro Cráter y el 14 de abril se cambió el sensor por uno nuevo de Applied Geomechanics, Modelo No 701-2A, con serie 6068. En abril 12 se instaló por primera vez el inclinómetro electrónico telemétrico Huairatola, utilizando también un sensor Applied Geomechanics, Modelo No 701-2A, serie 6067.

El sensor de Huairatola se instaló directamente sobre la roca y como sistema de protección se utilizó una tapa metálica invertida recubierta en su interior con corcho caucho, similar al instalado en Cráter. Aunque los sensores utilizados son nuevos, parece que son más sensibles a las variaciones de voltaje, afectando el comportamiento diario de sus componentes radial y tangencial, sin embargo fue posible observar las tendencias de cada componente, las cuales pudieron obedecer a la actividad propia del volcán.

Durante este semestre los tres inclinómetros evidenciaron cambios notables en su comportamiento. Lastimosamente el inclinómetro Huairatola solamente funcionó a partir de abril 12, sin embargo es el que mostró mayores variaciones, manteniendo su tendencia casi de forma constante.

La componente tangencial de Peladitos mostró variaciones menores de $7 \mu\text{rad}$, con una tendencia no muy bien definida durante el semestre. La componente radial hasta el 24 de enero mostró un comportamiento descendente de casi $40 \mu\text{rad}$ (Figura 2.29), en este periodo el valor del vector resultante calculado fue de $39 \mu\text{rad}$ dirigido hacia el cráter de Galeras (Figura 2.30). Posteriormente el comportamiento de la componente tangencial fue constantemente ascendente, para este último periodo el vector resultante fue de $20 \mu\text{rad}$, asumiendo una posible deflación hacia el sector del cráter activo (Figura 2.30).

La componente tangencial del inclinómetro Cráter presentó una tendencia ascendente con una variación cercana a los $65 \mu\text{rad}$. La componente radial mostró un comportamiento similar con una variación total cercana a los $50 \mu\text{rad}$ (Figura 2.29). Entre el 14 y 24 de enero el vector resultante calculado fue de casi $10 \mu\text{rad}$, dirigida hacia el cráter, coincidiendo con el vector resultante del inclinómetro Peladitos. Teniendo en cuenta la ubicación del sensor respecto del cráter activo y tomando en consideración todo el semestre, se puede decir que este inclinómetro presentó una posible inflación hacia el sur de la zona del cráter activo.

El inclinómetro Huairatola, desde su instalación mantuvo una tendencia descendente en las componentes radial y tangencial. El 21 de abril, Huairatola presentó en sus componentes un cambio brusco que no estuvo asociado ni con problemas de voltaje ni de temperatura, por lo cual este cambio de unos $23 \mu\text{rad}$, se asoció con deformación del volcán. Las variaciones máximas fueron de $80 \mu\text{rad}$ para la componente tangencial y $65 \mu\text{rad}$ para la radial (Figura 2.29). El vector resultante calculado para este primer semestre fue cercano a los $90 \mu\text{rad}$ cuya dirección pudo obedecer a una posible inflación hacia el sector sur oriente o una deflación hacia el sector noroccidente de Galeras

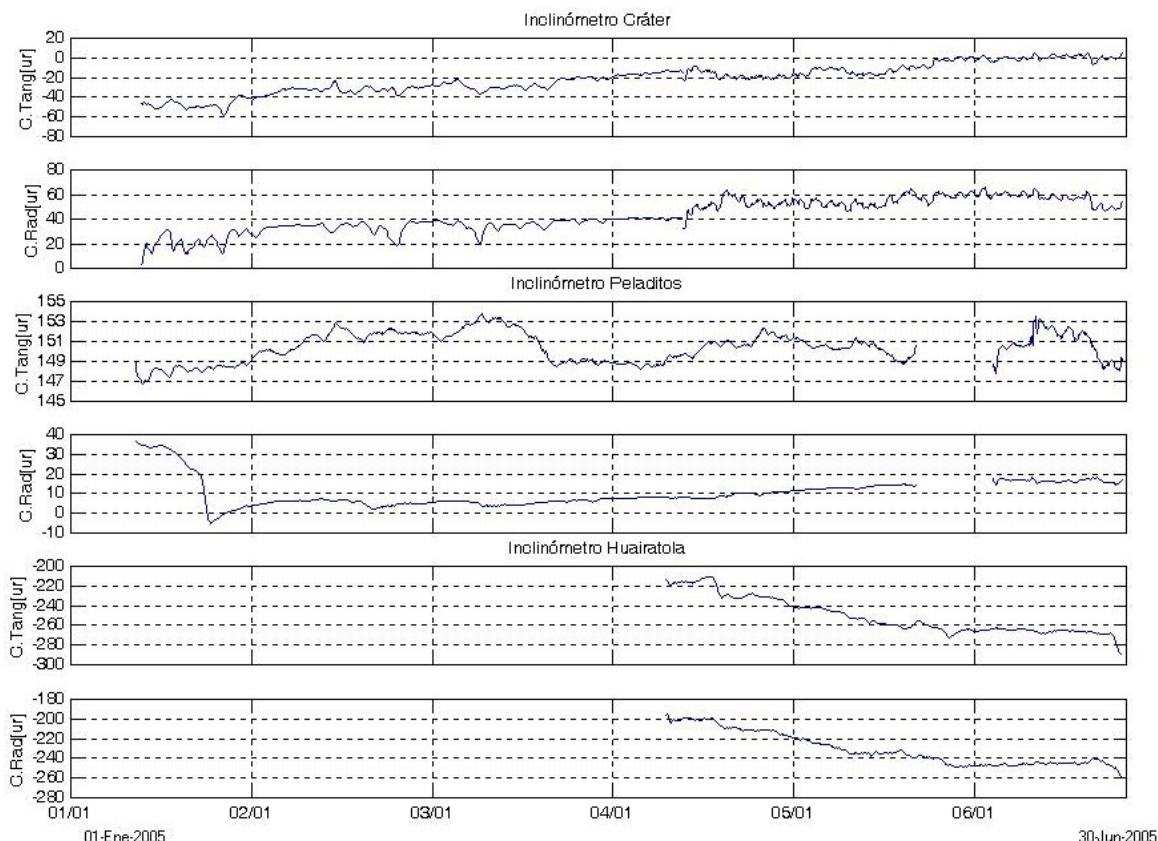


Figura 2.29 Comportamiento de las componentes de los inclinómetros electrónicos Cráter, Peladitos y Huairatola. Primer semestre de 2005

Se calcularon los vectores resultantes para tres periodos de tiempo de acuerdo con las variaciones observadas. El primero entre el 14 y el 24 de enero por el descenso brusco de la componente radial de Peladitos, el segundo periodo entre enero 25 y abril 12 correspondiendo con la reinstalación de Huairatola y el tercero desde abril 14 hasta el final del semestre (Figuras 2.29 y 2.30). En el primer periodo contemplado, con los datos de Cráter y Peladitos, se calcularon los vectores resultantes que apuntaban en dirección a la zona del cráter activo, con una mayor magnitud para el correspondiente a Peladitos, particularmente por la variación importante de su componente tangencial (Figuras 2.29 y 2.30).

