

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	DOMINIO
IDENTIFICACIÓN		
Información de la citación		
CITACIÓN		
Nombre del responsable	Nombre de la organización	Servicio Geológico Colombiano
Tipo de responsable	Autor Corporativo	Autor corporativo
Nombre del responsable		Grupo de Trabajo Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto.
Tipo de responsable	Autor intelectual. Si hay varios autores hay que escribirlo cada uno.	Grupo de Trabajo Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto.
Nombre del responsable		
Tipo de responsable	Procesador: persona encargada de recibir y organizar la información	Grupo de Trabajo Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto.
Nombre del responsable		Edgar Antonio Muñoz Hidalgo
Fecha	De publicación/disposición tres primeras letras del mes/año	Jun/2015
Título		Informe Mensual de Actividad del volcán Galeras y los volcanes Cumbal, Doña Juana, Azufral, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro. Mayo de 2015.
Edición	Primera versión.- Actualización conjunto de datos la numeración va del 0.1 al 0.9	0.1
Serie		No aplica
Identificador	En proceso de definición	
Descripción	Breve descripción del conjunto de datos, se destacan los objetivos, metodologías y productos entregados	Presentación de resultados y análisis de los datos obtenidos del monitoreo continuo a la actividad de los volcanes Galeras, Doña Juana, Las Ánimas, Cumbal, Azufral, Chiles y Cerro Negro en diferentes aspectos como son el funcionamiento de estaciones, la actividad sísmica, la actividad superficial, las medidas geoquímicas y deformación. Se utiliza gráficas, tablas, esquemas, mapas y fotografías que ilustran el trabajo.
Uso/Información complementaria	Información básica sobre aplicaciones específicas donde el conjunto de datos ha sido o se está utilizando. Incluye opcionalmente lista de anexos, fuentes y documentos relacionados con el conjunto de datos.	
Programa-Proyecto		
Tipo de programa o proyecto	Cobertura macro y la capa a la cual pertenece el conjunto de datos según las estrategias institucionales.(Investigación, plan, programa, proyecto)	Proyecto

Nombre del programa/proyecto	Nombre del proyecto	
Nombre del programa/Proyecto	Nombre del proyecto	Investigación y Monitoreo de la Actividad Volcánica (AME13-06).
Periodo de tiempo	Lapso de tiempo que corresponde a la información contenida en el conjunto de datos	Mayo de 2015.
Dominio Espacial		
Extensión geográfica	Descripción del área geográfica. Incluir el nombre del territorio que cubre el producto. Incluir área geográfica dada en km ²	Zona de influencia del Volcán Galeras. Zona de influencia del Volcán Cumbal. Zona de influencia del Volcán Doña Juana. Zona de influencia del Volcán Azufral. Zona de influencia del Volcán Las Ánimas. Zona de influencia de los volcanes

		Chiles y Cerro Negro.
Coordenadas /limites		
Oeste		No aplica.
Este		No aplica.
Norte		No aplica.
Sur		No aplica.
Nivel de resolución	Escala	No aplica.
Descriptor de tema	Palabra o frase común que describe aspectos temáticos del conjunto de datos	<p>Descriptor primarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Actividad Sísmica -Número diario -Energía diaria -Frecuencia -Localizaciones -Deformación -Electromagnetismo -Geoquímica -Emisiones -Actividad Superficial -Temperaturas
Descriptor de lugar	Nombre de lugares geográficos cubiertos por el conjunto de datos. Nombre de zonas, regiones, municipios	<ul style="list-style-type: none"> - Zona de influencia del Volcán Galeras, cono activo, municipios de la carretera Circunvalar a Galeras, Pasto. - Zona de influencia del Volcán Cumbal - Zona de influencia del Volcán Doña Juana - Zona de influencia del Volcán Azufral - Zona de influencia del Volcán Las Ánimas -Zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro
Código temático		Capas de información
Restricción de acceso	Limitaciones para acceso al conjunto de datos incluye restricciones que aseguren protección de privacidad o propiedad intelectual o limitaciones en obtención del conjunto de datos.	Derechos de propiedad intelectual. Prohibida su reproducción total o parcial con fines comerciales. Incluye información básica para documentos e investigación.
Muestra gráfica	Ilustración gráfica del conjunto de datos. Se especifica la dirección del computador, trayectoria, nombre y extensión del archivo.	Los datos se encuentran en el Servidor de Archivos Principal en el directorio: V:\informes\informes_finales\WIGLANCIA\informes_tecnicos_mensuales\2015\may
Calidad de los datos		
Informe general de calidad	Incluye conceptos sobre limitaciones, exactitud temática, contenido, normatividad	Se vigila y monitorea las diferentes manifestaciones de la actividad volcánica y sísmica en la zona de influencia de los Volcanes Galeras, Cumbal, Doña Juana, Las Ánimas, Azufral, Chiles y Cerro Negro para acercarse al entendimiento de los diferentes fenómenos internos que las producen y a un pronóstico de eventos eruptivos.
Distribución		
Distribuidor		
Tipo de producto	Artículo, boletín, fotografía aérea, mapa, imagen satelital, informe técnico	Informe Técnico
Proceso estándar de pedido		
Productos impresos	Identificación que tipo de producto impreso. Ej. mapa impreso a color	No aplica.
Forma digital		
Formato	Nombre, versión del formato. Ejm: PDF.- Si no se encuentra en forma digital se escribe "No disponible"	El informe se encuentra en formato DOC y PDF
Opción de transferencia digital		

Dirección en línea	Dirección electrónica donde se puede obtener el conjunto de datos	http://www.sgc.gov.co/Pasto/Publicaciones/Informes-tecnicos/Informe-Mensual/2015.aspx
Medio digital/Ubicación	Opciones del medio digital en el cual puede ser entregado el conjunto de datos y su ubicación física. Disquete de 3-1/2; CD-ROM	CDROM
Contacto		
Organización	Nombre de la organización	Servicio Geológico Colombiano.
Cargo/persona	Nombre e identificación del cargo o persona asociado al conjunto de datos	John Makario Londoño, Jefe de Proyecto Ame09-42
Sede		Bogotá
Dirección		Diag. 53 No. 34-53
Ciudad		Bogotá, D.C.
Departamento		Cundinamarca
País		Colombia
Teléfono		(57+1)2 20 02 00 - 2 20 01 00 - 2 22 18 11 (57+1) 01-8000-110842
Fax		(57+1) 222 07 97
Correo electrónico		cliente@sgc.gov.co



**INFORME MENSUAL DE ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES
GALERAS, CHILES – CERRO NEGRO, CUMBAL,
LAS ÁNIMAS, DOÑA JUANA Y AZUFRAL
MAYO DE 2015**

Edición:

GRUPO DE TRABAJO OBSERVATORIO PASTO

San Juan de Pasto, junio de 2015

República de Colombia
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA
SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

CONTENIDO

		Pág.
	RESUMEN	9
	INTRODUCCION	11
1.	ACTIVIDAD DEL VOLCAN GALERAS – MAYO DE 2015	12
1.1.	RED DE VIGILANCIA	12
1.2.	SISMOLOGÍA	19
1.3.	DEFORMACIÓN	24
1.3.1.	Estaciones de Inclinometría Electrónica	24
1.3.2.	Medición Electrónica de Distancias - EDM en Galeras	28
1.3.3.	Estaciones GNSS permanentes	28
1.4.	ELECTROMAGNETISMO	32
1.5.	GEOQUÍMICA	37
1.5.1.	Mediciones de flujo de emisión de SO ₂ con instrumentos ScanDOAS y MovilDOAS	37
1.5.2.	Flujo de gas Radón 222 – (Rn222) telemétrico	39
1.5.3.	Muestreo de aguas en fuentes termales.	41
1.6.	ACTIVIDAD SUPERFICIAL Y CAMBIOS GEOMORFOLOGICOS	47
1.7.	CONCLUSIONES	50
2.	ACTIVIDAD DEL VOLCÁN CUMBAL – MAYO DE 2015	51
2.1.	RED DE VIGILANCIA	51
2.2.	SISMOLOGÍA	52
2.3.	DEFORMACIÓN	56
2.4.	ACTIVIDAD SUPERFICIAL	59
2.5.	CONCLUSIONES	61
3.	ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO – MAYO DE 2015	62
3.1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	62
3.2.	RED DE VIGILANCIA	62
3.3.	SISMOLOGÍA	64
3.4.	DEFORMACIÓN	67
3.5.	GEOQUÍMICA	68
3.5.1.	Muestreo de aguas en fuentes termales del volcán Chiles	68
3.5.2.	Registro de temperatura – Estación Térmica Baño Grande	68
3.6.	ACTIVIDAD SUPERFICIAL	70
3.7.	CONCLUSIÓN	70
4.	ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES LAS ÁNIMAS, DOÑA JUANA Y AZUFRAL –MAYO DE 2015	71
4.1.	ACTIVIDAD DEL VOLCAN LAS ANIMAS	72
4.1.1.	Ubicación Geográfica	72
4.1.2.	Red de Vigilancia	72
4.1.3.	Sismología	73
4.1.4.	Deformación	74
4.1.5.	Actividad Superficial	76
4.1.6.	Conclusión	76
4.2.	ACTIVIDAD DEL VOLCAN DOÑA JUANA	77
4.2.1.	Red de vigilancia	77
4.2.2.	Sismología	78
4.2.3.	Deformación	78
4.2.4.	Actividad Superficial	80

4.2.5.	Conclusión	80
4.3.	ACTIVIDAD DEL VOLCAN AZUFRAL	81
4.3.1.	Red de vigilancia	81
4.3.2.	Sismología	83
4.3.3.	Deformación	85
4.3.3.1.	Inclinometría Electrónica	85
4.3.3.2.	Medición Electrónica de Distancias E.D.M.	86
4.3.4.	Geoquímica	86
4.3.5.	Actividad Superficial	96
4.3.6.	Conclusión	97

FIGURAS

		Pág.
Figura 1.	Localización de las estaciones sísmicas y sensores de presión acústicos que conformaron la red de vigilancia de Galeras en mayo de 2015.	13
Figura 2.	Localización de las estaciones para el seguimiento de la deformación (inclinómetros y GNSS) que conformaron la red de vigilancia de Galeras en mayo de 2015.	14
Figura 3.	Localización y orientación de las estaciones de inclinometría electrónica instaladas en Galeras. Los catetos de los triángulos muestran las direcciones de las componentes de cada sensor.	15
Figura 4.	Localización de las estaciones campo magnético y eléctrico, detectores de flujos de lodos, ScanDOAS, climática y cámaras web que conformaron la red de vigilancia de Galeras en mayo de 2015.	16
Figura 5.	Localización de las estaciones instaladas en Galeras para el monitoreo de gas Radón.	17
Figura 6.	Localización de los puntos materializados para mediciones EDM en el volcán Galeras. Los triángulos de color naranja indican la ubicación de las Bases de medición 1, 2, 3, 4 y 5, los círculos de color verde indican la ubicación de los prismas reflectores.	18
Figura 7.	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron las redes de monitoreo del volcán Galeras en mayo de 2015.	18
Figura 8.	Relación porcentual de ocurrencia sísmica por tipo de sismos en el volcán Galeras, entre los meses de febrero y mayo de 2015.	20
Figura 9.	Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para el periodo comprendido entre el 1 y 31 de mayo de 2015. La región sombreada corresponde al mes de mayo.	20
Figura 10.	Comparación porcentual del número de eventos volcánicos por tipo ocurridos durante el mes en evaluación (barras de la derecha) respecto al mes anterior (barras de la izquierda).	21
Figura 11.	Energía sísmica diaria liberada por los eventos volcánicos según su tipo (en términos de su raíz cuadrada), registrados entre el 1 y 31 de mayo de 2015.	22
Figura 12.	Comparación porcentual de la energía liberada por tipo de evento para mayo de 2015 (barras de la derecha) respecto a abril de 2015 (barras de la izquierda).	22
Figura 13.	Relación porcentual mensual de la energía sísmica liberada para cada tipo de sismos desde febrero a mayo de 2015.	23
Figura 14.	Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 31 de mayo de 2015. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 3 km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4270 msnm).	24
Figura 15.	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2011 y el 31 de mayo de 2015.	25
Figura 16.	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Urcunina, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de mayo de 2015.	26
Figura 17.	Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), del inclinómetro electrónico Cráter, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de mayo de 2013 y el 31 de mayo de 2015.	26
Figura 18.	Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de mayo de 2015.	27
Figura 19.	Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), del inclinómetro electrónico Huairatola, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de mayo de 2015.	27
Figura 20.	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), del inclinómetro electrónico Arlés, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de mayo de 2015.	28
Figura 21.	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), del inclinómetro electrónico Cóndor,	28

	instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de noviembre de 2011 y el 31 de mayo de 2015.	
Figura 22.	Ubicación de las estaciones GNSS instaladas en Galeras respecto al GNSS QUIL ubicado en el aeropuerto Antonio Nariño.	30
Figura 23.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Chiguaco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 7 de mayo de 2014 y el 28 de mayo de 2015.	30
Figura 24.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cráter instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 11 de diciembre de 2013 y el 29 de mayo de 2015.	31
Figura 25.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS El Ingenio instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 7 de mayo de 2014 y el 29 de mayo de 2015.	31
Figura 26.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS San Cayetano instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 9 de diciembre de 2013 y el 30 de mayo de 2015.	32
Figura 27.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cóndor instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 14 de diciembre de 2013 y el 29 de mayo de 2015.	32
Figura 28.	Localización de las estaciones de monitoreo de variaciones electromagnéticas, que conforman la red de vigilancia del volcán Galeras.	33
Figura 29.	Variaciones del Campo Magnético, en las tres componentes: Z (azul), NS (rojo) y EW (verde), de la estación de Cráter, para el periodo comprendido entre y mayo de 2015.	34
Figura 30.	Flujo de emisión de SO ₂ registrado entre febrero y mayo de 2015 por los equipos ScanDOAS en Galeras. Se resalta en gris el mes evaluado.	35
Figura 31.	Mapa de localización de las estaciones telemétricas, utilizadas para medición de flujo de gas radón en zona de influencia del volcán Galeras.	36
Figura 32.	Concentración radón en suelo volcán Galeras -estación telemétrica Lavas- mes de mayo 2015.	37
Figura 33.	Concentración radón en suelo volcán Galeras -estación telemétrica Parques- mes de mayo 2015.	37
Figura 34.	Mapa de localización de las fuentes termales perteneciente a la zona de influencia del Volcán Galeras.	38
Figura 35.	Potencial de hidrógeno de las FT del Volcán Galeras en mayo 2015.	40
Figura 36.	Comportamiento del pH de las FT Volcán Chiles entre agosto de 2012 y mayo de 2015.	41
Figura 37.	Imagen térmica FT Río Pasto - Mayo 2015.	42
Figura 38.	Imagen térmica FT Aguas Agrias mayo 2015.	42
Figura 39.	Imagen térmica FT Cehani - Mayo 2015.	43
Figura 40.	Imagen térmica FT Agua Blanca - Mayo 2015.	43
Figura 41.	Imagen térmica FT Licamancha - Mayo 2015.	44
Figura 42.	Comportamiento de la temperatura de las FT Volcán Galeras entre agosto de 2012 y mayo de 2015.	44
Figura 43.	Comportamiento de la Conductividad Eléctrica de las FT Volcán Galeras entre septiembre de 2012 y mayo de 2015.	45
Figura 44.	Comportamiento del contenido de Bicarbonato de las FT Volcán Galeras entre septiembre de 2012 y mayo de 2015.	45
Figura 45.	Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde la cámaras ubicadas en la sede del OVSP (Arriba Izquierda), Bruma (Arriba Derecha) y desde Consacá (Abajo) el 3 de mayo de 2015 a las 5:45 a.m.	46
Figura 46.	Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde la cámaras web ubicada en Bruma el 4 de mayo de 2015 a las 5:38 a.m. y a las 7:51 a.m. respectivamente.	47
Figura 47.	Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde la cámara ubicada en Bruma el 29 de mayo a las 6:15 a.m.	47

Figura 48.	Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde la cámara web ubicada en Bruma el 30 de mayo a las 1:24 p.m.	47
Figura 49.	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico de Cumbal durante el mes de mayo de 2015.	49
Figura 50.	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico de Cumbal en mayo de 2015.	50
Figura 51.	Relación porcentual de ocurrencia sísmica mensual por tipo de evento en el volcán Cumbal entre febrero y mayo de 2015. En la Figura el valor de los porcentajes se aproxima a valores enteros.	51
Figura 52.	Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero y el 31 de mayo de 2015.	51
Figura 53.	Sismograma y espectro en frecuencia del evento TOR, registrado el 22 de mayo de 2015 a las 4:40 a.m., el evento tuvo una duración de 27 segundos en la estación sísmica Limones.	52
Figura 54.	Evolución temporal de las frecuencias dominantes de los eventos tipo TOR registrados entre el 28 de julio de 2010 y el 31 de mayo de 2015.	52
Figura 55.	Duración en segundos de los eventos tipo TOR registrados entre el 28 de julio de 2010 y el 31 de mayo de 2015.	53
Figura 56.	Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 31 de mayo de 2015. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2 Km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4760 msnm).	54
Figura 57.	Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Limones, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de mayo de 2015.	55
Figura 58.	Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Punta Vieja, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de mayo de 2015.	55
Figura 59.	Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Nieve, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de mayo de 2015.	56
Figura 60.	Registro fotográfico de las emisiones de gases observadas el 1 de mayo de 2015 a las 6:21 p.m. desde la cámara Web instalada en la cabecera municipal de Cumbal.	57
Figura 61.	Registro fotográfico de la emisión de gases observada el 5 de mayo a las 7:04 a.m., desde la cámara Web instalada en la cabecera municipal de Cumbal.	57
Figura 62.	Localización de los volcanes Chiles y Cerro Negro (izquierda) e imágenes de los mismos (derecha).	59
Figura 63.	Estaciones sísmicas y de deformación cortical para los volcanes Chiles y Cerro Negro del lado Colombiano.	60
Figura 64.	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante mayo de 2015.	61
Figura 65.	Mapa de localización de las fuentes termales pertenecientes a la zona de influencia de los Volcanes Chiles y Cerro Negro.	61
Figura 66.	Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Chiles y Cerro Negro entre el 1 de noviembre de 2013 y el 31 de mayo de 2015.	64
Figura 67.	Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo de Chiles y Cerro Negro, en el mes de mayo de 2015, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 1,5 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.	65
Figura 68.	Energía diaria liberada calculada con la ML de los eventos volcánicos tipo VT ocurridos en Chiles – Cerro Negro entre el 1 de noviembre de 2013 y el 31 de mayo de 2015. La ordenada se muestra en términos de la raíz cuadrada del valor de la energía en ergios.	66
Figura 69.	Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Chiles, instalado en el volcán Chiles, para el periodo comprendido entre el 23 de octubre de 2014 y el 31 de mayo de 2015.	67
Figura 70.	Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Cerro Negro – 2, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 7 de noviembre de 2014 y el 31 de mayo de 2015.	67