En el segundo periodo considerado, a partir de los datos de los inclinómetros Peladitos y Cráter, las componentes de ambos inclinómetros mostraron variaciones en ascenso, siendo mayores las de Cráter, por lo cual su resultante fue mayor. El vector resultante de Cráter apuntó hacia el sur y el de Peladitos apuntó en sentido contrario a la zona del cráter activo (Figuras 2.29 y 2.30).

Para el último periodo se contó con el funcionamiento de los tres inclinómetros, siendo las variaciones de Huairatola las mayores, por eso su vector resultante fue el mayor y apuntó hacia el suroriente. El vector resultante de Cráter apuntó hacia el suroccidente y el vector resultante de Peladitos siguió apuntando hacia el lado oriental, contrario a la zona del cráter activo (Figuras 2.29 y 2.30).

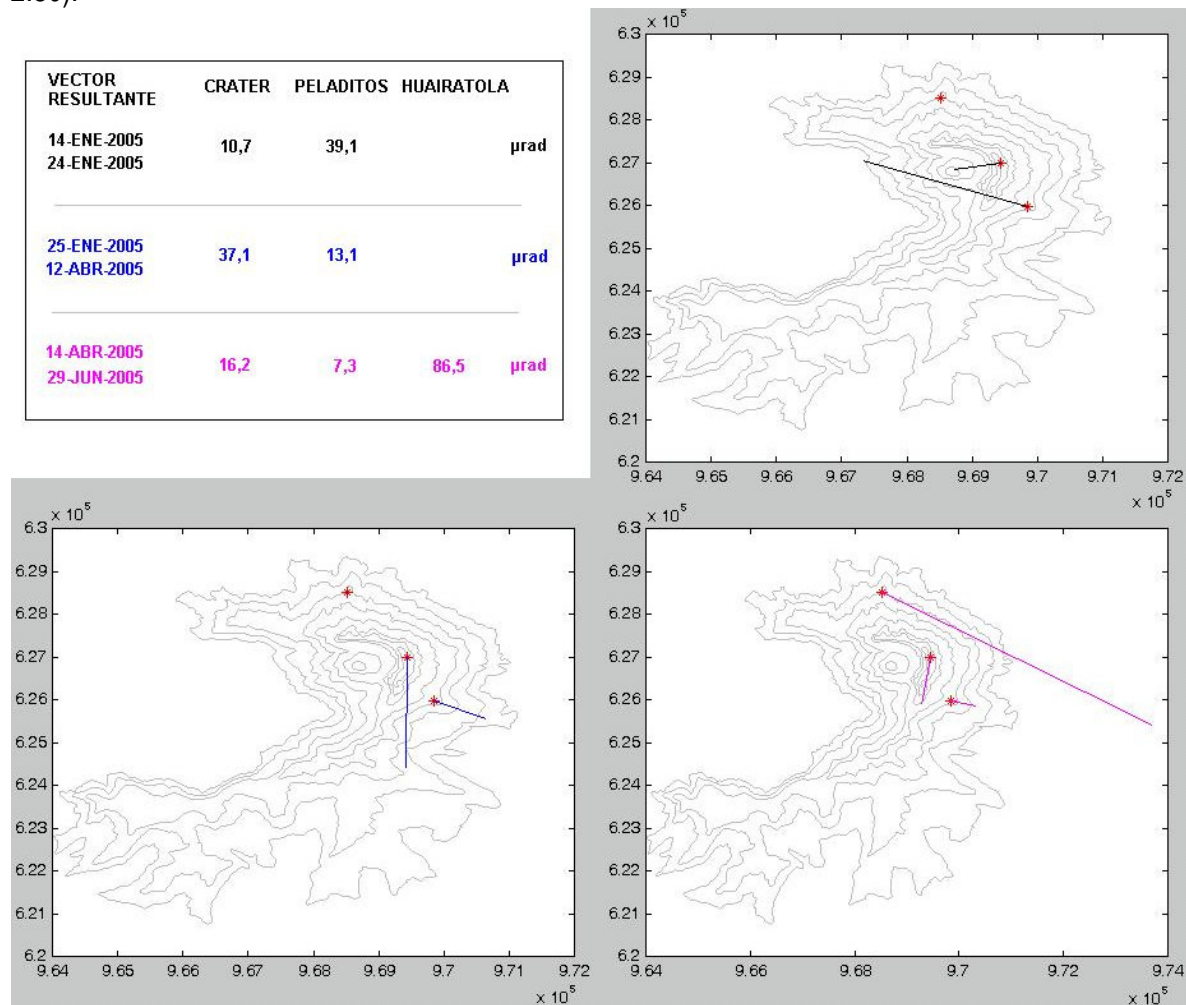


Figura 2.30 Vectores resultantes de tres periodos en los inclinómetros electrónicos Cráter, Peladitos y Huairatola. Primer semestre de 2005

2.4 FISICOQUIMICA

Debido al nivel de actividad que mantuvo Galeras durante el primer semestre de 2005 y por lo peligroso que esto es para las personas, se decidió no acceder a la zona del cono activo. En relación con parámetros geoquímicos de Galeras, se tuvieron medidas esporádicas de SO_2 con el



método de COSPEC móvil y de emisiones de Radón-222 en las líneas Circunvalar y Norte. El COSPEC empleado es de propiedad de la Escuela Politécnica de Quito (ESPONA).

En este semestre se realizaron medidas de COSPEC entre el 1 y el 4 de junio de 2005. La tabla 2.1 muestra los valores de SO₂ con viento y sin viento, que se obtuvieron en los diferentes recorridos. Estos valores fueron menores que los obtenidos en el semestre anterior.

Teniendo en cuenta el viento, el mayor valor de contenido de SO₂ en el aire fue de 1.721 Tn, se registró el primero de junio en horas de la mañana, con una velocidad del viento de 12,08 m/s en el recorrido de La Florida a Sandoná y con la columna de gases dirigida hacia el noroccidente (Tabla 2.1).