Figura 71.	Gráfico filtrado por horas de la variación de temperatura FT Baño Grande perteneciente a la zona de influencia del Volcán Chiles en mayo de 2015.	68
Figura 72.	Localización de algunos volcanes del sur de Colombia, entre ellos están Galeras, Doña Juana, Azufral, Cumbal, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro monitoreados por el OVSP - Servicio Geológico Colombiano.	70
Figura 73.	Localización del volcán Las Ánimas (izquierda) e imagen del costado occidental del volcán (derecha).	71
Figura 74.	Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante el mes de mayo de 2015. En el mapa se distinguen también los volcanes Doña Juana y Petacas.	72
Figura 75.	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante mayo de 2015.	72
Figura 76.	Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Las Ánimas, en el mes de mayo de 2015, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 1,0 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.	73
Figura 77.	Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Altamira, para el periodo comprendido entre el 1 de septiembre de 2013 y el 31 de mayo de 2015.	74
Figura 78.	Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Altamira, para el periodo comprendido entre mayo de 2013 y mayo de 2015.	75
Figura 79.	Localización de las estaciones que conforman la red de monitoreo de los volcanes Doña Juana y Las Animas.	76
Figura 80.	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Doña Juana durante el mes de mayo de 2015.	77
Figura 81.	Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Lavas instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre mayo de 2013 y mayo de 2015.	78
Figura 82.	Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Florida, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre enero de 2013 y mayo de 2015.	78
Figura 83.	Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de mayo de 2015.	80
Figura 84.	Localización de los puntos materializados para mediciones EDM en el volcán Azufral. Los triángulos de color amarillo indican la ubicación de las Base 1, 2, 3 y 4, los círculos de color verde indican la ubicación de los prismas reflectores.	81
Figura 85.	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de mayo de 2015.	82
Figura 86.	Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Azufral entre el 1 de febrero y el 31 de mayo de 2015.	83
Figura 87.	Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Azufral, en el mes de mayo de 2015, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 3 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.	83
Figura 88.	Componentes de inclinación Radial y Tangencial del inclinómetro La Roca instalado en el volcán Azufral para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de mayo de 2015.	84
Figura 89.	Componentes de inclinación Radial y Tangencial del inclinómetro Chaitán instalado en el volcán Azufral para el periodo comprendido entre el 9 de agosto de 2012 y el 31 de mayo de 2015.	84
Figura 90.	Imagen de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, registrada el día 17 de mayo a las 7:23 a.m., mediante la cámara instalada en el costado sur. En la fotografía se observan las zonas de emisión de gas, desde el Domo Mallama.	85
Figura 91.	Imagen de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, registrada el día 22 de mayo a las 8:08 a.m., mediante la cámara instalada en el costado sur. En la fotografía se observan	86

	las zonas de emisión de gas, desde el Domo Mallama.	
--	---	--

TABLAS

		Pág.
Tabla 1.	Estaciones sísmicas y sensores acústicos de la red de monitoreo de Galeras en mayo de 2015.	14
Tabla 2.	Inclinómetros electrónicos telemétricos que conformaron parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras en mayo de 2015.	15
Tabla 3.	Estaciones GNSS telemétricas que conformaron parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras en mayo de 2015.	15
Tabla 4.	Localización de las estaciones campo magnético y eléctrico, detectores de flujos de lodos, ScanDOAS, climática y cámaras web que conformaron la red de vigilancia de Galeras en mayo de 2015.	16
Tabla 5.	Estaciones que monitorean las variaciones del campo de potencial eléctrico y magnético ocasionadas por la actividad del volcán Galeras.	16
Tabla 6.	Estaciones para el monitoreo de gas Radón instaladas sobre la vía de acceso a Galeras (Línea Galeras).	17
Tabla 7.	Número de eventos volcánicos por tipo ocurridos entre el 1 y 31 de mayo de 2015, resaltando en verde el mes objeto de evaluación.	19
Tabla 8.	Energía sísmica liberada evaluada a partir de ondas de cuerpo para los diferentes tipos de eventos volcánicos entre el 1 y 31 de mayo de 2015, resaltando en color verde el mes evaluado.	21
Tabla 9.	Emisiones de SO ₂ del volcán Galeras (cuantificadas en términos de flujo de emisión) registradas durante el mes de mayo de 2015, por las estaciones ScanDOAS (Proyecto NOVAC).	35
Tabla 10.	Valores máximo y mínimo y promedio de concentración de radón en estación Lavas del Volcán Galeras en mayo 2015.	37
Tabla 11.	Valores máximo y mínimo y promedio de concentración de radón en estación Parques del Volcán Galeras en mayo 2015.	37
Tabla 12.	Imágenes fotográficas de las fuentes termales de la zona de influencia del volcán Galeras - mayo 2015.	39
Tabla 13.	Ubicación geográfica fuentes termales volcán Galeras.	39
Tabla 14.	Clasificación de aguas termales de acuerdo a la temperatura.	41
Tabla 15.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del complejo volcánico de Cumbal durante mayo de 2015.	50
Tabla 16.	Número de eventos volcánicos por tipo ocurridos entre el 1 de febrero y el 31 de mayo de 2015(resaltado en color verde).	50
Tabla 17.	Estaciones que conforman la red de vigilancia de la actividad de los volcanes Chiles y Cerro Negro.	60
Tabla 18.	Ubicación geográfica (WGS84) de las fuentes termales y frías del área de influencia del volcán Chiles.	62
Tabla 19.	Número de eventos volcánicos por tipo para el complejo volcánico Chiles – Cerro Negro ocurridos entre el 1 de febrero y el 31 de mayo de 2015.	64
Tabla 20.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Las Ánimas en mayo de 2015.	71
Tabla 21.	Número de eventos volcánicos por tipo para el volcán Las Ánimas ocurridos entre el 1 de febrero y el 31 de mayo de 2015.	73
Tabla 22.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Doña Juana en mayo de 2015.	77
Tabla 23.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Azufral durante mayo de 2015.	81
Tabla 24.	Número de eventos volcánicos por tipo para el volcán Azufral ocurridos entre el 1 de febrero y el 31 de mayo de 2015 de 2015. Se resalta en verde el último mes objeto de evaluación.	82

RESUMEN

Durante el mes de mayo de 2015, la actividad sísmica en el volcán Galeras presentó un aumento en la ocurrencia sísmica, mientras que el valor de energía liberada disminuyó en dos órdenes de magnitud en comparación a los valores registrados en abril de 2015. Los sismos asociados con fracturamiento de material sólido con el consiguiente movimiento de fluidos (HYB) fueron los que aportaron el mayor número, y los asociados fracturamiento de roca (VT) aportaron la mayor fracción de energía liberada.

Respecto a la localización de sismos relacionados con fracturamiento de roca (VT) e (HYB), la mayoría se ubicaron en inmediaciones del Cráter, a menos de 4 km de distancia y con profundidades menores a 3 km respecto a la cima volcánica. Las magnitudes locales de los eventos estuvieron por debajo de 2,3 en la escala de Richter.

Teniendo en cuenta el registro de los sensores utilizados para el monitoreo de la deformación del edificio volcánico, tres de ellos, ubicados hacia el costado occidental continúan mostrando cambios simultáneos desde el mes de septiembre de 2014, correspondientes a tendencias ascendentes en una de las componentes de inclinación.

En cuanto a la actividad superficial con base en la información que aportan las imágenes capturadas del cráter activo, fue posible evidenciar emisiones de gases durante 13 días del mes, en su mayoría de coloración blanca; los principales focos de emisión continúan ubicados en el sector norte y occidental de la cima del cono volcánico con dispersión variable debido a la acción de los vientos y con alturas menores a los 200 m sobre sus centros de emisión.

El análisis de los diferentes parámetros para el monitoreo volcánico permitió mantener el nivel de actividad en **AMARILLO ■ (III): “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.

Con relación al monitoreo del Complejo volcánico de Cumbal, la evaluación de los registros sísmicos en la estaciones instaladas en este volcán muestran que la mayoría de eventos ocurridos se asocian con fracturamiento de material sólido con el consiguiente movimiento de fluidos (HYB) en el interior de la estructura volcánica. Comparando la actividad sísmica del periodo evaluado con la del mes anterior, se observa un incremento en casi cinco veces en los niveles de ocurrencia.

En relación con la sismicidad asociada con fracturamiento de material cortical al interior del Complejo Volcánico de Cumbal, para el periodo evaluado fue posible localizar 44 sismos, la mayoría se localizaron en inmediaciones del complejo volcánico Cumbal a menos de 1 km de distancia y profundidades menores a 2 km. Las magnitudes locales estuvieron por debajo de 2,5 en la escala de Richter.

El análisis de los diferentes parámetros para el monitoreo del complejo volcánico Cumbal permitió mantener el nivel de actividad en **AMARILLO ■ (III): “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.

La ocurrencia sísmica de los Volcanes Chiles y Cerro Negro, disminuyó en un 57,5% respecto a la registrada en abril de 2015. De esta sismicidad fue posible localizar 166 eventos, ubicados en su mayoría a menos de 8 km de distancia al suroccidente del volcán Chiles, con profundidades de hasta 7 km respecto a la cima volcánica. Las magnitudes locales estuvieron por debajo de 2,0 en la escala de Richter.

Adicionalmente, cabe mencionar que continúan cambios registrados en la deformación cortical del edificio del volcán Cerro Negro.

La evaluación del proceso volcánico para los volcanes Chiles – Cerro Negro durante mayo de 2015 permitió mantener el **NIVEL AMARILLO ■ (III): “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.

En los volcanes Las Ánimas y Azufral se tuvo registro de 3 y 1 evento tipo VT respectivamente, los cuales fueron de bajo nivel energético.

En el volcán Las Doña Juana no se tuvo registro de actividad sísmica.

Condiciones de clima favorables durante la mitad del mes, permitieron evidenciar a través de la cámara instalada en el costado suroccidental del volcán Azufral, emisiones de gas de color blanco de baja altura, provenientes principalmente de uno de los domos ubicados al nororiente de la Laguna Verde.

Con base en el análisis de la información suministrada por las redes de vigilancia, instaladas alrededor de los volcanes monitoreados, se concluye que el nivel de actividad de los volcanes Las Ánimas, Doña Juana y Azufral, se mantiene en **NIVEL VERDE ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”**.

INTRODUCCION

Durante el mes de mayo de 2015, el SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO - Observatorio Vulcanológico y sismológico de Pasto (OVSP), continuó con la tarea institucional de vigilar la actividad de los volcanes Galeras, Cumbal, Chiles y Cerro Negro, Doña Juana, Azufral, Las Ánimas mediante el monitoreo en forma continua y en tiempo real durante las 24 horas del día. Esto permitió evaluar el estado de actividad de cada uno de estos volcanes.

El estado y características de un volcán pueden variar a través del tiempo y es por ello que surge el monitoreo volcánico, el cual consiste en la vigilancia y estudio de los cambios ocurridos en diferentes fases de un volcán, mediante la aplicación de una serie de disciplinas geofísicas y geoquímicas. Cambios en el comportamiento de la actividad son el reflejo de distintos procesos al interior del sistema volcánico y que pueden ser provocados por procesos hidrotermales o magmáticos que conllevan a variaciones de presión-temperatura en el sistema volcánico, cambios en el estado de esfuerzos de la corteza, movimiento de material fluido (magma, volátiles o gases) desde niveles más profundos a reservorios más someros o a la superficie misma.

El análisis presentado en este informe corresponde a los resultados preliminares derivados a partir del procesamiento de los datos instrumentales y de las observaciones directas de algunas manifestaciones de la actividad volcánica. Se realiza también una recopilación del funcionamiento de los equipos que conforman la red de monitoreo volcánico en sus diferentes áreas.

1. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN GALERAS – MAYO DE 2015

1.1. RED DE VIGILANCIA

En mayo de 2015 la red de vigilancia del volcán Galeras estuvo conformada por:

- Catorce estaciones sísmicas telemétricas: ocho de corto periodo (cinco triaxiales y tres de componente vertical) y seis de banda ancha triaxiales (Figura 1, Tabla 1).
- Tres sensores de presión acústicos, uno ubicado en el sector occidental en el sitio de la estación sísmica de corto periodo Calabozo, otro en el sitio de la estación sísmica de banda ancha Cráter-2 y el último ubicado en el sitio de la estación sísmica Cóndor (Figura 1, Tabla 1).
- Ocho inclinómetros electrónicos con transmisión telemétrica (Figuras 2 y 3, Tabla 2)
- Seis estaciones GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite) telemétricas, ubicadas en el sitio de la estación sísmica Cráter-2, sector de Barranco Alto, San Felipe al noroccidente, otro hacia el sector de San Cayetano hacia el oriente de Galeras, en el sector de la estación sismológica Ingenio y el último instalado en el sector nororiente de Galeras (Figura 2, Tabla 3).
- Tres estaciones de detección de emisiones de dióxido de azufre (SO₂) con transmisión telemétrica localizadas en el cuadrante noroccidental del edificio volcánico (Figura 4, Tabla 4).
- Tres sistemas de medición de variación del campo Magnético, Cráter, Frailejón y Barranco. Adicionalmente, las estaciones EM-Frailejón y EM-Barranco cuentan con sistemas de medición de variación de campo eléctrico Cráter (Figura 4, Tabla 5).
- Cuatro cámaras de video permanentes para observación y seguimiento de la actividad superficial, una instalada en la sede del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto, otra en el municipio de Consacá, otra instalada en el flanco norte de la cima de Galeras, en el sitio denominado Barranco Alto y la última Bruma, hacia el sector suroccidental del cono (Figura 4).
- Dos estaciones para monitoreo constante de flujos de lodos, con transmisión telemétrica, compuestas por un geófono y un pluviómetro, instaladas en la cuenca del río Mijitayo (Figura 4).
- Una estación meteorológica, conformada con sensores para medición de velocidad y dirección del viento, pluviometría, radiación solar, presión atmosférica, humedad relativa, punto de rocío y temperatura ambiente. Esta estación se encuentra emplazada en el sitio de la estación sísmica Cráter-2 (Figura 4).
- Dos estaciones telemétricas para la medición de emisiones del isótopo de gas Radón (Rn-222) proveniente del suelo denominadas Lavas y Parques, ubicadas hacia el sector oriental del volcán, por la vía de acceso a la cima del volcán (Figura 5, Tabla 6).

- Con el fin de monitorear los cambios en la superficie del edificio volcánico de Galeras se tiene instalada una red de Medición Electrónica de Distancia (EDM), compuesta por 5 bases y 8 prismas reflectores (Figura 6).

Durante mayo de 2015, se realizaron mantenimientos preventivos y correctivos a las estaciones que conforman la red de monitoreo volcánico de Galeras; además, se realizaron mantenimientos en las repetidoras y equipos de recepción en la sede del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto. La operatividad de la red instrumental de Galeras fue del 78,5%, garantizando la obtención de información confiable para la evaluación de la actividad volcánica. La Figura 7, muestra el histograma con el porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo volcánico.

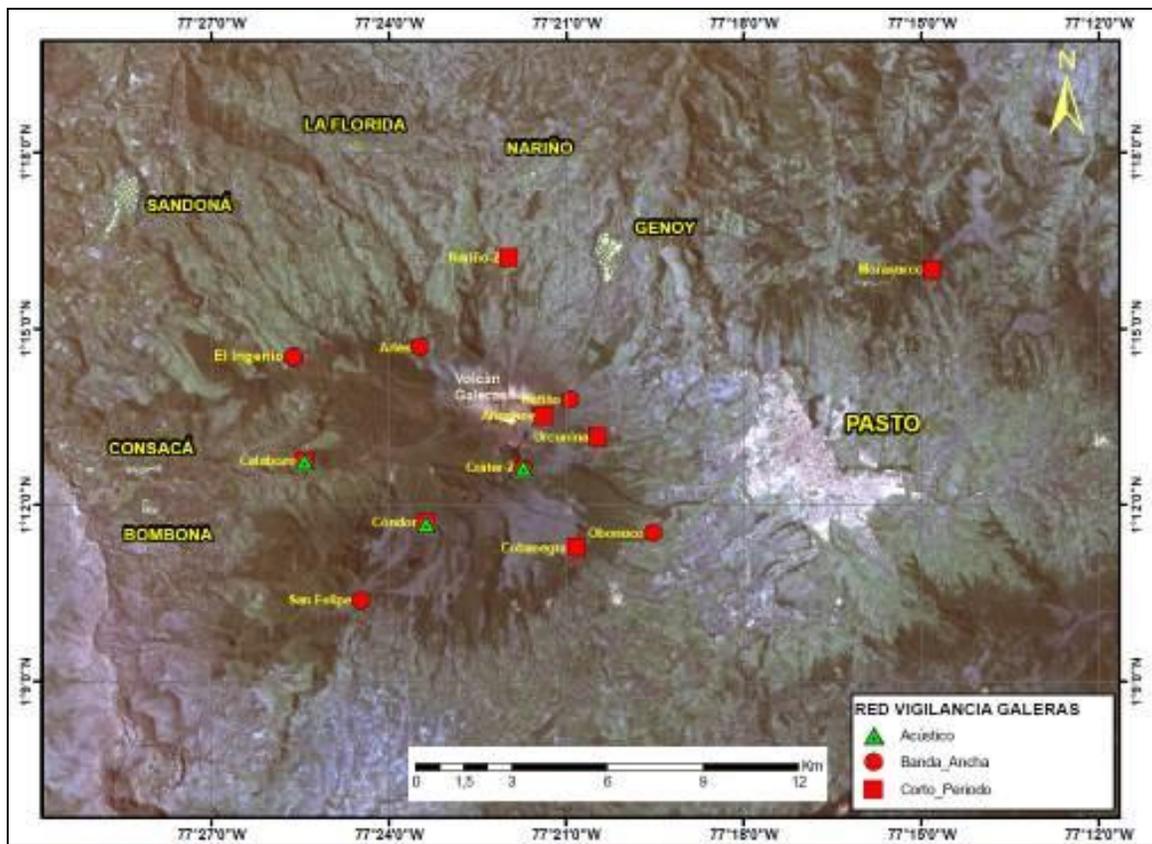


Figura 1. Localización de las estaciones sísmicas y sensores de presión acústicos que conformaron la red de vigilancia de Galeras en mayo de 2015.

Tabla 1. Estaciones sísmicas y sensores acústicos de la red de monitoreo de Galeras en mayo de 2015.

Estación	Código	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia al Cráter (Km)	Dirección Respecto al Cráter	Altitud (msnm)
Anganoy	ANGV	Analógica	Sismómetro Corto periodo	Vertical	0.8	E	4170
Cráter-2	CR2R	Digital	Sismómetro banda Ancha	Triaxial	1.5	S	4048
Cufiño-BB	CUVZ	Digital	Sismómetro banda Ancha	Triaxial	1.9	ENE	3800
Urcunina	URCR	Digital	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	2.3	ESE	3494
Cobanegra-3	COB3	Analógica	Sismómetro Corto periodo	Vertical	3.9	SSE	3625
Arlés	ARLZ	Digital	Sismómetro banda Ancha	Triaxial	4.0	NW	3450
Condor	COND	Digital	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	4.9	SW	3985
Obonuco	OBVR	Digital	Sismómetro banda Ancha	Triaxial	4.9	SE	3010
Nariño-2	NAR2	Analógica	Sismómetro Corto periodo	Vertical	5.0	N	2870
Calabozo	CAVZ	Digital	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	6.8	WSW	2353
Ingenio	INGZ	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	7.0	WNW	2907
San Felipe	SNFZ	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	7.6	SW	3491
San Juan	SJUZ	Digital	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	10.5	NE	2899
Morasurco	MORA	Digital	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	13.7	NE	3504
Cráter Acústico	CRAC	Digital	Sensor de Presión Acústica	Unidireccional	1.5	S	4048
Condor Acústico	CONA	Digital	Sensor de Presión Acústica	Unidireccional	4.9	SW	3985
Calabozo Acústico	CAMI	Digital	Sensor de Presión Acústica	Unidireccional	6.8	WSW	2353

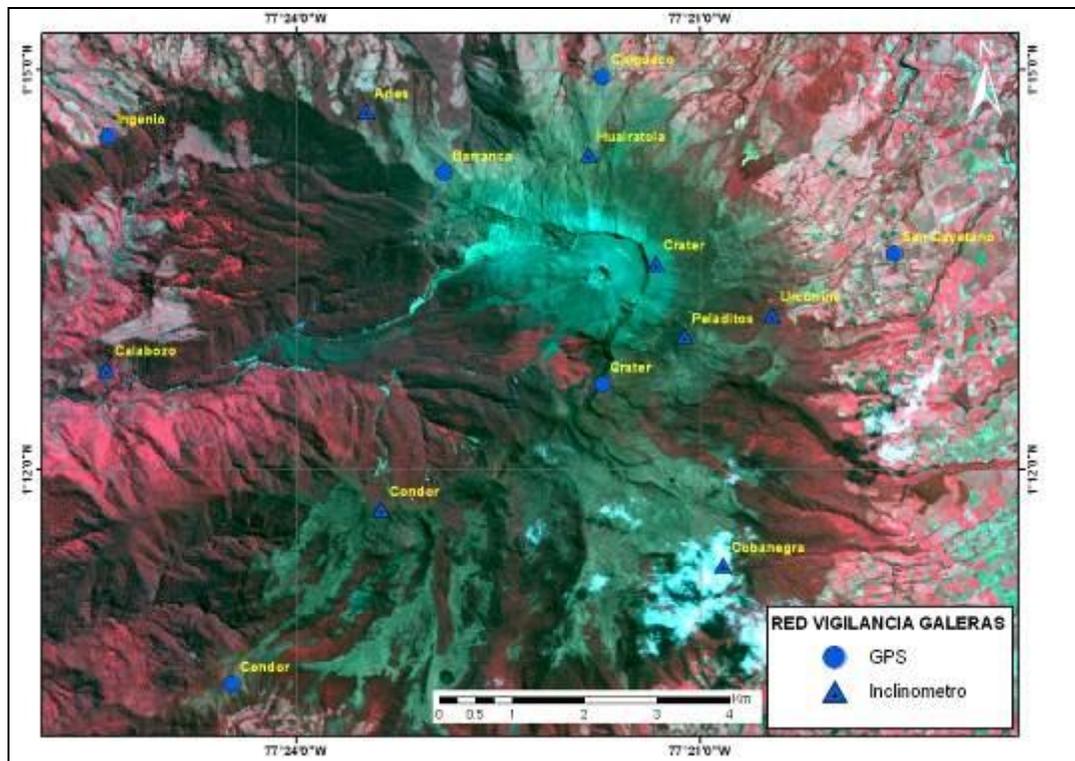


Figura 2. Localización de las estaciones para el seguimiento de la deformación (inclinómetros y GNSS) que conformaron la red de vigilancia de Galeras en mayo de 2015.

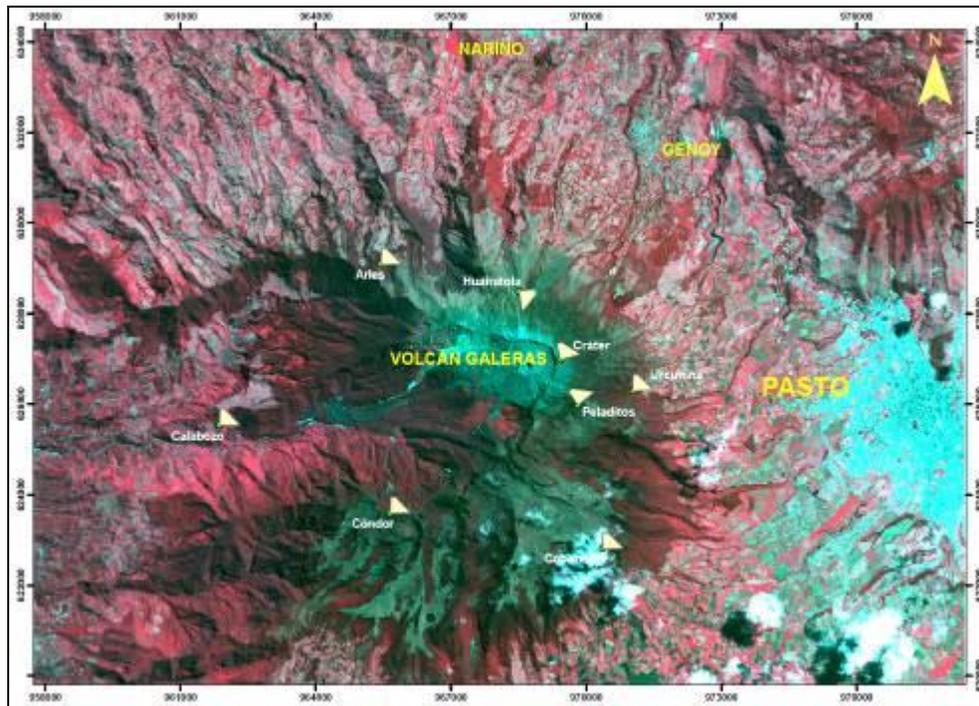


Figura 3. Localización y orientación de las estaciones de inclinometría electrónica instaladas en Galeras. Los catetos de los triángulos muestran las direcciones de las componentes de cada sensor.

Tabla 2. Inclinómetros electrónicos telemétricos que conformaron parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras en mayo de 2015.

Inclinómetros Electrónicos	Distancia al Cráter (Km)	Ubicación Respecto al Cráter Principal	Altitud (msnm)
Cráter	0,8	E	4060
Peladitos	1,4	SE	3850
Huairatola	1,7	N	3745
Urcunina	2,3	ESE	3494
Cobanegra	3,9	SSE	3625
Arlés	4,0	NW	3450
Condor	4,9	SW	3985
Calabozo	7,1	WSW	2350

Tabla 3. Estaciones GNSS telemétricas que conformaron parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras en mayo de 2015.

Estaciones GNSS	Distancia al Cráter (Km)	Ubicación Respecto al Cráter Principal	Altitud (msnm)
Cráter	1,5	S	4048
Barranco	2,6	NW	3904
San Cayetano	4,1	E	3035
Ingenio	7,0	WNW	2907
Chiguaco	2,8	NNE	3513
Cóndor	7,6	SW	3520

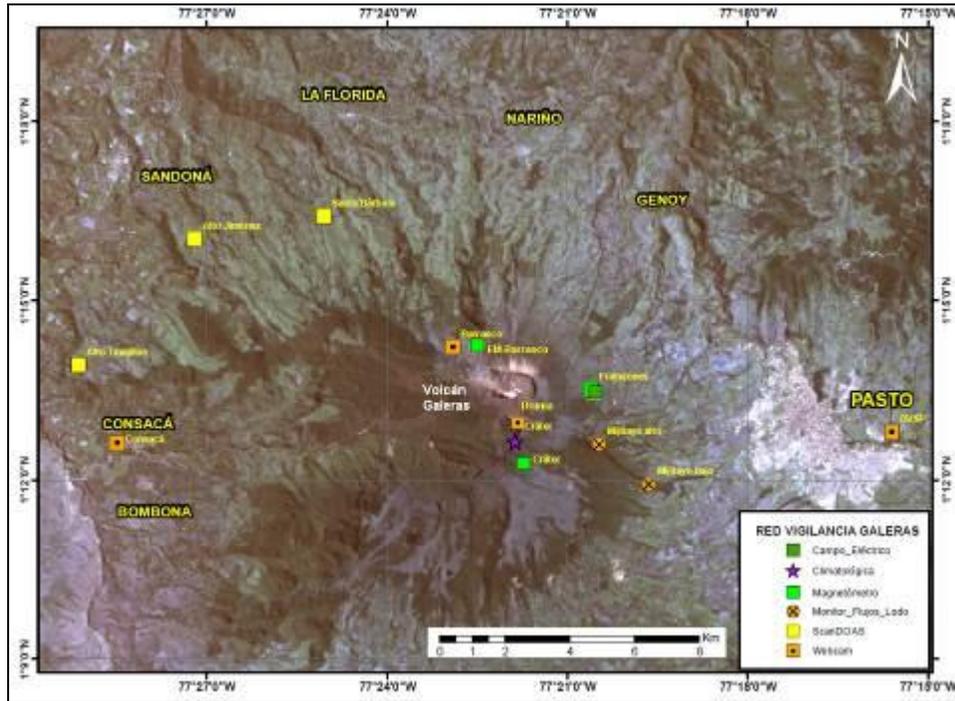


Figura 4. Localización de las estaciones campo magnético y eléctrico, detectores de flujos de lodos, ScanDOAS, climática y cámaras web que conformaron la red de vigilancia de Galeras en mayo de 2015.

Tabla 4. Estaciones que conforman la red de instrumentos ScanDOAS del proyecto NOVAC en el volcán Galeras en mayo de 2015.

Estación	Distancia al cráter (km)	angulo del scan (°)	Altura de referencia de la pluma* (m)	Dirección compás (° contra-azimut)	Ubicación respecto al cráter	Altitud (msnm)
Santa Bárbara	7.9	60	1600	131	NNW	2600
Alto Jiménez	10.8	90	1800	115	NW	2400
Alto Tinajillas	13.3	60	2100	94	W	2100

* Altura de referencia de la pluma respecto a la cima de Galeras (aproximadamente 4200 msnm).

Tabla 5. Estaciones que monitorean las variaciones del campo de potencial eléctrico y magnético ocasionadas por la actividad del volcán Galeras.

Estación	Transmisión de datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia al Cráter (Km)	Dirección Respecto al Cráter Principal	Altitud (msnm)
Frailejón	Digital	Eléctrico	Biaxial	2,7	E	3727
Frailejón	Digital	Magnético	Triaxial	2,7	E	3727
Barranco	Digital	Eléctrico	Biaxial	2.0	NW	3800
Barranco	Digital	Magnético	Triaxial	2.0	NW	3800
Cráter	Digital	Magnético	Triaxial	1,9	SSE	4001

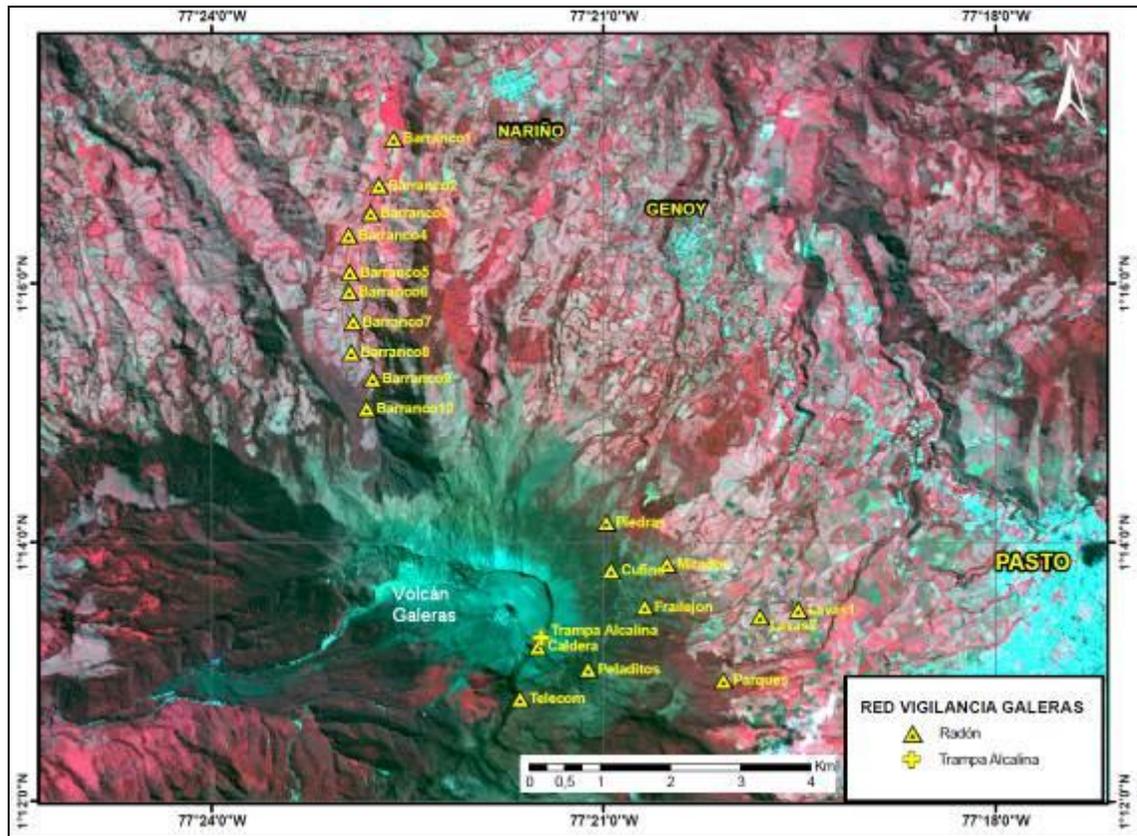


Figura 5. Localización de las estaciones instaladas en Galeras para el monitoreo de gas Radón.

Tabla 6. Estaciones para el monitoreo de gas Radón instaladas sobre la vía de acceso a Galeras (Línea Galeras).

Estación	Distancia al Cráter (Km)	Ubicación Respecto al Cráter Principal	Altitud (msnm)
Parques	3,6	ESE	3358
Lava1	4,5	E	3000

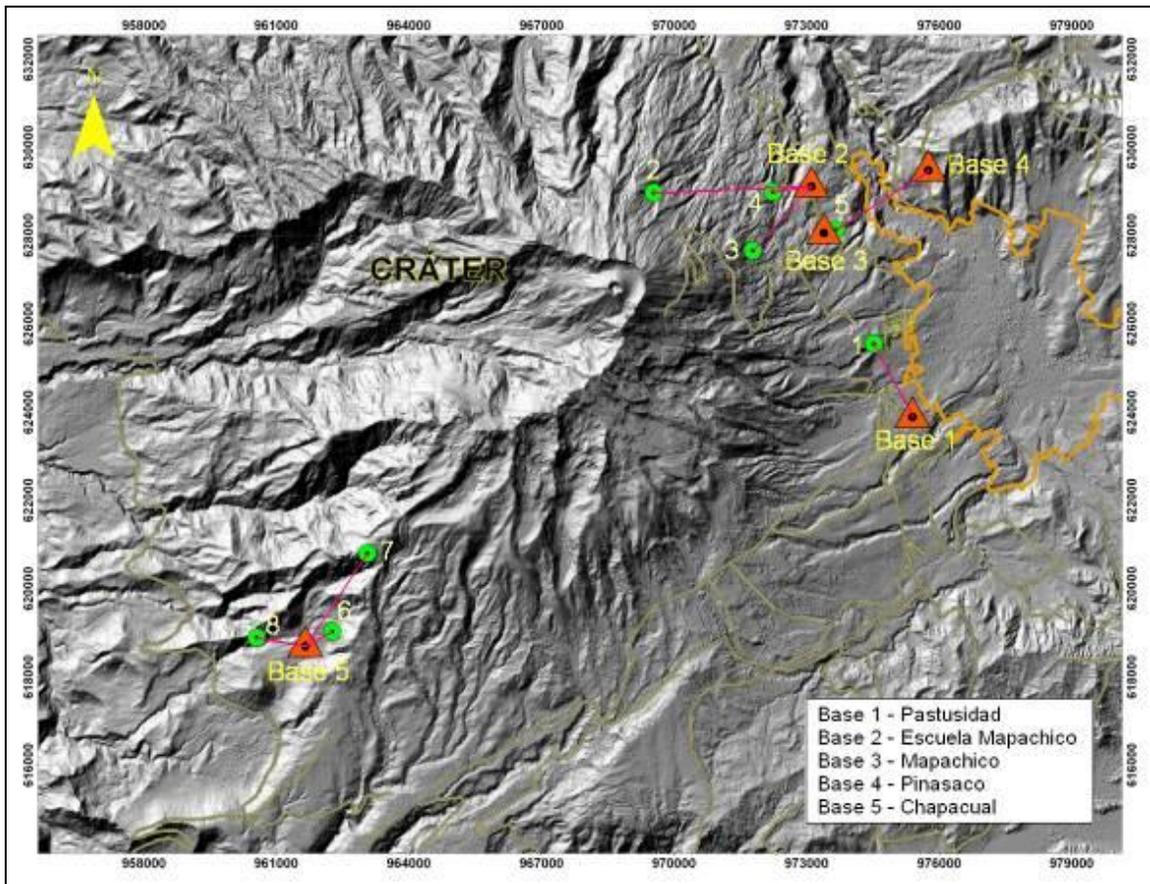


Figura 6. Localización de los puntos materializados para mediciones EDM en el volcán Galeras. Los triángulos de color naranja indican la ubicación de las Bases de medición 1, 2, 3, 4 y 5, los círculos de color verde indican la ubicación de los prismas reflectores.