Si no se tiene en cuenta el viento, el mayor valor de SO₂ contenido en el aire fue de 155 Tn, se registró en junio 2 en horas de la tarde, en el recorrido de Yacuanquer a Pasto y con la columna de gases dirigida hacia el suroccidente (Tabla 2.1).

Tabla 2.1 Mediciones de SO₂ con el método de COSPEC móvil.

Fecha	Hora	Dirección columna	Velocidad viento m/s	SO ₂ (Tn) con viento	SO ₂ (Tn) sin viento	RECORRIDO
01/06/05	09:00	NW	12,08	1721	142	La Florida – Sandoná
01/06/05	11:00	NW	10,42	1030	99	Sandoná - La Florida
02/06/05	09:00	NW	10,25	1056	103	Sandoná – Consacá
02/06/05	14:00	SE	07,46	1159	155	Yacuanquer – Pasto
03/06/05	09:00	NW	11,11	49	4	Sandoná – Sandoná
04/06/05	09:00	NW	16,60	487	29	Sandoná – Sandoná
04/06/05	11:00	NW	15,90	265	17	Sta. Bárbara - Sta. Bárbara

Por su parte, las 18 estaciones que conforman la red isotópica de Radón (Figura 2.1), distribuidas en las Líneas Norte y Circunvalar, funcionaron a partir de febrero 15 y se tomaron datos cada 10 días, para un total de 14 medidas.

En la Línea Norte se tuvieron en general emisiones menores de 2500 pCi/L, con excepción de dos mediciones puntuales de 3.132 pCi/L y 3.563 pCi/L (Figura 2.31) que se tomaron en la estación La Huecada 1, ubicada al ENE de Galeras sobre un sector asociado con el alineamiento de la Falla Pasto. La estación que mostró los menores valores fue San Juan 3, pues la mayoría de sus emisiones estuvieron por debajo de los 500 pCi/L, San Juan 3 está ubicada al NE de Galeras sobre un sector del alineamiento de la Falla Romeral. En general los valores medidos en esta línea fueron mayores que los obtenidos en el semestre anterior. Esta línea no presentó valores importantes de emisión que pudieran asociarse con el enjambre sísmico de abril-mayo.

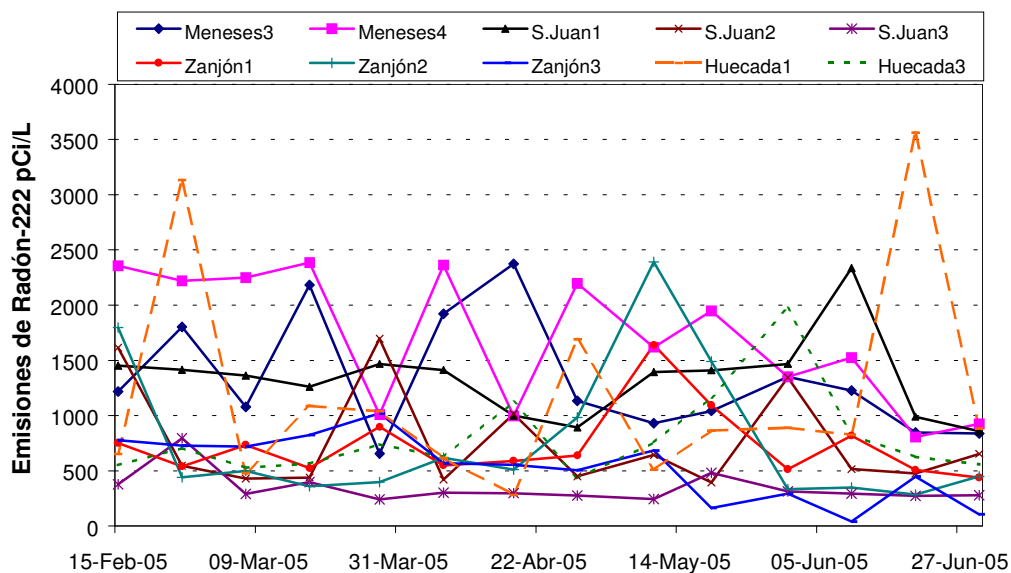


Figura 2.31 Emisiones de Rn-222, en la Línea Norte. Primer semestre de 2005.

La Línea Circunvalar mostró emisiones mayores que las de la Línea Norte. Estos valores fueron en general menores de 4.000 pCi/L (Figura 2.32). Durante el semestre se presentaron 2 picos importantes medidos en diferentes estaciones, el primero fue de 7.078 pCi/L en la estación Sismo1, ubicada sobre un trazo de la falla Buesaco al NE de Galeras. El pico del semestre fue de 7.926 pCi/L en la estación San Francisco, ubicada al NW de Galeras sobre un trazo de la falla Manchabajoy.

El pico del semestre es una anomalía importante que se presentó en la época del enjambre sísmico de abril-mayo, pero por la ubicación de la estación es difícil asociarlo con él, aunque vale recordar que la distribución epicentral de los sismos localizados del enjambre, tuvo una tendencia suroriente-noroccidente.

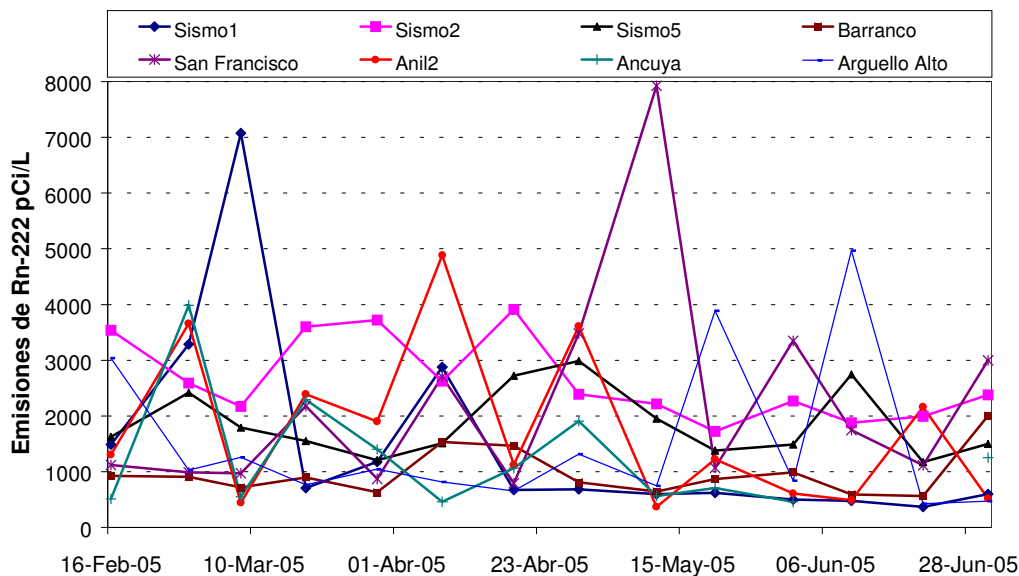


Figura 2.32 Emisiones de Rn-222, en la Línea Circunvar. Primer semestre de 2005.