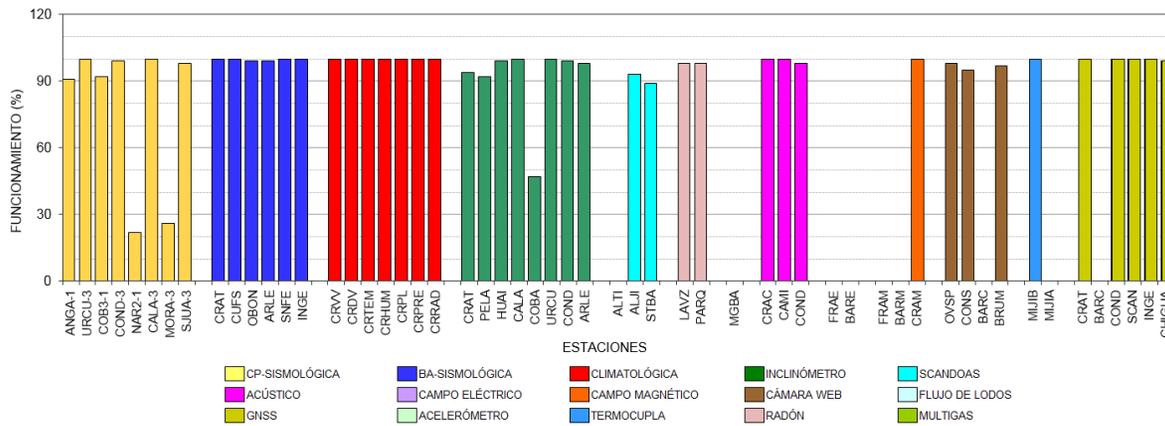


Figura 7. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron las redes de monitoreo del volcán Galeras en mayo de 2015.

1.2. SISMOLOGIA

En el mes de mayo de 2015, la actividad sísmica de Galeras aumento en casi cinco veces el número de sismos con relación al mes anterior, pasando de 76 a 369 eventos. La sismicidad se caracterizó por el predominio de eventos asociados a fracturamiento de material cortical con el consiguiente movimiento de fluidos (sismos tipo HYB) con un 57,5% del número total de sismos registrados, seguidos en porcentaje de ocurrencia por eventos asociados a fracturamiento de roca al interior de la estructura volcánica (sismos tipo VT) con un 30,9 %. Los sismos asociados con movimiento de fluidos de fuente transitoria (eventos tipo LP) aportaron con un 11,7%. No se tuvo registro de sismos asociados con movimiento de fluidos de fuente persistente en los conductos o grietas del volcán (tremor volcánico, TRE). La Figura 8 muestra la distribución de ocurrencia en porcentaje de los diferentes tipos de sismos.

En comparación con el mes anterior se evidencia que el número de eventos HYB fue mayor en un poco más de nueve veces, los sismos LPS aumentaron en tres veces y los VT aumentaron en 3,2 veces (Tabla 7, Figuras 9 y 10).

Tabla 7. Número de eventos volcánicos por tipo ocurridos entre el 1 y 30 de junio de 2015, resaltando en verde el mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					
	VT	LPS	TRE	HYB	TOTAL	NO CLASIFICABLES
01-feb-15 a 28-feb-15	31	11	6	26	74	401
01-mar-15 a 31-mar-15	18	20	4	82	124	2955
01-abr-15 a 30-abr-15	35	14	4	23	76	1647
01-may-15 a 31-may-15	114	43	0	212	369	891

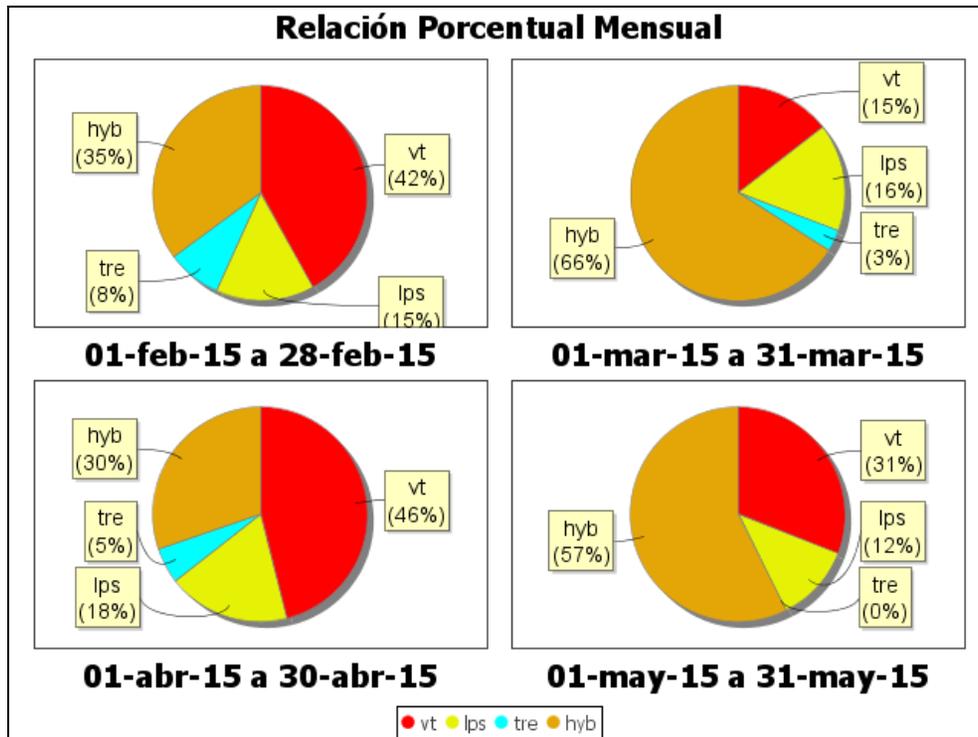


Figura 8. Relación porcentual de ocurrencia sísmica por tipo de sismos en el volcán Galeras, entre los meses de febrero y mayo de 2015.

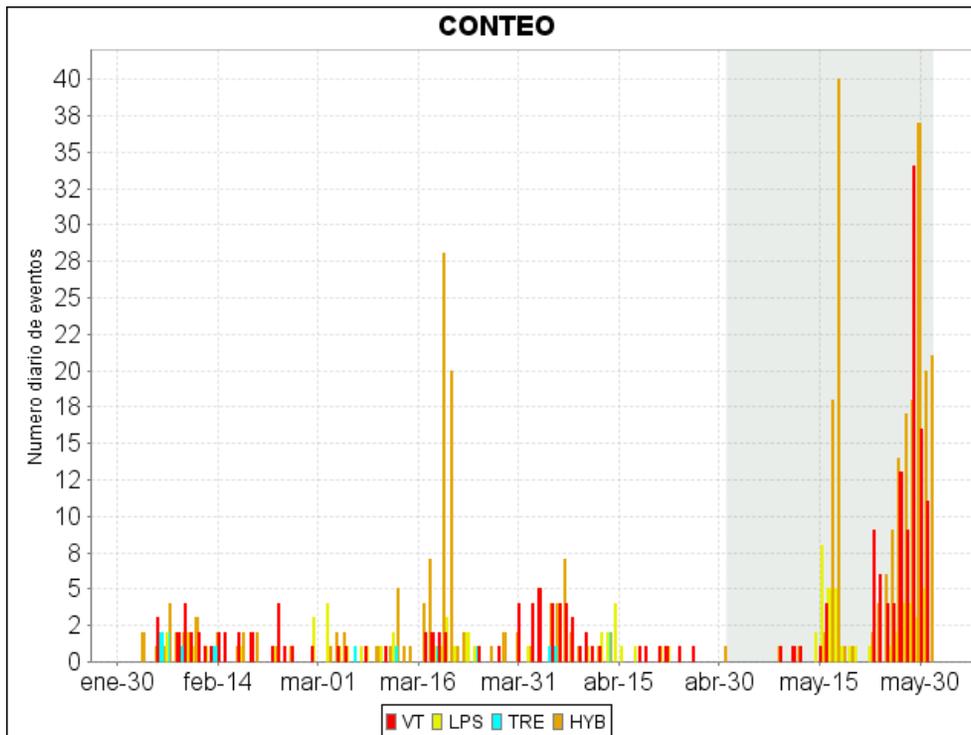


Figura 9. Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para el periodo comprendido entre el 1 y 31 de mayo de 2015. La región sombreada corresponde al mes de mayo.

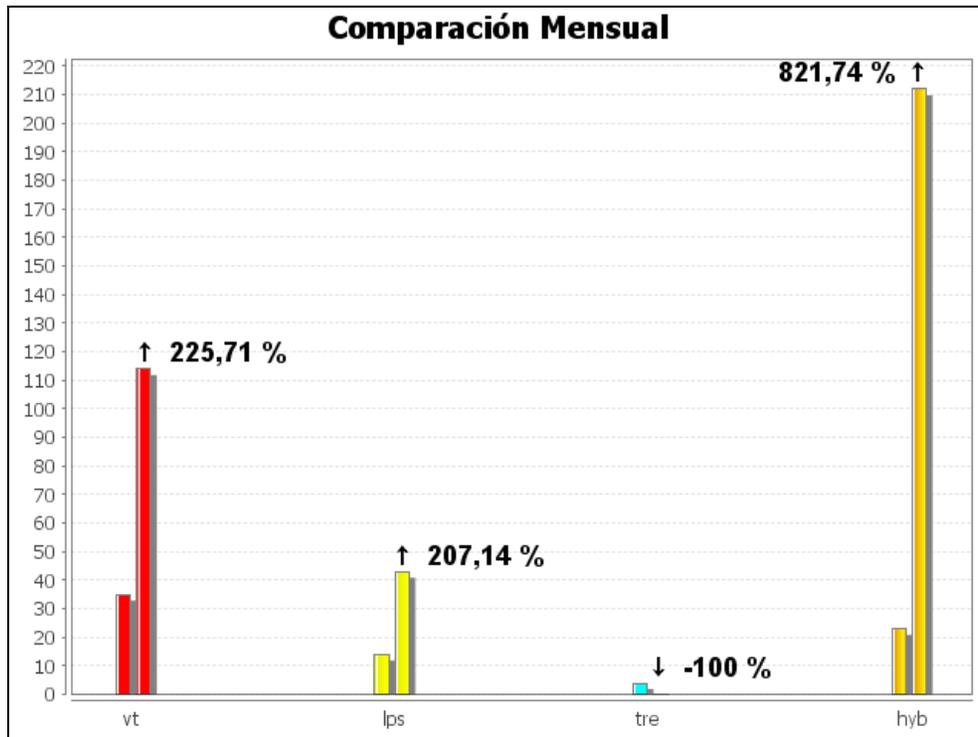


Figura 10. Comparación porcentual del número de eventos volcánicos por tipo ocurridos durante el mes en evaluación (barras de la derecha) respecto al mes anterior (barras de la izquierda).

Para el periodo evaluado, el valor total de la energía sísmica liberada disminuyó en un 97,1% en comparación a lo registrado en abril de 2015, pasando de $3,34 \times 10^{15}$ ergios a $9,57 \times 10^{13}$ ergios. Los eventos que aportaron la mayor energía fueron los sismos VT con un 68,8%, seguidos por los eventos tipo HYB con un 22,6%, mientras que los eventos tipo LPS aportaron con el 8,6% (Tabla 8, Figuras 11, 12 y 13).

Tabla 8. Energía sísmica liberada evaluada a partir de ondas de cuerpo para los diferentes tipos de eventos volcánicos entre el 1 y 31 de mayo de 2015, resaltando en color verde el mes evaluado.

Periodo Evaluado	Energía liberada por tipo de Evento [ergios]				
	VT	LPS	TRE	HYB	TOTAL
01-feb-15 a 28-feb-15	7.12E+11	9.46E+10	2.26E+12	3.17E+11	3.38E+12
01-mar-15 a 31-mar-15	3.53E+11	2.36E+12	6.47E+09	4.52E+11	3.18E+12
01-abr-15 a 30-abr-15	3.34E+15	8.47E+11	8.79E+09	1.40E+11	3.34E+15
01-may-15 a 31-may-15	6.58E+13	8.16E+12	0.00E+00	2.17E+13	9.57E+13

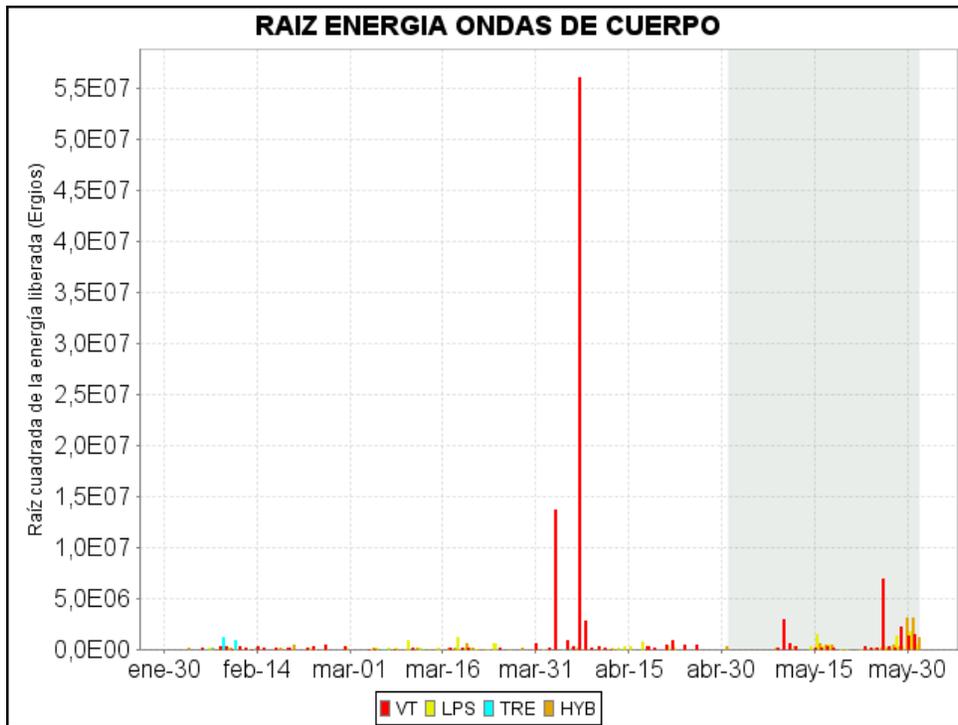


Figura 11. Energía sísmica diaria liberada por los eventos volcánicos según su tipo (en términos de su raíz cuadrada), registrados entre el 1 y 31 de mayo de 2015.

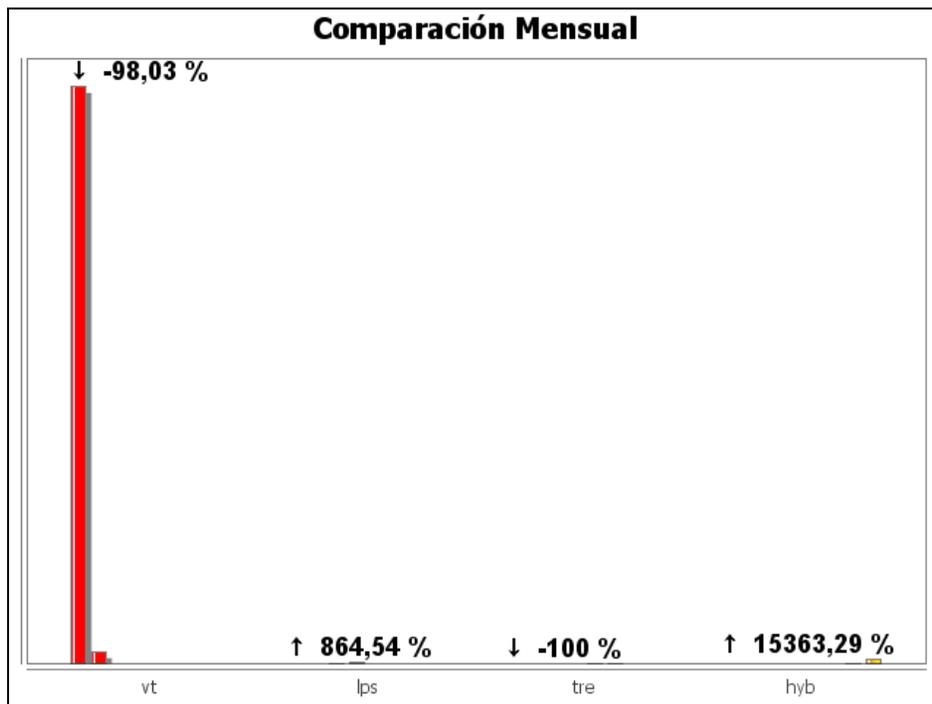


Figura 12. Comparación porcentual de la energía liberada por tipo de evento para mayo de 2015 (barras de la derecha) respecto a abril de 2015 (barras de la izquierda).

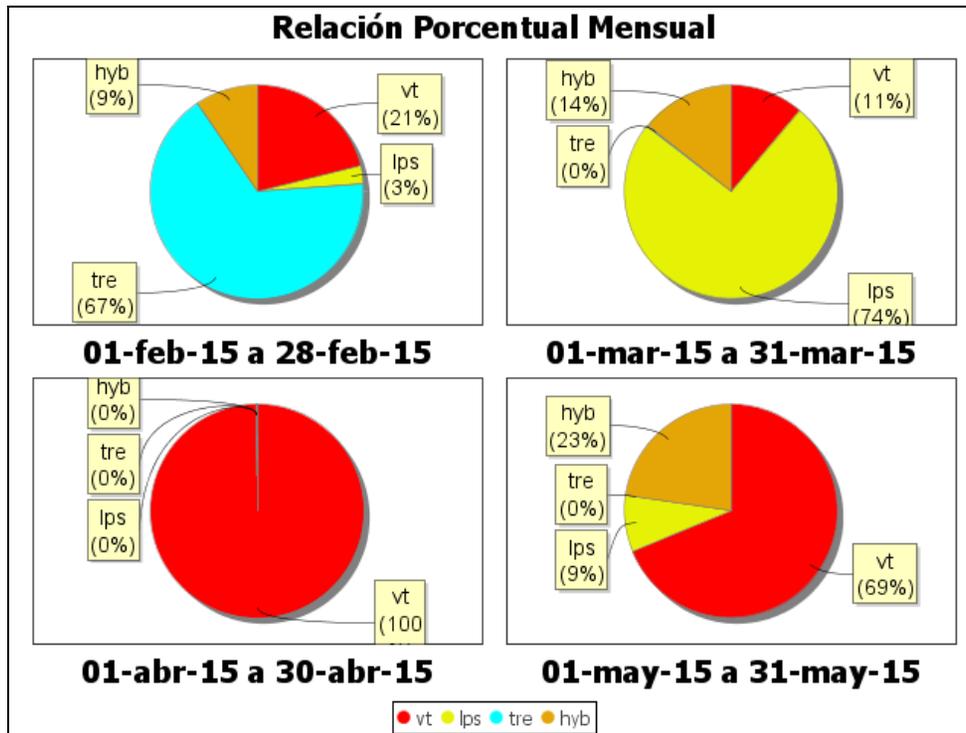


Figura 13. Relación porcentual mensual de la energía sísmica liberada para cada tipo de sismos desde febrero a mayo de 2015.