2.5 ACTIVIDAD SUPERFICIAL

Las descripciones de actividad superficial se obtuvieron a partir de diferentes fuentes correspondientes a: reportes de las diferentes comisiones del Observatorio que subieron a mantenimiento de estaciones o a reconocimiento en la cima, informes de personas que habitan en la zona de influencia de Galeras, observaciones directas al volcán desde la sede del Observatorio (OVSP) y sobrevuelos efectuados por personal del Observatorio en el helicóptero Hughes de la Fuerza Aérea Colombiana.

Fecha	Hora	Observación
23/01/05	16:32	Se observó una columna de color gris oscuro de 300 m sobre la cima, que se extendió hacia el suroccidente, en el registro analógico se presentó una señal sísmica asociada con dicho evento. La velocidad del viento fue de 5,8 Km/h con dirección W.
30/01/05	16:36 18:36	Se observó una columna de color gris oscuro de 230 m sobre la cima, que se extendió hacia el noroccidente. En el registro analógico no se presentó señal asociada con dicho evento. La velocidad del viento fue de 13,2 km/h, con dirección W. Durante casi toda la tarde llovió sobre la ciudad de Pasto. A las 18:36 LT comenzó a registrarse una señal de tremor que duró 43 minutos y que se asoció con una columna que alcanzó una altura de 770 m, la velocidad del viento fue de 6,1 km/h con dirección sur. El Centro Regulador de Urgencias y Emergencias (CRUE) reportó que a las 18:50 LT desde Nariño y La Florida observaron emisión de ceniza.
02/02/05	17:00	Desde el Comité Local de Prevención y Atención de Desastres (CLOPAD) de Consacá reportaron caída de ceniza en las horas de la mañana en las veredas Nulpe, San Antonio, Plan Galeras y parte alta de San José de Bomboná. Por la tarde también se informó de olor a azufre.



03/02/05	10:57 14:14	A las 10:57 desde la estación sísmica Cráter2, una comisión del observatorio reportó que no había ceniza en el suelo ni en los paneles solares. A las 14:14 desde la Base Militar Galeras (BMG) reportaron que no había ceniza y que por el sector conocido como la Y, sintieron olor a azufre. Más tarde los Bomberos de La Florida, reportaron que en la mañana cayó ceniza en el casco urbano.
24/02/05	14:29	Desde el sector del cable de descenso de la caldera al cono activo, una comisión del observatorio reportó escuchar ruidos parecidos a los que emite un avión, posiblemente relacionados con la presión de salida de gases a partir de los diferentes campos fumarólicos del cono activo.
28/02/05	14:10	Desde el sector el Barranco (La Florida), una comisión del observatorio reportó que no había visual hacia la cima de Galeras, pero que se percibían olores azufrados (olor similar a "huevo podrido"), que comenzaron a notarse cerca al sector de Maragato y se acentuaron hacia el sector de Barranco.
14/03/05	07:00	En horas de la mañana se observó sobre algunos carros en la ciudad de Pasto, manchas posiblemente asociadas con caída de ceniza muy fina precipitada por efecto del agua lluvia.
17/03/05	06:12	Se registró un episodio de tremor y posteriormente se observó salida de ceniza de color gris oscuro con una altura aproximada de 500 m, el viento con velocidad de 4,0 km/h en dirección SW.
31/03/05	06:25	Se presentó una emisión de ceniza asociada con una señal de tremor, la velocidad del viento fue de 17,8 km/h, su dirección WNW y la altura de la columna fue cercana a 550 m. A las 12:40 LT desde la región de Barranco-Camino Real, una comisión del observatorio reportó que uno de los cenizómetros no estaba en el sitio correspondiente, al parecer movido por el viento; se encontró ceniza en poca cantidad mezclada con agua.
12/04/05	05:45	Se presentó una emisión de ceniza que se asoció con el registro de un evento de tremor. La velocidad del viento fue de 32,2 km/h, su dirección NNW y la altura de la columna de 1000 m.
14/04/05	11:37	En recorrido por la vía Circunvalar, se pudo verificar la caída de cenizas en Sandoná y Samaniego que fue observada en las emisiones del martes 12 en la madrugada desde el OVSP, el Batallón Boyacá y en sobrevuelo. Se tomaron muestras de ceniza bastante fina, colectadas en los cenizómetros de Huairatola, el Camino Real en el sector de Barranco y Calabozo. Estas emisiones se asociaron con señales de tremor de alto contenido frecuencial en los sismogramas de las estaciones cercanas. Personal del CREPAD reportó que desde Consacá se observó la emisión asociada con el tremor de las 16:57 LT, dirigida hacia el noroccidente.
24/05/05	17:00	El CLOPAD de Consacá informó que el día 24 hacia las 13:00 LT, pobladores de la parte alta de Consacá, reportaron caída de ceniza en esa zona. En la tarde cerca de las 17:00 LT, escucharon un ruido que asociaron con una posible salida de ceniza. En el OVSP no se registraron señales sísmicas que pudieran relacionarse con dicha información.

Los sobrevuelos realizados mostraron que la emisión de gases y cenizas fue mucho menor que lo observado en el semestre anterior. La ceniza emitida fue muy fina y las alturas de las columnas fueron menores. Una de las principales zonas de emisión fue El Paisita (sector norte del cono activo) que se destacó por su color de emisión más oscuro al parecer con ceniza fina y la salida del gas a manera de borbotones con cierta presión. También se destacaron los puntos de emisión de El Pinta (oriente del cono activo), Las Joyas y Deformes, (sector suroccidental), donde el gas emitido era de color blanco), y Chavas (occidente) campo fumarólico convertido en un cráter después de los eventos eruptivos de 2004.

Se observó también varios cambios morfológicos, cráteres de impacto producidos por grandes rocas y que el fondo del cráter es ahora más profundo, alcanzándose a observar en el fondo una pequeña laguna, como resultado de las aguas lluvias depositadas en esa zona. Estas modificaciones en la



morfología del cono activo se han producido por el desarrollo del proceso eruptivo que el volcán lleva desde mediados del 2004.