La sismicidad asociada con fracturamiento de material cortical al interior del edificio volcánico fue localizada utilizando la minimización de los residuales de tiempos de arribo de las ondas P y S en las estaciones de monitoreo volcánico de la red de Galeras. Fue posible estimar la localización de 29 sismos, 23 de ellos tipo VT y 6 HYB, la mayoría de eventos se ubicaron en inmediaciones del cráter de Galeras, a menos de 4 km de distancia y con profundidades menores a 3 km respecto a la cima volcánica. Algunos eventos se localizaron de manera dispersa sobre el edificio volcánico a menos de 13 km de distancia, con profundidades de hasta 14 km respecto a la cima. Las magnitudes locales de los eventos estuvieron por debajo de 2,3 en la escala de Richter (Figura 14).

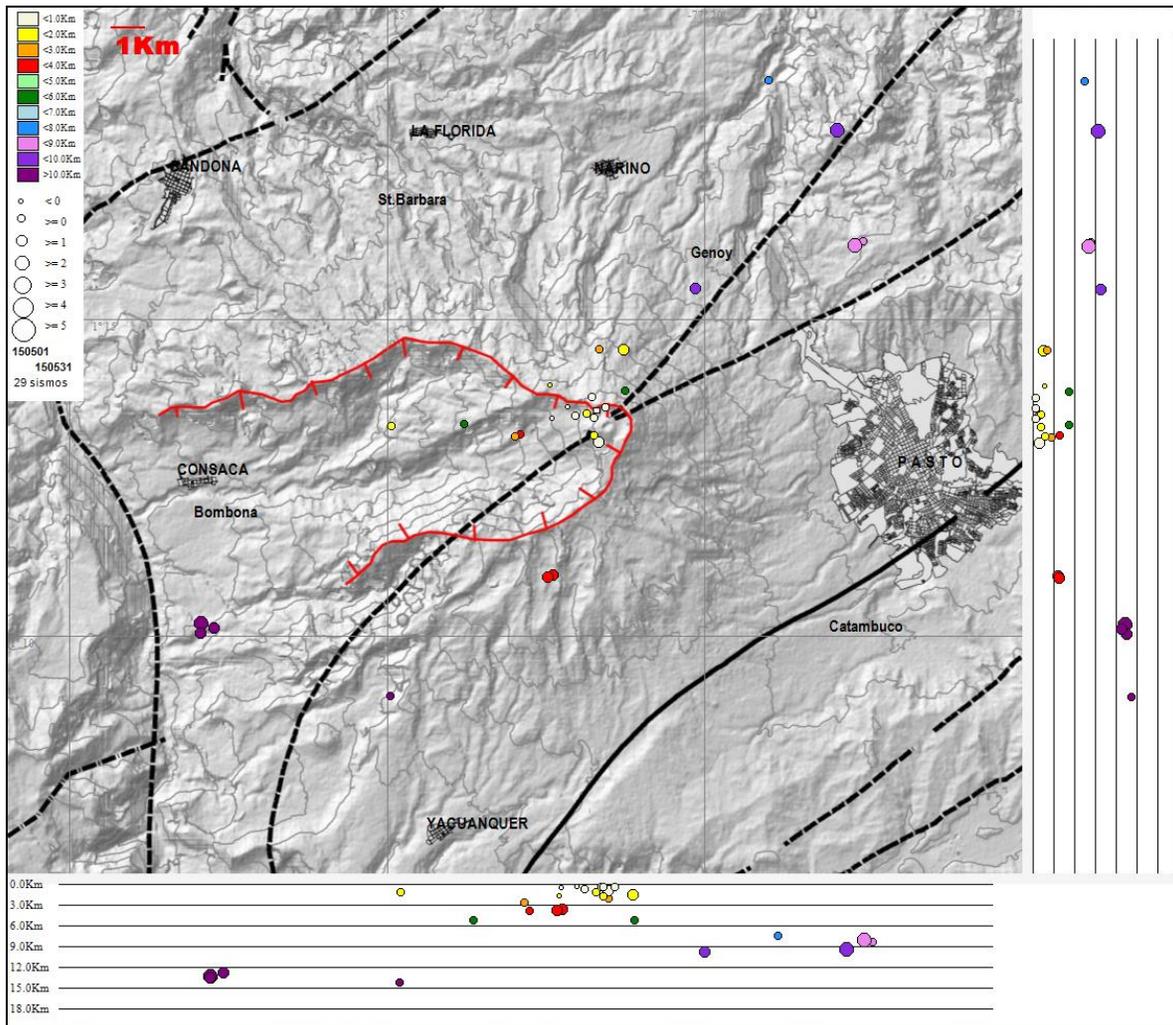


Figura 14. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 31 de mayo de 2015. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 3 km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4270 msnm).

1.3. DEFORMACIÓN

1.3.1. Estaciones de Inclímetro Electrónica

Durante el mes de mayo de 2015 se contó con los datos de los inclinómetros electrónicos Cráter, Peladitos, Huairatola, Urcunina, Calabozo, Cóndor y Arlés cuya localización se puede apreciar en las Figuras 2 y 3.

En cuanto a la información suministrada por los inclinómetros electrónicos sobre los procesos deformativos del edificio volcánico, se resalta que continua el comportamiento ascendente en la componente de inclinación Norte de Calabozo, cuya variación entre el 19 de octubre de 2012 y el 31 de mayo de 2015, es de 270 μ rad, mientras que su componente Este muestra una tendencia estable en su registro desde el pasado 21 de junio de 2014 (Figura 15). Posterior al cambio de sensor en

Urcunina, se observó un comportamiento descendente en la componente de inclinación Norte alcanzando entre el 9 de marzo y el 31 de mayo 45 μ rad, por su parte la componente Este muestra ascenso de 15 μ rad (Figura 16).

Respecto al comportamiento de los inclinómetros electrónicos Cráter, Peladitos, Huairatola, y Arles, se observa estabilidad en el registro de sus dos componentes en el periodo evaluado (Figuras 17, 18, 19 y 20). Con respecto al funcionamiento del inclinómetro Cóndor, las variaciones mostradas por las componentes de inclinación, al parecer se encuentran relacionadas con el registro de temperatura (Figura 21).

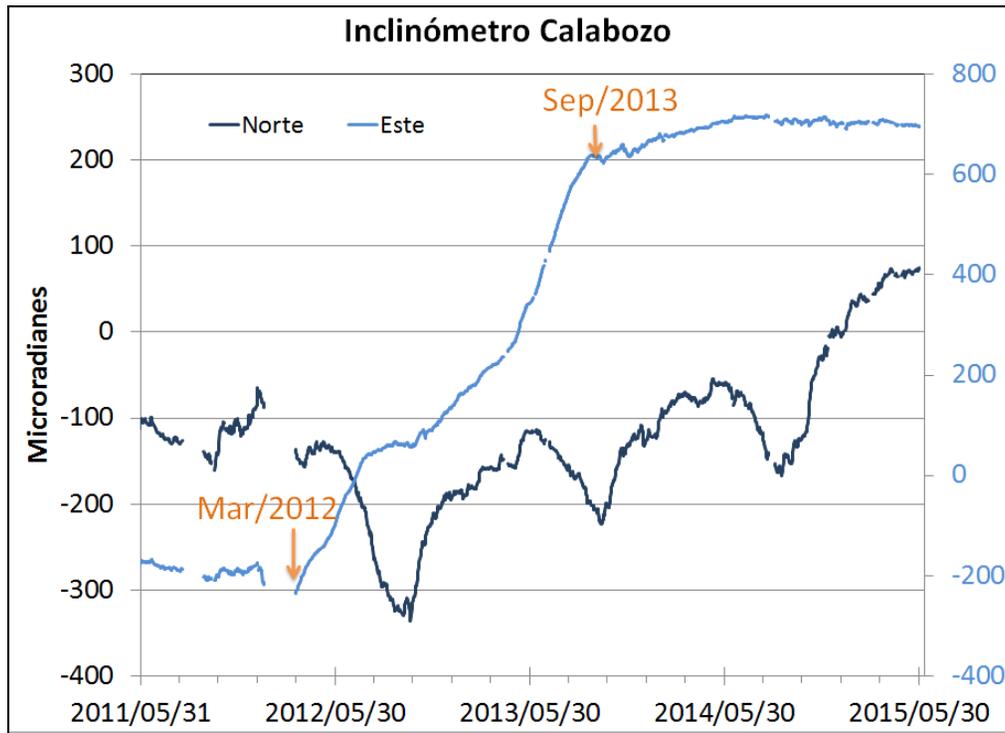


Figura 15. Componentes de inclinación Norte y Este (μ rad) del inclinómetro electrónico Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2011 y el 31 de mayo de 2015.

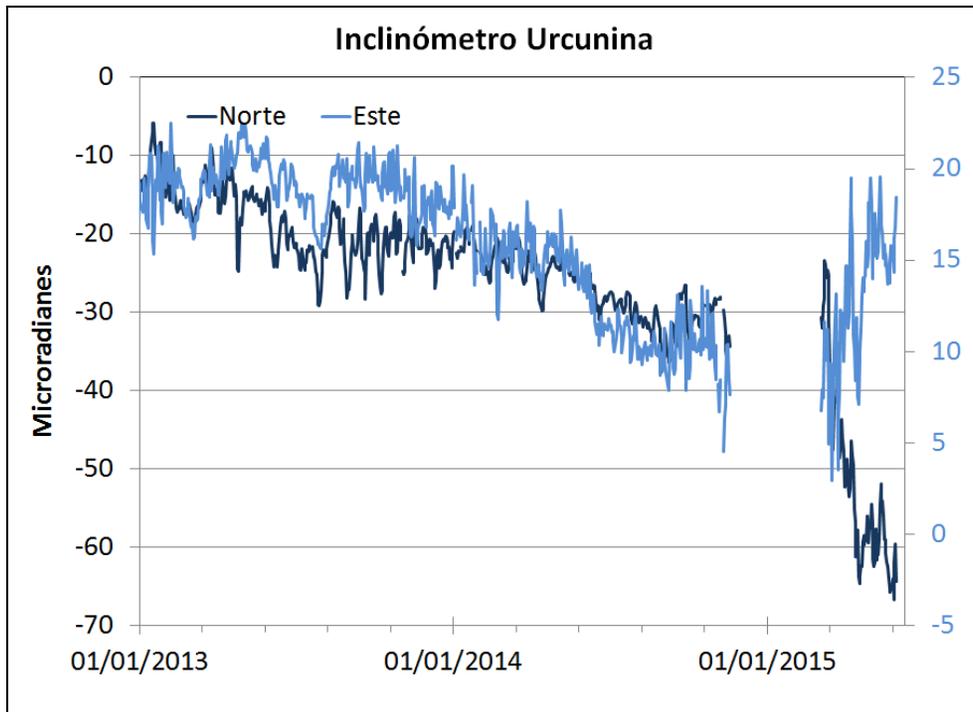


Figura 16. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Urcunina, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de mayo de 2015.

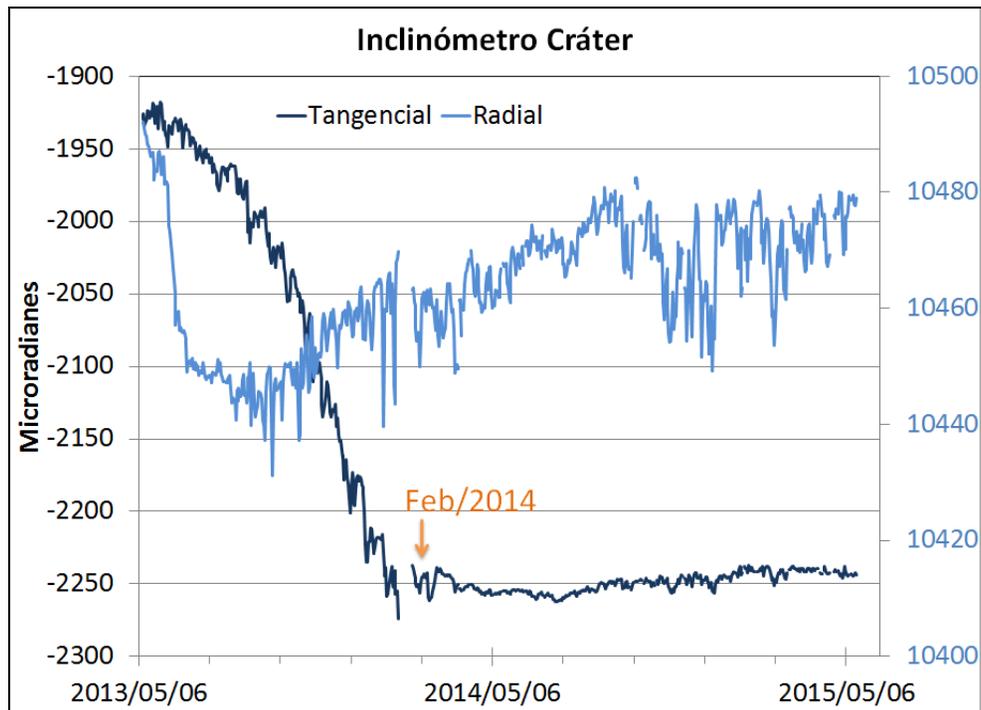


Figura 17. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), del inclinómetro electrónico Cráter, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de mayo de 2013 y el 31 de mayo de 2015.

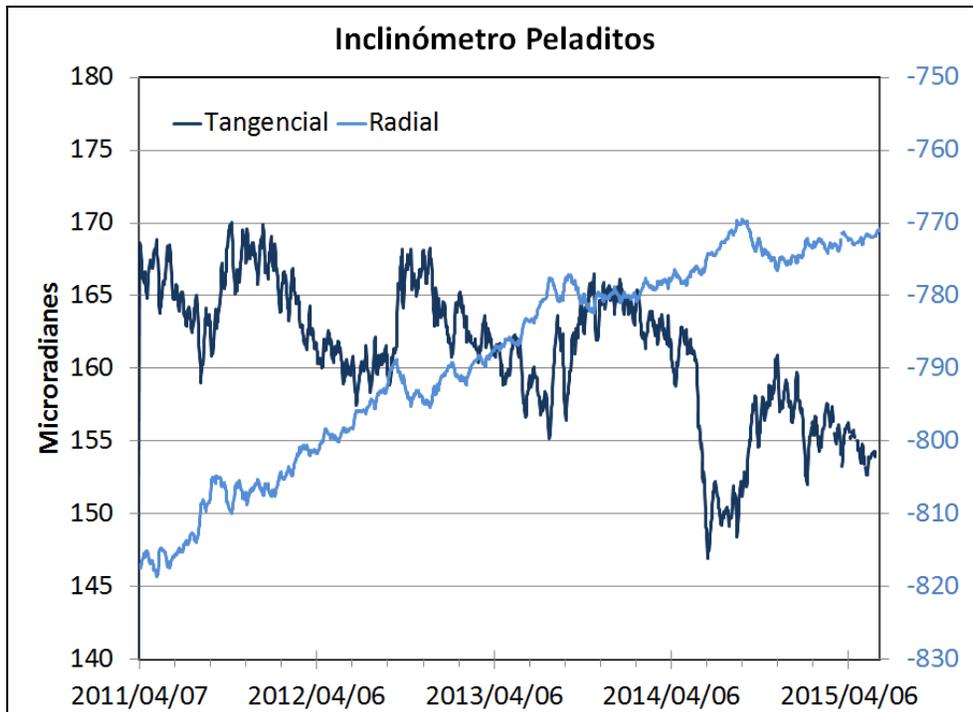


Figura 18. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de mayo de 2015.

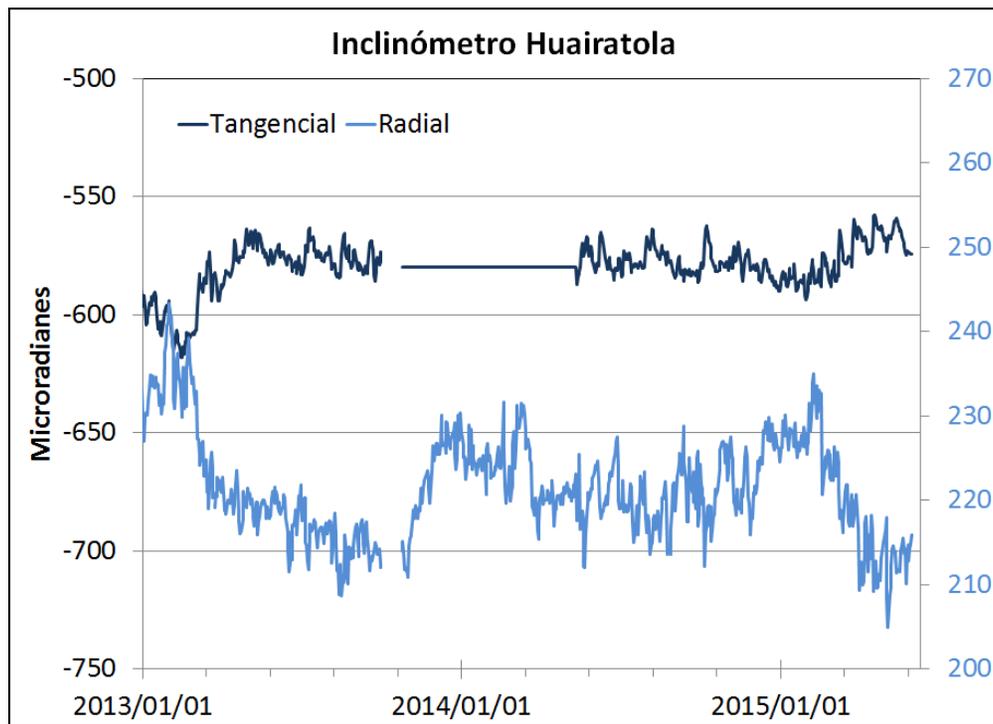


Figura 19. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), del inclinómetro electrónico Huairatola, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de mayo de 2015.