A continuación se presenta una galería de imágenes de la actividad superficial, tomadas como se mencionó, en sobrevuelos que realizan los funcionarios del OVSP con el apoyo de la Fuerza Aérea Colombiana:

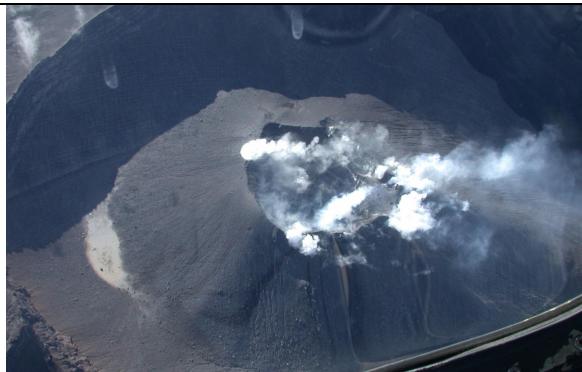


Figura 2.33 Emisión de gases en el cono activo, enero/14-08:24 LT



Figura 2.34 Emisión de gases en el cono activo, febrero/14-08:03 LT



Figura 2.35 Emisión de gases y ceniza fina, marzo/30-08:38 LT



Figura 2.36 Emisión de gases y ceniza fina, abril/12-05:49 LT



Figura 2.37 Emisión de gases, mayo/20-08:44 LT



Figura 2.38 Emisión de gases, junio/24-18:10 LT

2.6 ESTACION CLIMATOLOGICA

Los sensores de la estación climatológica (instalada a 1,6 km S del cráter activo), funcionaron adecuadamente durante el primer semestre de 2005, midiendo parámetros como velocidad y dirección del viento, temperatura ambiental, precipitación y presión atmosférica.

En este período, la velocidad del viento osciló entre 1,8 y 115 km/h (Figura 2.39). El pico del semestre se registró en junio 16, época en la cual ya se puede apreciar el inicio de la temporada de vientos fuertes. Aunque en la gráfica se aprecian valores altos, el 80% del semestre el viento alcanzó valores de velocidad entre 1,8 y 40 km/h.

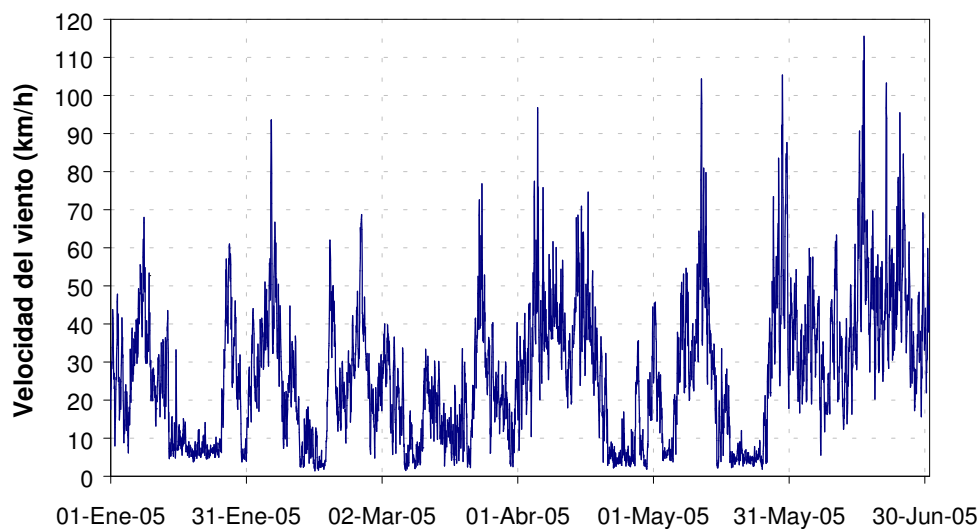
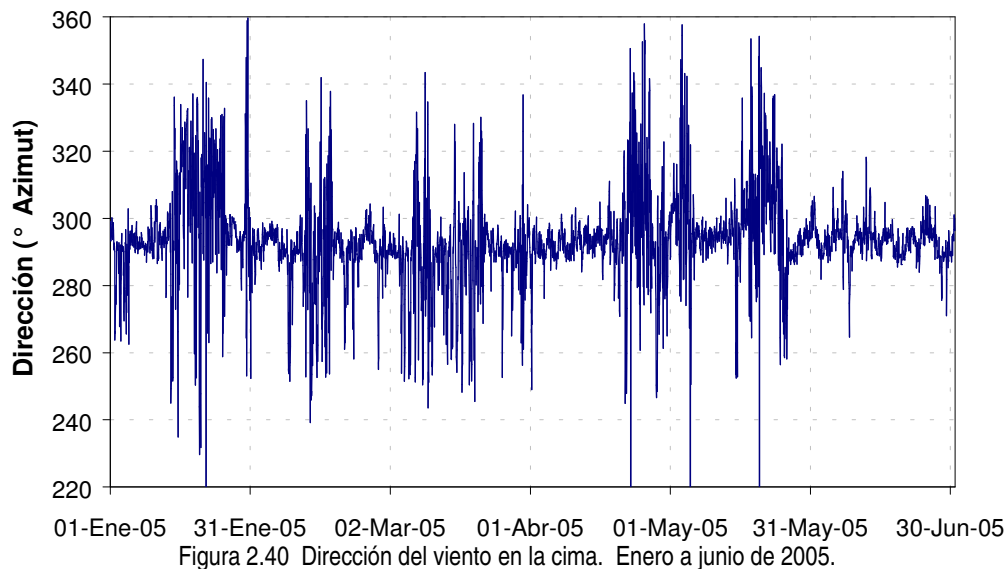
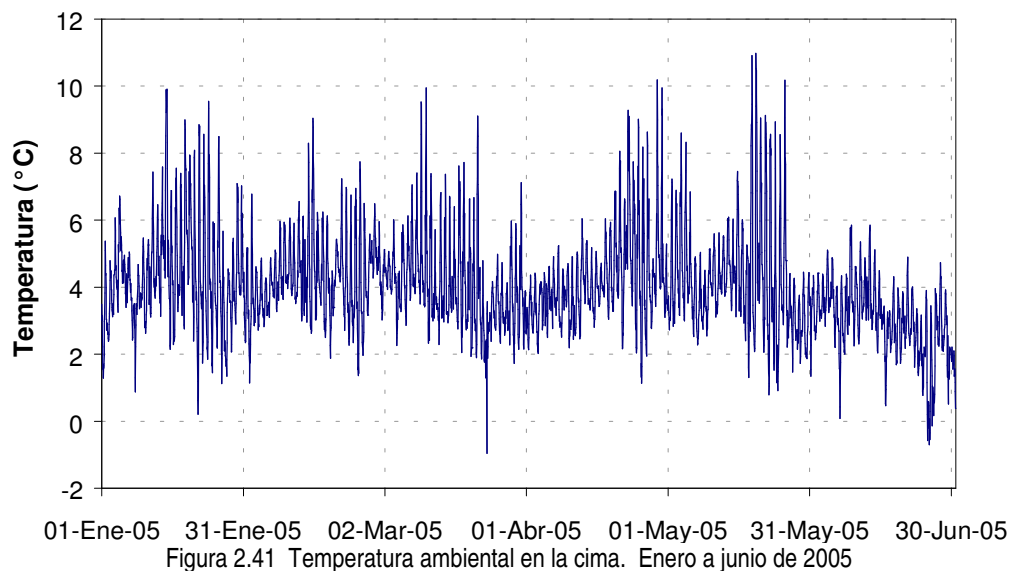


Figura 2.39 Velocidad del viento en la cima. Enero a junio de 2005

Durante el primer semestre de 2005 la dirección del viento registró valores de azimut entre 220° y 360° (Figura 2.40), o sea barriendo los cuadrantes de suroccidente a norte. La mayor parte del tiempo el viento se presentó con dirección 290° y 295° , o sea hacia el occidente-noroccidente. Los registros indicaron que el viento no sopló en dirección nororiente, oriente, suroriente y sur.



La temperatura ambiente en la cima fluctuó entre -1°C y 11°C (Figura 2.41). La mayor parte del tiempo la temperatura se mantuvo entre 2°C y 5°C . Los datos de temperatura del semestre indican una tendencia general descendente, de 1°C en los promedios.





A finales de enero y en el mes de mayo fue cuando se presentaron los mayores valores de precipitación del semestre. El pico de precipitación horaria de enero fue de 15,7 mm y el pico de mayo fue de 17,6 mm (Figura 2.42).

El pico de lluvia del semestre se presentó en mayo 25 a las 10 de la noche. En general en la cima llovió casi todos los días y los valores de precipitación fluctuaron entre 0,1 mm y 17,6 mm. Fueron muy pocos los días que no presentaron precipitación, pues debido a las extremas condiciones atmosféricas de la cima, es muy común que esté nublada y se presenten lluvias, lloviznas, tormentas y en algunas ocasiones granizo.

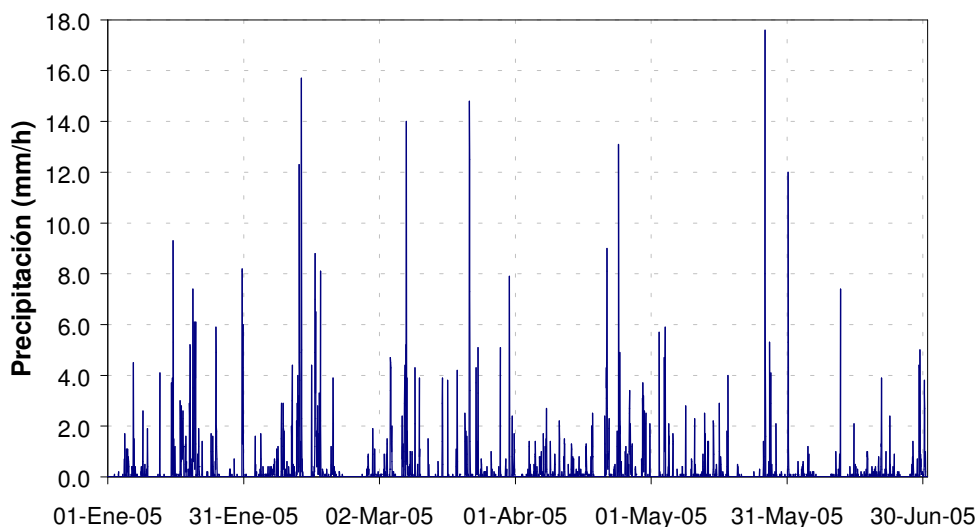


Figura 2.42 Precipitación en la cima. Enero a junio de 2005

Los datos de presión atmosférica mostraron fluctuación entre 645 Hpa y 650 Hpa en la mayor parte del semestre (Figura 2.43). El valor promedio entre febrero y junio fue de 647 Hpa. Durante el mes de enero la presión atmosférica mostró valores mayores, entre 648 Hpa y 655, luego en enero 31 sufrió un salto para quedar en los valores promedios que mostró el resto del semestre. A principios de mayo también se presentó una anomalía en los valores de presión, que puede atribuirse a problemas electrónicos.

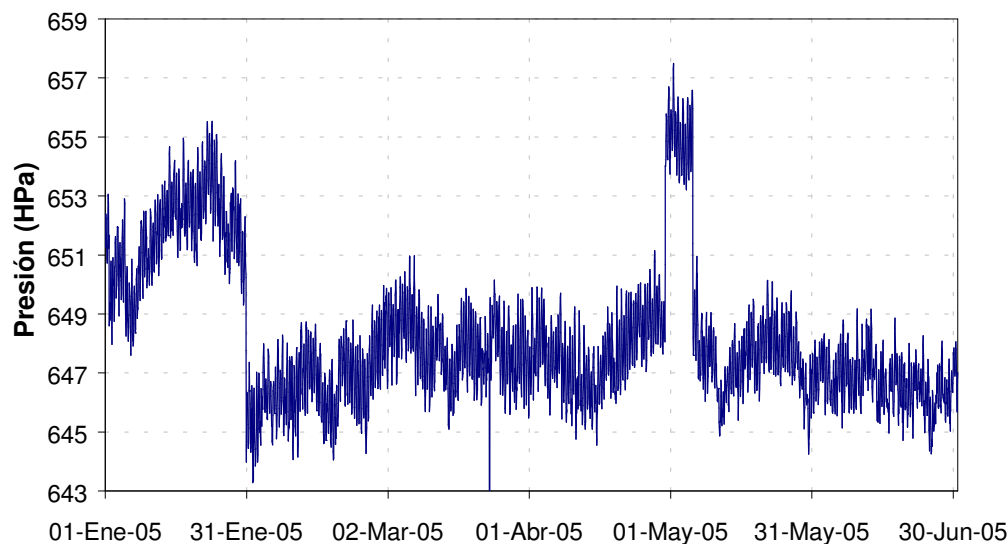


Figura 2.43 Presión atmosférica en la cima. Enero a junio de 2005

2.7 TERMOGRAFIA

Otra de las actividades desarrolladas por el personal del OVSP durante la realización de los sobrevuelos, correspondió a la toma de imágenes térmicas que permitieron la observación y seguimiento de la temperatura promedio del material rocoso que conforma el cono activo a partir del principio de emisividad de los cuerpos y como consecuencia de las fuentes de calor al interior del sistema volcánico que transmiten su temperatura a la roca. Se tomaron fotografías térmicas en enero 24, marzo 17, abril 28 y mayo 2.