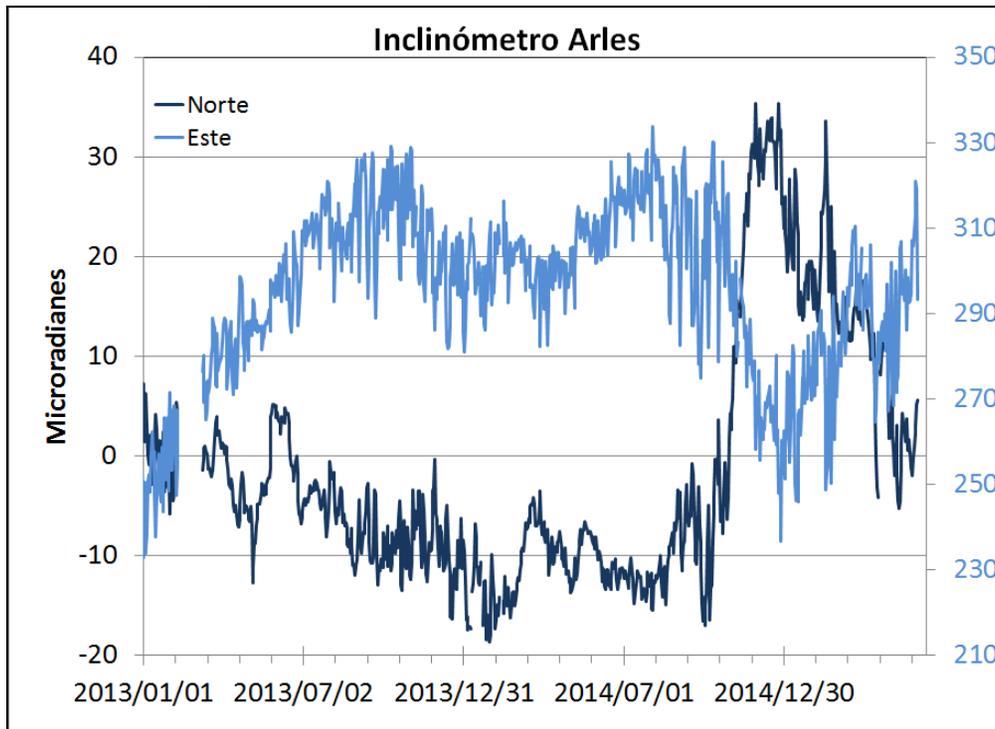


Figura 20. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), del inclinómetro electrónico Arlés, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de mayo de 2015.

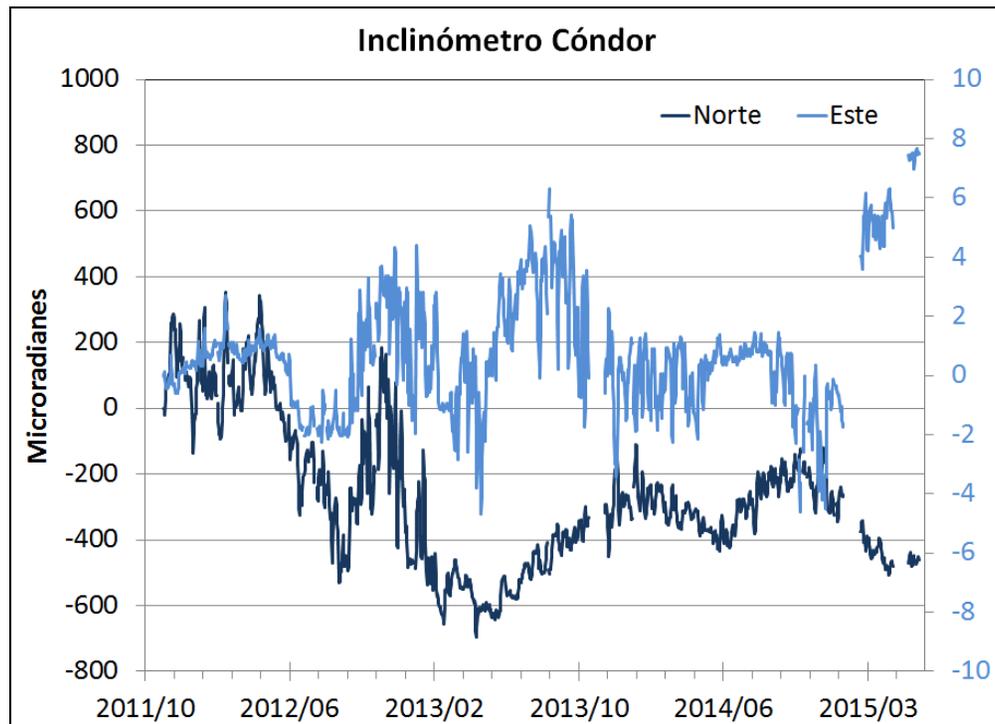


Figura 21. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), del inclinómetro electrónico Cóndor, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de noviembre de 2011 y el 31 de mayo de 2015.

1.3.2. Medición Electrónica de Distancias - EDM en Galeras

En este periodo no se realizaron medidas de EDM en la zona del volcán Galeras.

1.3.3. Estaciones GNSS permanentes

En el mes de mayo de 2015 se contó con 5 estaciones receptoras GNSS permanentes. Para el análisis se contempló inicialmente un procesamiento diferencial de la información suministrada por estas estaciones considerando una estación de referencia, la estación QUIL ubicada fuera del edificio volcánico de Galeras, en el aeropuerto Antonio Nariño a 20.6 km de distancia respecto al cráter, esto en cooperación con el Proyecto Geored, del Servicio Geológico Colombiano. En la Figura 22 se muestra la ubicación de las estaciones respecto al GNSS QUIL.

Algunas de las estaciones se encuentran en un proceso de estabilización con respecto al nivel base y se requiere de un tiempo cercano de 2,5 años a partir de su instalación para la estabilidad del monumento y el equipo. Las estaciones Chiguaco e Ingenio se instalaron en abril de 2014, San Cayetano, en octubre de 2012, Cráter y Barranco en agosto y octubre de 2011 respectivamente, y Cándor se reinstaló el 21 de febrero de 2015, luego de que una tormenta eléctrica sacó de funcionamiento el equipo, fue necesario realizar cambio tanto de antena, como de receptor. El GNSS Barranco se encuentra fuera de funcionamiento después de que el equipo fuera destruido por una tormenta eléctrica ocurrida el pasado 17 de abril de 2015.

Con relación al procesamiento diferencial, se muestra hasta el 28 de mayo, debido a que cerca de cuatro semanas le toma al sistema actualizar las efemérides, correcciones que se deben realizar a las coordenadas. Con respecto a las variaciones en la posición de las estaciones GNSS, se observa estabilidad en el registro Norte y Este de Chiguaco, Cráter, El Ingenio y San Cayetano (Figuras 23, 24, 25 y 26). De igual forma en Cándor no se observan cambios importantes en el periodo evaluado (Figura 27).

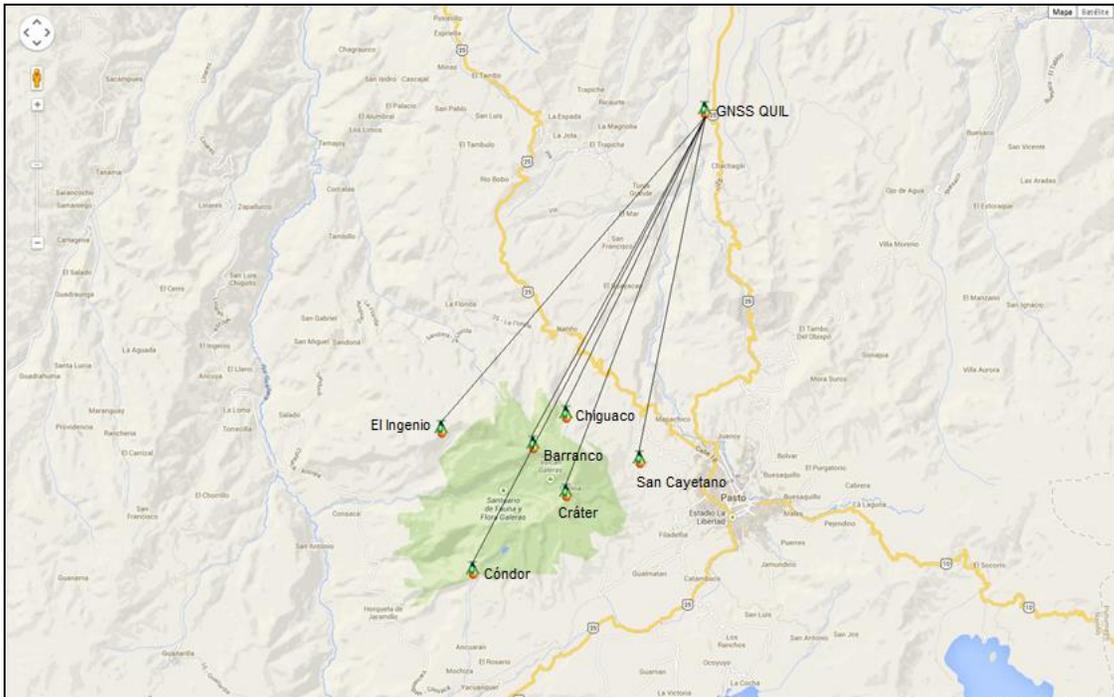


Figura 22. Ubicación de las estaciones GNSS instaladas en Galeras respecto al GNSS QUIL ubicado en el aeropuerto Antonio Nariño.

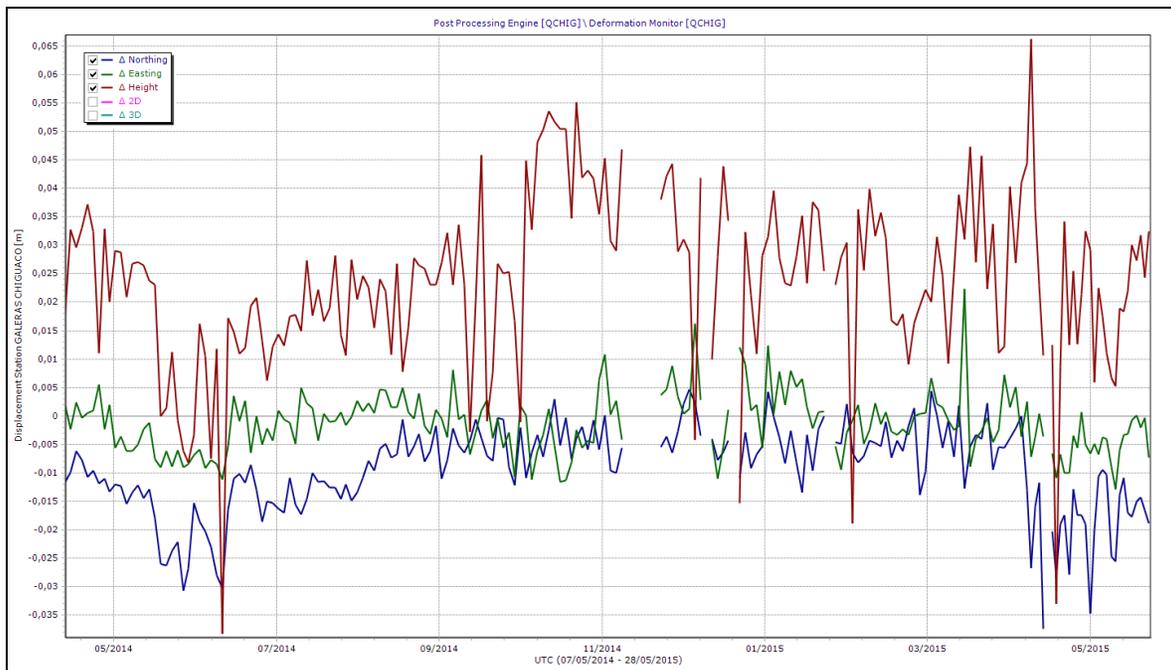


Figura 23. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Chiguaco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 7 de mayo de 2014 y el 28 de mayo de 2015.

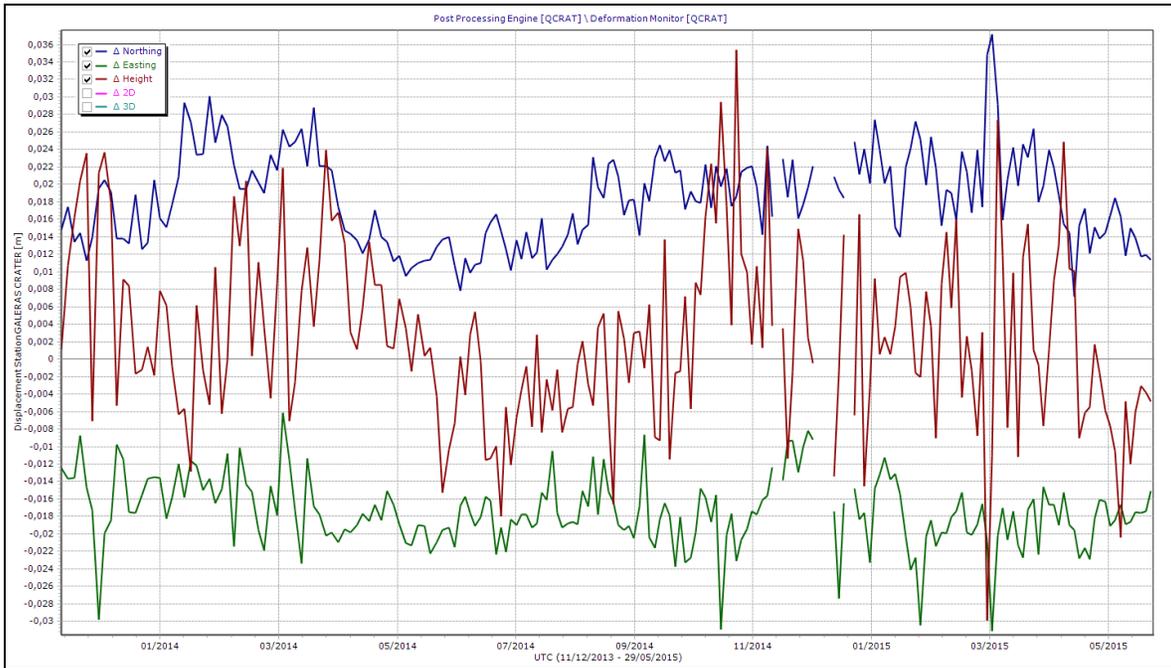


Figura 24. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cráter instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 11 de diciembre de 2013 y el 29 de mayo de 2015.

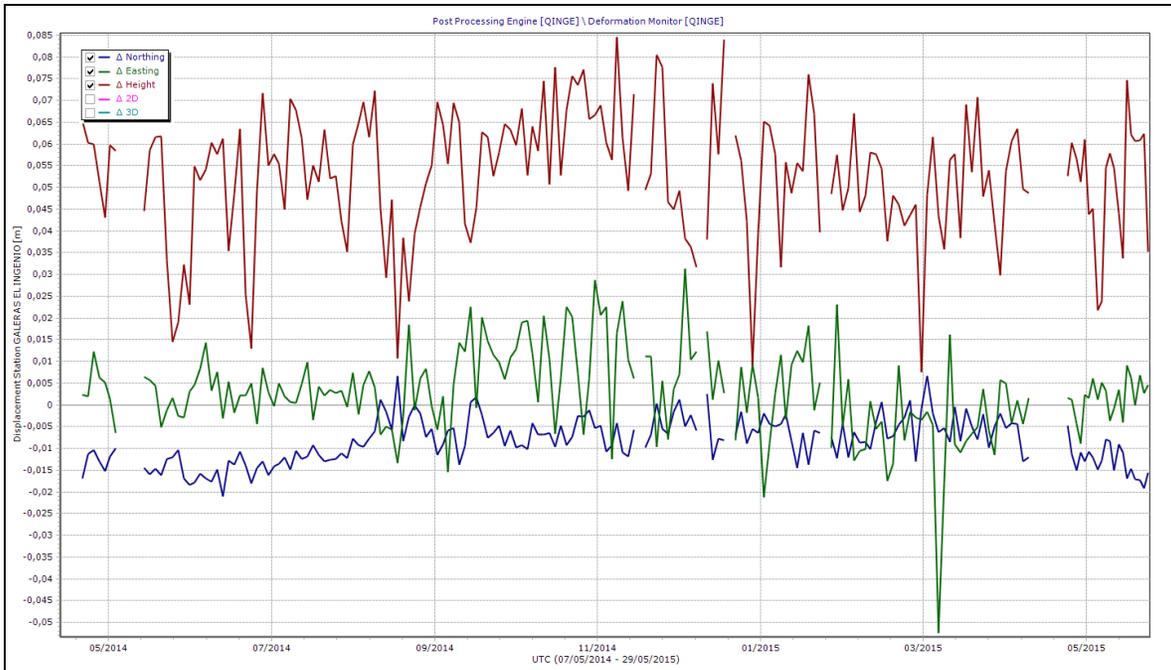


Figura 25. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS El Ingenio instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 7 de mayo de 2014 y el 29 de mayo de 2015.

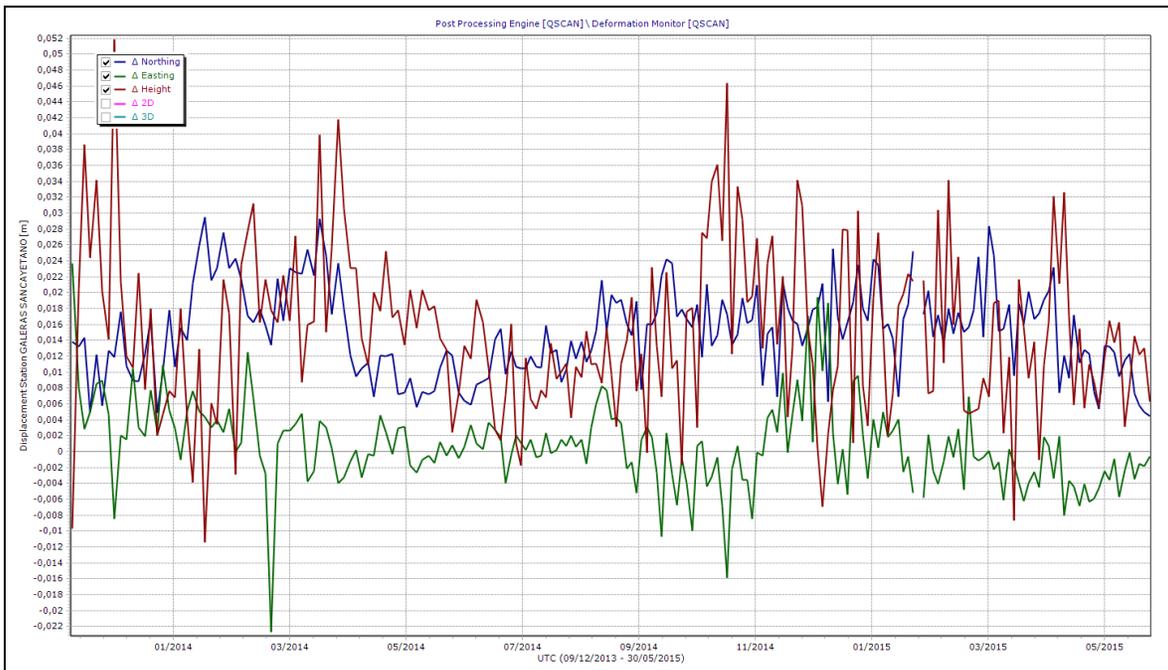


Figura 26. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS San Cayetano instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 9 de diciembre de 2013 y el 30 de mayo de 2015.