Las primeras tomas térmicas se realizaron en enero 24 en horas de la madrugada, acompañadas de fotografías digitales (Figuras 2.44 y 2.45). Los parámetros de medición durante el sobrevuelo fueron:

- | | |
|--|--|
| • Condiciones a la altura del volcán: | • Condiciones a la altura de medición: |
| - Altura: 14000 pies = 4270 msnm | - Altura: 15000 pies = 4575 msnm |
| - Temperatura al nivel del objeto: 3,1 °C | - Temperatura al nivel de la cámara: 3,0 °C |
| - Humedad relativa al nivel del objeto: 73,5 % | - Humedad relativa al nivel de la cámara: 65,4 % en promedio |
| - Distancia del helicóptero al objeto 305 m | |

De acuerdo con los cálculos realizados, la temperatura máxima en estas tomas fue de 98 °C correspondiendo a una zona en el costado occidental en el interior del cráter activo (Figura 2.44).

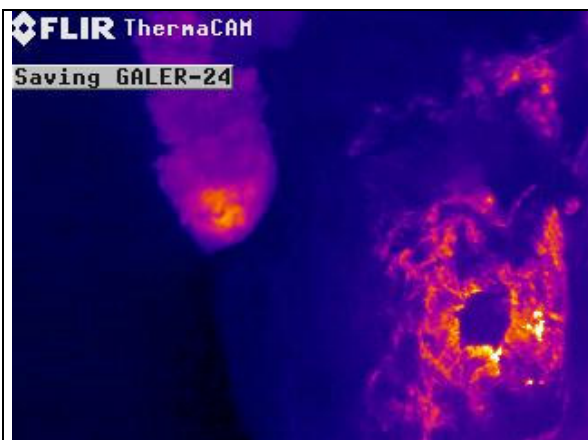


Figura 2.44 Imagen térmica del cono activo tomada en enero 24 de 2005



Figura 2.45 Imagen digital de emisión de gases en el cono activo. Enero 24 de 2005, 06:23LT

Las tomas térmicas realizadas en abril 28 entre las 05:55 y 07:15 hora local, también fueron acompañadas de fotografías digitales (Figuras 2.46 y 2.47) y sus parámetros de medición durante el sobrevuelo fueron:

- | | |
|--|---|
| • Condiciones a la altura del volcán (objeto): | • Condiciones a la altura de medición: |
| - Altura: 13.615 pies = 4.150 msnm | - Altura: 17.483 pies = 5.329 msnm |
| - Temperatura: 3,2 °C | - Temperatura: -3,2 °C |
| - Humedad relativa: 82 % | - Humedad relativa al nivel de la cámara: 67 % en promedio. |
| - Distancia del helicóptero al objeto: 1.179 m | |

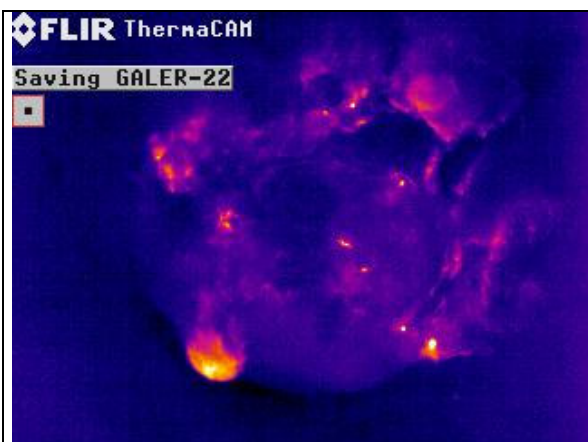


Figura 2.46 Imagen térmica del cono activo tomada en abril 28 de 2005



Figura 2.47 Imagen digital del cono activo. Abril 28 de 2005, 06:23LT



El 28 de abril se presentó en general con bastante nubosidad, pero hubo momentos en los que se despejó el cono y se observó el proceso de emisión. La salida de gases desde diversos puntos del cono activo imposibilitó la observación directa del piso rocoso. Comparando con vuelos anteriores, se detectó reducción en las tasas de emisión de los gases así como en la presión de salida de los mismos.

A partir de los cálculos realizados, la temperatura máxima en estas tomas fue de 40°C correspondiendo a una región cercana al cráter El Paisita. Estas temperaturas fueron afectadas por la alta tasa de emisión de gases y vapor de agua que impidieron la medición directa sobre el fondo rocoso del cono activo.

En términos comparativos con las mediciones efectuadas en el 2004, las imágenes térmicas tomadas en el primer semestre de 2005 mostraron valores más bajos, lo cual puede deberse a varios factores entre los que pueden mencionarse:

- Disminución real de la temperatura en la fuente de calor que se encarga de transmitirlo al medio rocoso.
- Incremento en los niveles de emisión de gases y vapor de agua que actúan como barrera y reducen la temperatura que puede estar mostrando el material rocoso.
- Taponamiento u obstrucción del sistema (conductos) a niveles superficiales (entre la fuente de calor y la superficie) que conllevan a un mayor “trabajo” para la transmisión de la temperatura a la roca.

2.8 CONCLUSIONES

- De manera general, durante el primer semestre de 2005, los parámetros empleados en la vigilancia volcánica de Galeras indicaron una disminución con respecto a lo observado en el semestre inmediatamente anterior.
- Sin embargo, se resalta como un suceso importante, el registro de un enjambre de sismos entre abril y mayo que motivó a modificar el nivel de alerta ante la posibilidad de generación de eventos eruptivos de características explosivas. Este enjambre se caracterizó por el registro de diferentes tipos de sismos entre los que se incluyen los sismos tipo Tornillo de gran importancia en el contexto de la vigilancia de Galeras.
- El número total de eventos VT de este semestre correspondió a aproximadamente a un tercio del registrado en el semestre anterior.
- El aporte en número y energía de sismos VT del enjambre de abril-mayo fue equivalente al 75% del número total de sismos del semestre y al 97% de la energía del semestre, respectivamente.
- En este semestre solamente se tuvo un reporte de evento VT sentido, localizado a 6 km al NNE de Galeras, con profundidad de 7 km y M_L de 2,8. La máxima magnitud de duración de los eventos VT del enjambre de abril-mayo fue de 1,9 grados.



- Las principales fuentes generadoras de sismos asociados con fracturamiento de material (sismos tipo VT) correspondieron a la zona del Cráter activo y a las inmediaciones del edificio volcánico.
- Los epicentros de los sismos del enjambre se localizaron en la zona del cráter activo, siguiendo un lineamiento suoriental-noroccidente y algunos sismos se ubicaron dispersos al noroccidente de Galeras.
- La profundidad para la gran mayoría de los sismos localizados fue superficial, menor de 3,0 km. La mayoría de eventos VT del enjambre de abril-mayo tuvo profundidades menores de 2,0 km.
- Los sismos asociados con dinámica de fluidos (LPS, TRE, HYB) descendieron en número y energía con respecto a lo registrado en el semestre anterior, especialmente los eventos de temblor, pues en este semestre ya no se presentaron días consecutivos de registro de temblor.
- Los eventos tipo Tornillo, mostraron amplitudes importantes, alcanzando velocidades de movimiento de las partículas del suelo de hasta 150 $\mu\text{m/s}$. Las duraciones de los eventos tipo Tornillo fueron largas en la mayoría de los eventos, alcanzando para uno de los sismos registrados, un máximo de 5 minutos.
- Se observó una tendencia lentamente descendente de la frecuencia dominante de los eventos tipo tornillo, con algunas variaciones intermedias, lo cual se ha observado en otros períodos de actividad eruptiva de Galeras y que se relacionan con contrastes de impedancia entre el medio fluido y el contorno encajante. Estas frecuencias comenzaron con un valor de 1,4 Hz y al final del semestre tenían valores de 1,29 Hz.
- Los vectores cortos de nivelación materializados en el sector norte de Galeras mostraron una tendencia ascendente a finales del semestre, lo que indicaría una posible inflación de la zona.
- Los vectores cortos del sector sur de Galeras mostraron tendencias contrarias a los del norte, lo que indicaría deflación de la zona. En cambio el vector Cobanegra que también está en el sector sur y es radial, mostró un comportamiento similar a los del norte, ascendiendo al final del semestre, lo que indicaría inflación.
- Los tres vectores que están en el sector oriental de Galeras no mostraron tendencias acordes, cada uno mostró un comportamiento diferente al de los otros dos.
- El único vector del sector occidental mostró deflación en su zona y su comportamiento fue contrario a lo mostrado por los vectores del sector norte.
- Los tres inclinómetros electrónicos telemétricos mostraron cambios importantes, especialmente Peladitos en el suoriental y Huairatola en el norte.
- En general las componentes tangencial y radial Peladitos mostraron ascenso, asumiendo una posible deflación hacia el sector del cráter activo.
- Teniendo en cuenta la ubicación del sensor de Cráter con respecto al cráter activo y tomando en consideración todo el semestre, se puede decir que este inclinómetro presentó una posible inflación hacia el sur de la zona del cráter activo.



- El inclinómetro Huairatola, desde su instalación en abril del 2005, mantuvo su tendencia descendente en las componentes radial y tangencial, el vector resultante calculado para este primer semestre tuvo una dirección que pudo obedecer a una posible inflación hacia el sector sur oriente o una deflación hacia el sector noroccidente de Galeras.
- De acuerdo con el análisis de la información global obtenida de la red de deformación, se podría establecer que el patrón general de deformación observado es de deflación hacia el costado norte del volcán y de inflación en la región sur.
- Los valores de emisión de SO₂ registrados en este período fueron bajos y menores que los registrados en períodos anteriores. El mayor valor de SO₂ en el aire se registró en junio 2, con 155 toneladas sin tener en cuenta el viento, en el recorrido Yacuanquer-Pasto.
- Las emisiones de Radón-222 en la Línea Norte en general fueron menores de 2.500 pCi/L y en general fueron menores que las observadas en el semestre anterior. Esta línea no presentó valores importantes de emisión que pudieran asociarse con el enjambre sísmico de abril-mayo.
- La Línea Circunvalar mostró emisiones mayores que las de la Línea Norte, siendo en general menores de 4.000 pCi/L.
- El pico del semestre para la Línea Circunvalar fue de 7.926 pCi/L en San Francisco, ubicada al NW de Galeras sobre un trazo de la falla Manchabajoy.
- La emisión pico de la Línea Circunvalar se presentó en la época del enjambre sísmico de abril-mayo, pero por la ubicación de la estación es difícil asociarlo con él, aunque vale recordar que la distribución epicentral de los sismos localizados del enjambre, tuvo una tendencia suroriente-noroccidente.
- En comparación con el 2004, las emisiones de ceniza se redujeron notoriamente. La ceniza emitida correspondió a partículas muy finas y las alturas de las columnas disminuyeron.
- Los sobrevuelos realizados mostraron que la emisión de gases y cenizas fue mucho menor que lo observado en el semestre anterior.
- Los puntos principales de emisión de gases fueron El Paisita que se destacó por su color de emisión más oscuro al parecer con ceniza fina y la salida del gas a manera de borbollones con cierta presión. También se destacaron los puntos de emisión de El Pinta, Las Chavas, las Joyas y las Deformes, donde el gas emitido era de color blanco.
- El cono activo ha presentado variaciones morfológicas como consecuencia de el desarrollo de todo el proceso eruptivo iniciado a mediados del 2004 y muy probablemente con mayor fuerza a raíz de las erupciones explosivas de agosto y noviembre de 2004.

2.9 BIBLIOGRAFIA

Instituto Colombiano de Geología y Minería, INGEOMINAS. Boletín Semestral de Actividad de los Volcanes Colombianos, Julio a Diciembre de 2004. Informe inédito. Pasto. Abril 2005.



Instituto Colombiano de Geología y Minería, INGEOMINAS. Reportes Mensuales de Actividad del Volcán Galeras. Meses de Abril, Mayo y Junio de 2005. Autores: ORTEGA Adriana, NARVAEZ Lourdes, GOMEZ M. Diego. Informes inéditos. Pasto. 2005.

2.10 PERSONAL PARTICIPANTE

Personal Observatorio Vulcanológico de Pasto

Gómez Martínez Diego Mauricio	Ponce Villarreal Anita Patricia
Laverde Castaño Carlos Andrés	Silva Parra Betty
Narváez Medina Lourdes	Torres Corredor Roberto Armando
Ortega Estupiñán Adriana Micaela	Grupo de Estudiantes

Personal Observatorio Vulcanológico de Manizales

Alvaro Pablo Acevedo	Fernando Gil Cruz
Cesar Carvajal	John Makario Londoño

Personal Observatorio Vulcanológico de Popayán

Jaime Raigosa Arango	Carlos Eduardo Cardona
----------------------	------------------------

Ingeominas – Otras sedes

Dra. Marta Lucía Calvache	Gustavo Garzón Valencia
---------------------------	-------------------------