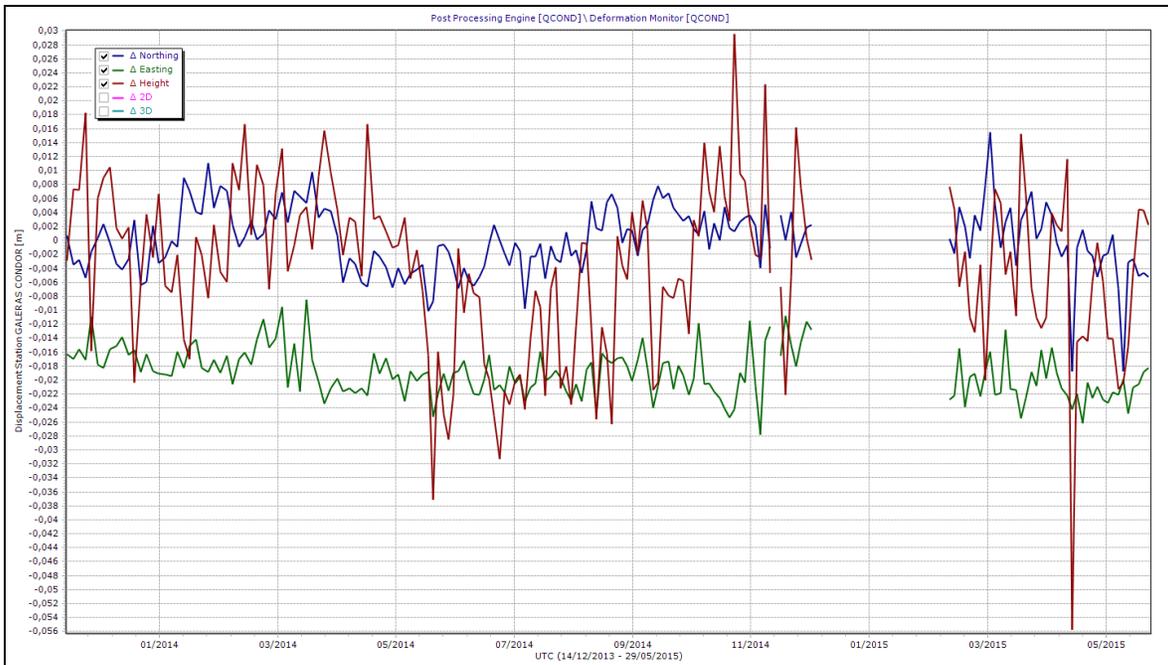


Figura 27. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cónдор instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 14 de diciembre de 2013 y el 29 de mayo de 2015.

1.4. ELECTROMAGNETISMO.

Para el mes La red de vigilancia volcánica de las variaciones de los campos electromagnéticos está constituida por cinco estaciones, tres estaciones para medición de las variaciones de los campos magnéticos, Frailejón, Barranco y Cráter y dos estaciones para medición de las variaciones de los campos eléctricos, en los sectores de Frailejón y Barranco (Figura 28).

Los registros de la estación Cráter muestran para la componente vertical (z), un comportamiento estable para el periodo observado, con variaciones día noche de alrededor de 150 nT. La componente norte-sur (N), muestra una ligera tendencia ascendente de alrededor de 200 nT, con variaciones día noche de alrededor de 25 nT. La componente este-oeste (E), muestra un comportamiento estable, con variaciones día noche de alrededor de 60 nT (Figura 29).

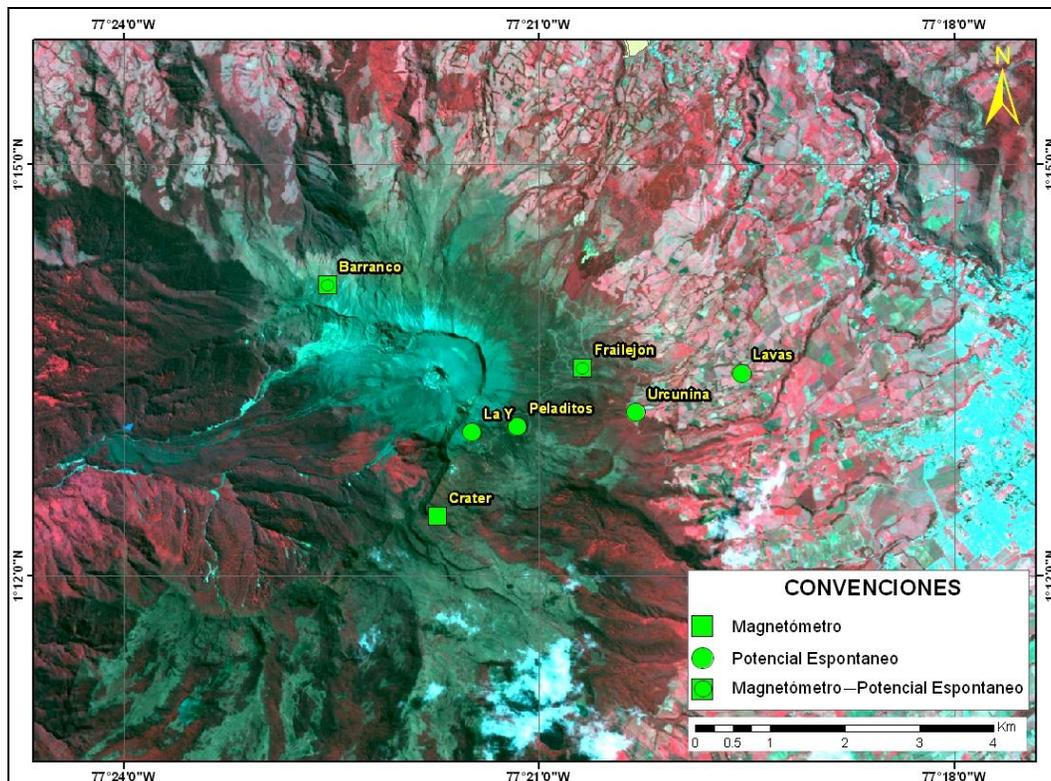


Figura 28. Localización de las estaciones de monitoreo de variaciones electromagnéticas, que conforman la red de vigilancia del volcán Galeras.

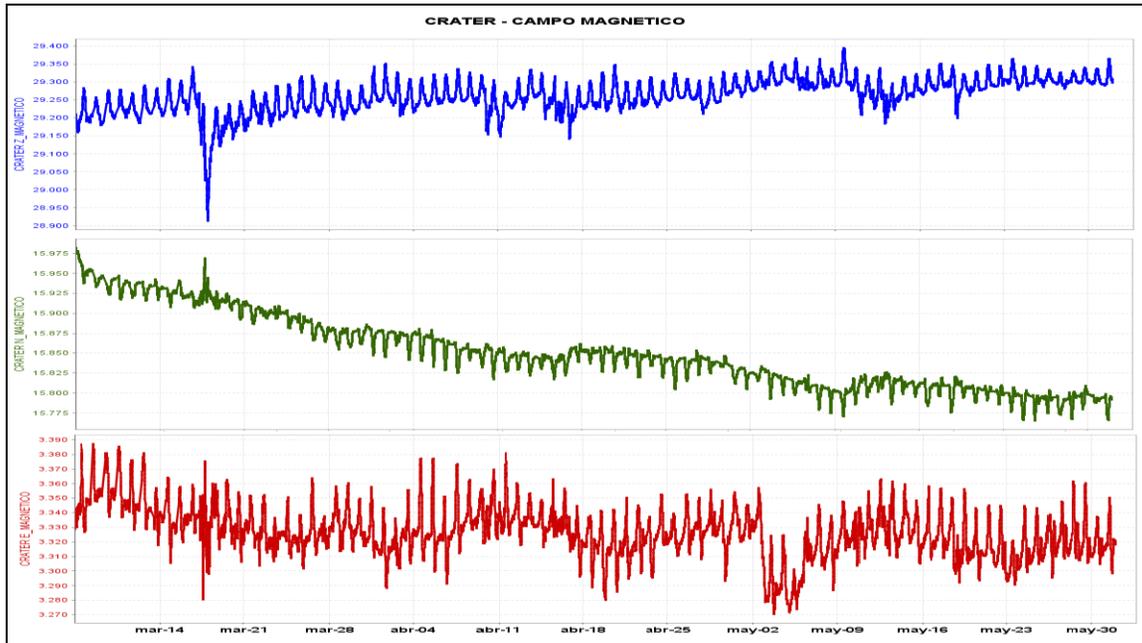


Figura 29. Variaciones del Campo Magnético, en las tres componentes: Z (azul), NS (rojo) y EW (verde), de la estación de Cráter, para el periodo comprendido entre y mayo de 2015.

Las estaciones Barranco y Frailejón estuvieron fuera de funcionamiento debido a tormentas eléctricas en la zona.

1.5. GEOQUIMICA.

1.5.1. Mediciones de flujo de emisión de SO₂ con instrumentos ScanDOAS y MovilDOAS

La intrusión de nuevos cuerpos de magma o ascenso del mismo, afecta el flujo de SO₂ hacia la superficie. Los valores estimados de flujo de Dióxido de azufre (SO₂) de Galeras, corresponden a los escaneos de tres estaciones telemétricas permanentes ScanDOAS, (Alto Jiménez, Alto Tinajillas y Santa Bárbara) localizadas en el cuadrante noroccidental de Galeras). Su funcionamiento parte de detectar la luz Ultravioleta (UV) dispersa, a través de un telescopio acoplado a una fibra óptica de cuarzo que transfiere la luz a un espectrómetro (OceanOptics S2000) y lo compara con un espectro de referencia dentro de una longitud de onda específica entre 280 a 420 nm con una resolución de 0,6 nm, un filtro en el telescopio bloquea la luz visible con longitudes de onda mayores a 360 nm, reduciendo efectivamente la luz difusa (Galle et al., 2002). Cada uno de los espectros obtenidos se traducen en escaneos que permiten conocer la absorbencia de la pluma de SO₂ en tiempo real (Euripides et al., 2012). Para el cálculo de flujo de SO₂ se tiene en cuenta los valores de velocidad del viento medidos por la estación climática instalada en la cima del volcán, los cuales se ajustan a la zona donde se genera la columna. A partir de los escaneos de SO₂, de las estaciones fijas, diariamente se realiza la evaluación de cada uno de ellos y se reporta el valor máximo del día y la estación donde se registró.

Se registran escaneos durante todos los días del mes de mayo para las estaciones Alto Jimenez y Santa Bárbara, mientras que para la estación Alto Tinajillas no se tiene registro de escaneos. Se obtuvo el único valor de flujo de SO₂ el día 11 de mayo registrando 365 Ton/día, valor considerado como bajo para el volcán Galeras (Tabla 9, Figura 30).

Tabla 9. Emisiones de SO₂ del volcán Galeras (cuantificadas en términos de flujo de emisión) registradas durante el mes de mayo de 2015, por las estaciones ScanDOAS (Proyecto NOVAC).

FECHA	HORA LOCAL	DIRECCION AZIMUT	VELOCIDAD [m/s]	Máximo flujo SO ₂ diario [Ton/día]	Estación de registro o recorrido	Equipo
11-may-15	03:42 PM	341.1	8.5	365	Alto Jimenez	SCANDOAS

* Flujo de emisión de SO₂ [Toneladas/día]. Bajo: ≤ 500; moderado: > 500 y ≤ 1000; alto: > 1000 y ≤ 3000; muy alto: > 3000.

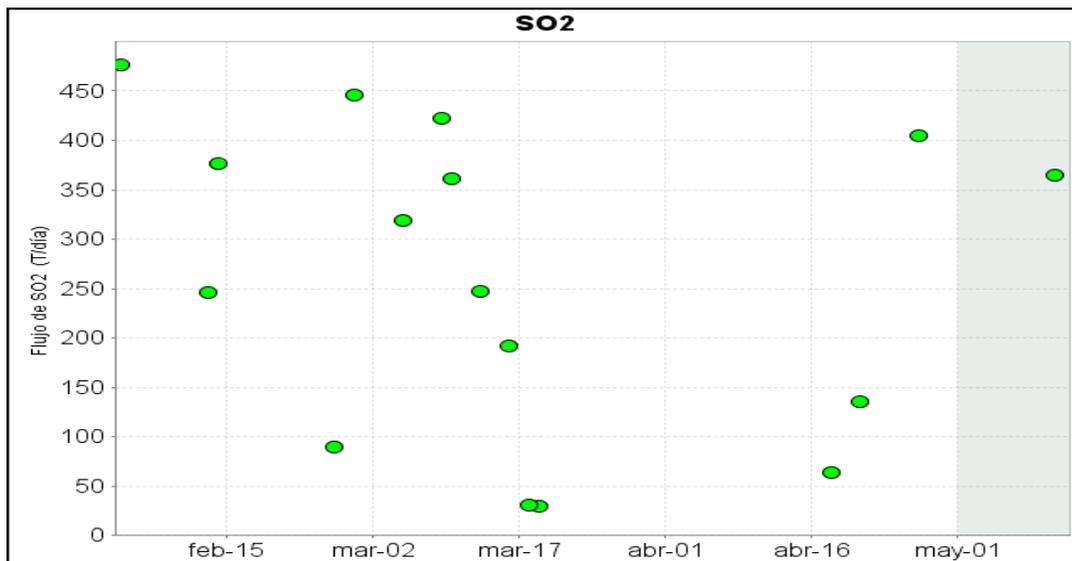


Figura 30. Flujo de emisión de SO₂ registrado entre febrero y mayo de 2015 por los equipos ScanDOAS en Galeras. Se resalta en gris el mes evaluado.

Para este periodo se presenta un proceso de desgasificación en Galeras, observado en las imágenes de actividad superficial sin que sea suficiente para ser cuantificado mediante los equipos de ScanDoas. Se registran variaciones en la velocidad del viento registrada entre 0 y 20 m/s con un promedio de 9,6m/s, y un promedio en la dirección del viento de 130° Azimut aproximadamente.

1.5.2. Flujo de gas Radón 222 – (Rn₂₂₂) telemétrico

El radón 222, es un producto en la cadena de descomposición nuclear del uranio 235, tiene una vida media de 3,8 días y no se encuentra más allá de los 50 a 60 m de profundidad, entonces su difusión es la única responsable de su dispersión (Dyck y Smith 1969).

En la figura 31 se encuentra el mapa de las estaciones para medición de flujo de gas Radón ubicadas en la zona de influencia del volcán Galeras.

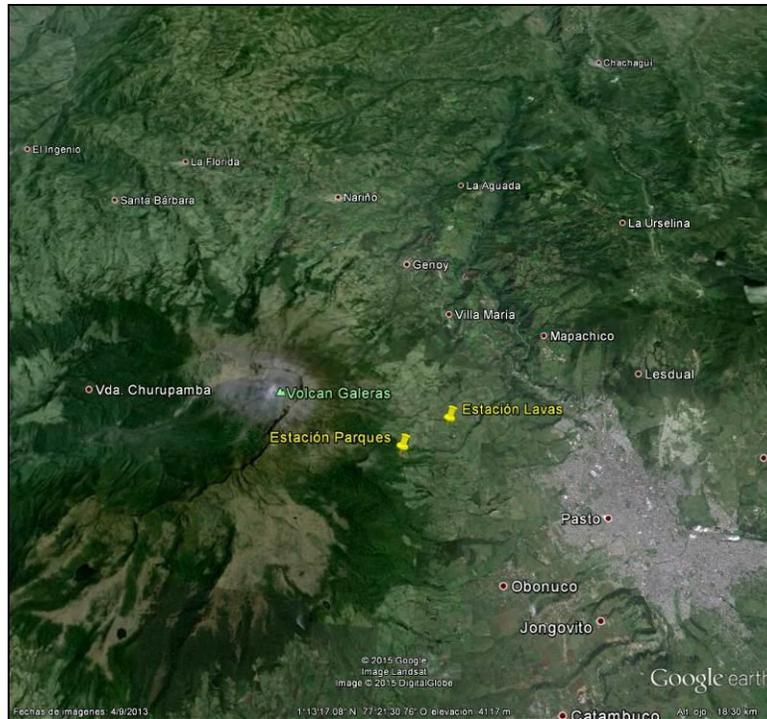


Figura 11. Mapa de localización de las estaciones telemétricas, utilizadas para medición de flujo de gas radón en zona de influencia del volcán Galeras.

En las figuras 32 y 33 se presentan las gráficas del comportamiento de la concentración de gas radón en el tiempo, se puede observar en la estación Lavas una concentración máxima de 131231 Bq/m³ para el día 20 de mayo a las 18:00 LT (Figura 32, tabla 10), se siguen evidenciando oscilaciones en el comportamiento de la concentración de radón en la gráfica, la estación Parques presenta para el día 09 de mayo a las 12:50 LT un máximo de 104975 Bq/m³ (Figura 33, tabla 11).

En ambas estaciones se observa un comportamiento cíclico de incremento y descenso en la concentración a través del tiempo, y se espera tener un mayor tiempo de operación para observar las posibles tendencias.

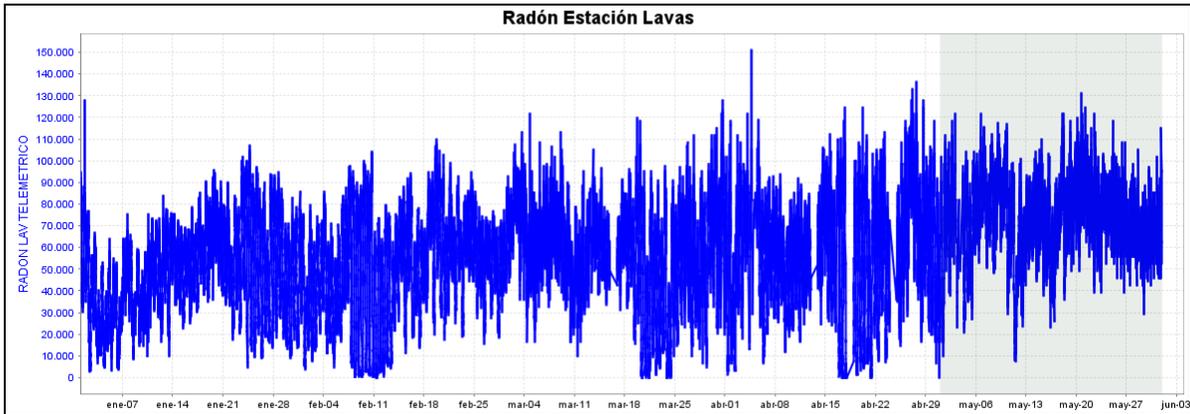


Figura 32. Concentración radón en suelo volcán Galeras -estación telemétrica Lavas- mes de mayo 2015.

Tabla 10. Valores máximo y mínimo y promedio de concentración de radón en estación Lavas del Volcán Galeras en mayo 2015.

Concentración radón (Bq/m ³)	
Valor promedio	74389
Valor máximo	131231
Valor mínimo	9797

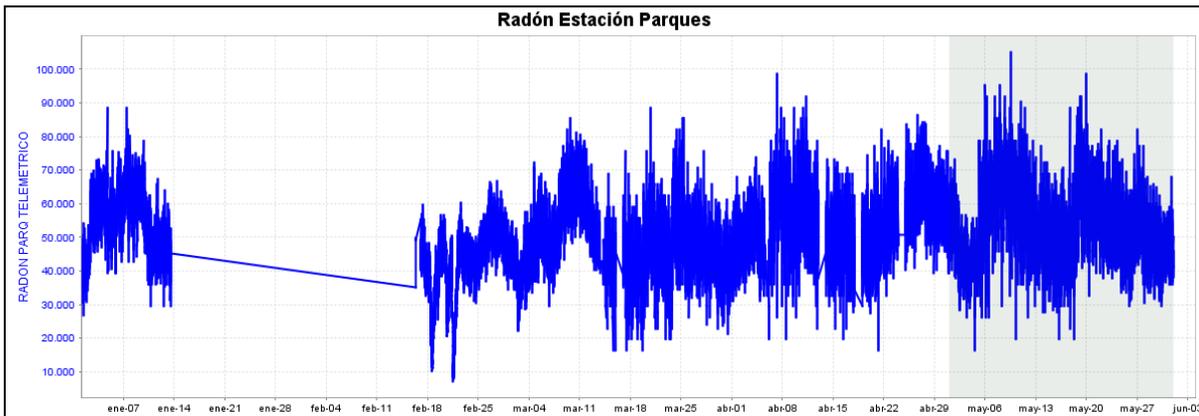


Figura 33. Concentración radón en suelo volcán Galeras -estación telemétrica Parques- mes de mayo 2015.

Tabla 11. Valores máximo y mínimo y promedio de concentración de radón en estación Parques del Volcán Galeras en mayo 2015.

Concentración radón (Bq/m ³)	
Valor promedio	52958
Valor máximo	104975
Valor mínimo	16360

1.5.3 Muestreo de aguas en fuentes termales

El volcán Galeras cuenta con una red actual de monitoreo de 5 fuentes termales (FT), entre las que se encuentran: FT Río Pasto (A), FT Cehani (B), FT Aguas Agrías (C), FT Agua Blanca (D) y FT Licamancha (E). (Figura 34, tabla 12 y 13).

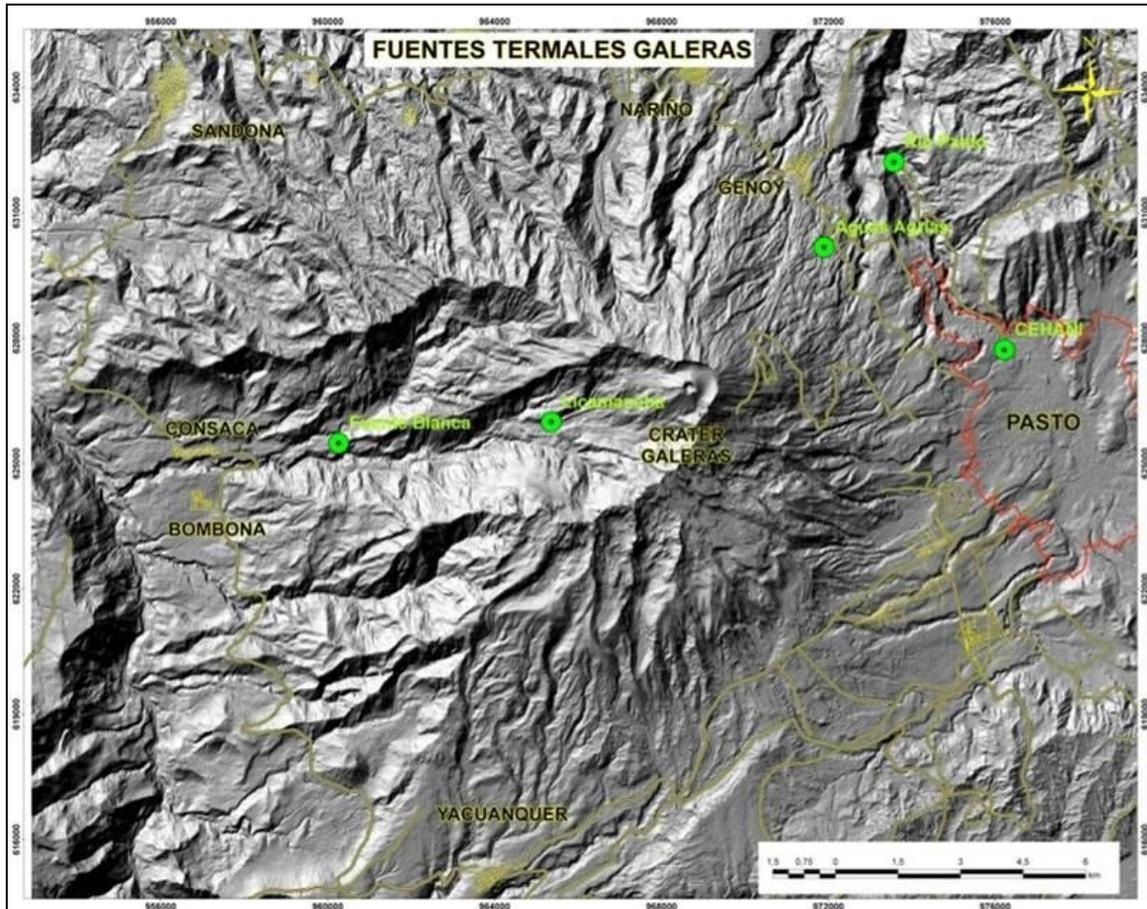


Figura 34. Mapa de localización de las fuentes termales perteneciente a la zona de influencia del Volcán Galeras.

Tabla 12. Imágenes fotográficas de las fuentes termales de la zona de influencia del volcán Galeras - mayo 2015.



Tabla 13. Ubicación geográfica fuentes termales volcán Galeras.

FUENTES TERMALES VOLCÁN GALERAS	Nombre Estación	Tipo	Latitud °N	Longitud °W	Altitud (msnm)
	Cehani	No telemétrica	01°13'46.3"	77° 17' 28.6"	2502
	Aguas Agrias	No telemétrica	01° 15' 6.2"	77° 19' 48.4"	2227
	Río Pasto	No telemétrica	01°16'12.6"	77° 18' 54.3"	2146
	Fuente Blanca	No telemétrica	01°12'33.6"	77° 26' 4.8"	2432
	Licamancha	No telemétrica	01° 12' 50"	77° 23' 20"	2702

El trabajo de muestreo en campo para la toma de datos y medición de parámetros fisicoquímicos en las fuentes termales pertenecientes a la zona de influencia del volcán Galeras se realiza con los siguientes equipos:

-Equipo multiparámetro (pH metro, T y ORP) SCHOTT (pH11/12): permite medir el potencial de hidrógeno, temperatura y potencial de óxido reducción en fuentes termales.

-Conductímetro: permite hacer mediciones de conductividad eléctrica en aguas.

-Termómetro: permite hacer mediciones de temperatura.

- Cámara térmica: realiza el registro fotográfico y medida de la radiación térmica en las fuentes termales.

En la figura 35 se muestra el valor del potencial de hidrógeno (pH) correspondiente al mes de mayo para las FT de la zona de influencia del volcán Galeras. Los colores en la gráfica indican el estado de acidez o basicidad de el manantial (grado de concentración de iones de hidrógeno en solución), indicando de esta manera una escala de 0 a 14 para pH.

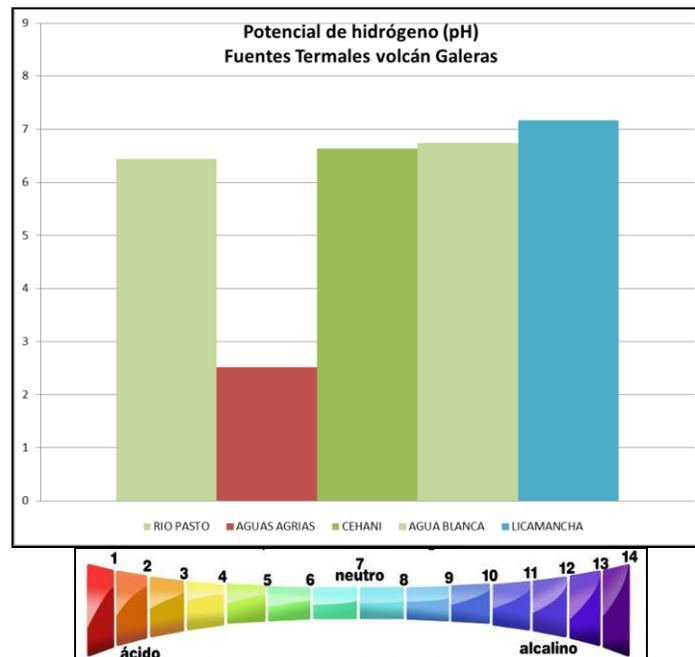


Figura 35. Potencial de hidrógeno de las FT del Volcán Galeras en mayo 2015.

En el mes de mayo de 2015 se visitaron todas las fuentes termales asociadas al volcán Galeras durante los días del 12 al 14, presentando potenciales de Hidrógeno (pH), entre 2,52 (ácido) y 7,17 (neutro). En la figura 36 se grafica para el comportamiento del parámetro pH en los diferentes muestreos realizados a través del tiempo de monitoreo de las termales, y se puede decir que en las últimas mediciones realizadas no se tienen variaciones significativas que puedan estar relacionados

a cambios en la actividad del volcán, sin embargo la tendencia de la última medición realizada parece mostrar un ligero aumento en el valor para todas las fuentes termales.

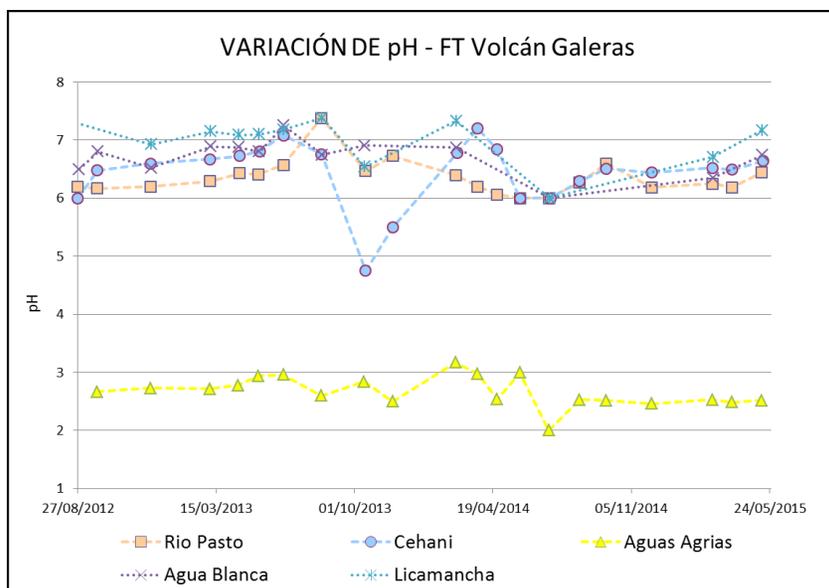


Figura 36. Comportamiento del pH de las FT Volcán Chiles entre agosto de 2012 y mayo de 2015.

En la tabla 14 se presenta la clasificación de las aguas termales de acuerdo a la temperatura que estas presentan.

Tabla 14. Clasificación de aguas termales de acuerdo a la temperatura.

TEMPERATURA	CLASIFICACIÓN
20-35°C	Aguas hipotermas
35-45°C	Aguas mesotermas
45-100°C	Aguas hipertermas
100-150°C	Aguas supertermas

Por lo anterior los manantiales se pueden caracterizar de la siguiente manera:

- **Fuente termal Río Pasto**

Temperatura superficial: 43,4°C (Temperatura registrada en mayo de 2015 con termómetro digital).

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra entre los 35°C y 45°C (Figura 37), por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como mesotermal. Presenta también una mediana conductividad eléctrica de 3,3 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

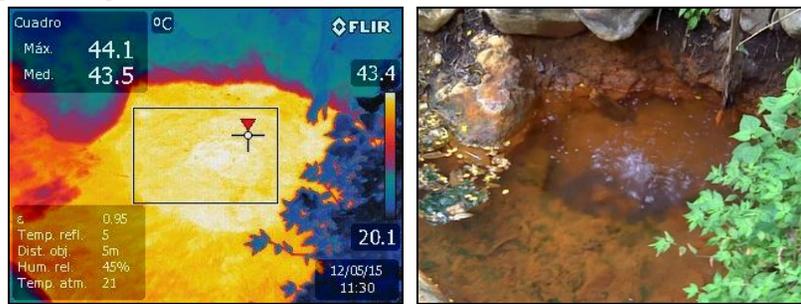


Figura 37. Imagen térmica FT Río Pasto - Mayo 2015.

- **Fuente termal Aguas Agrías**

Temperatura superficial: 28,8°C. (Temperatura registrada en mayo de 2015 con termómetro digital)

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra entre los 20°C y 30°C (Figura 38), por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como hipotermal. Presenta una mediana conductividad eléctrica de 4,2 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en solución.

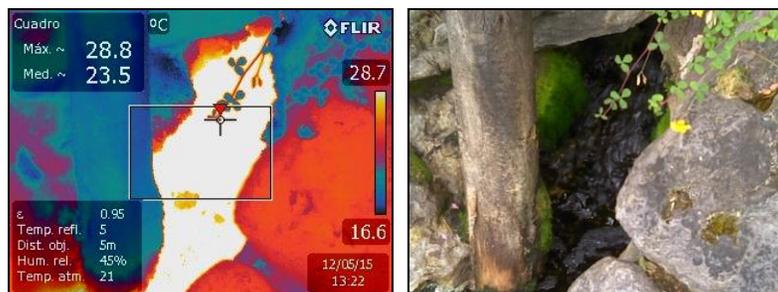


Figura 38. Imagen térmica FT Aguas Agrías mayo 2015.

- **Fuente termal Cehani**

Temperatura superficial: 37,3°C. (Temperatura registrada en mayo de 2015 con termómetro digital)

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: Las temperaturas de las manifestaciones termales se encuentran entre los 35°C y 45°C (Figura 39), por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como mesotermal. Presenta también una mediana conductividad eléctrica de 2,6 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

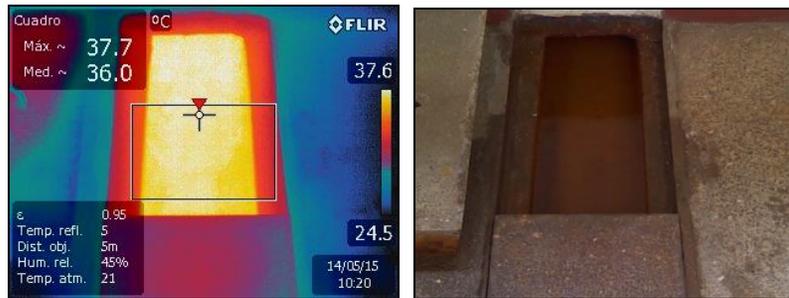


Figura 39. Imagen térmica FT Cehani - Mayo 2015.

- **Fuente termal Agua Blanca**

Temperatura superficial: 23,4 °C. (Temperatura registrada en mayo de 2015 con termómetro digital)

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra entre los 20°C y 35°C (Figura 40), por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como hipotermal. Presenta también una mediana conductividad eléctrica de 2,5 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en solución.

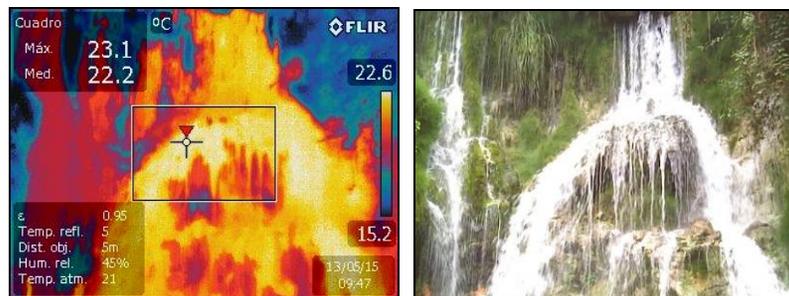


Figura 40. Imagen térmica FT Agua Blanca - Mayo 2015.

- **Fuente termal Licamancha**

Temperatura superficial: 22,1 °C. (Temperatura registrada en mayo de 2015 con termómetro digital)

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra entre los 20°C y 35°C (Figura 41), por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como hipotermal. Presenta también una mediana conductividad eléctrica de 2,6 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.



Figura 41. Imagen térmica FT Licamancha - Mayo 2015.

A continuación se presentan los gráficos sobre la variación de datos fisicoquímicos registrados a partir de datos históricos y aquellos registrados en la última visita de campo.

En la figura 42 se puede observar que la variación de la temperatura de las FT pertenecientes a la zona de influencia del volcán Galeras, parecen presentar una estabilidad, y no se registran cambios significativos en el comportamiento de esta variable, se observa que la temperatura en las FT Agua Blanca y Licamancha presentan una tendencia de aumento ligero y gradual desde el año 2013.

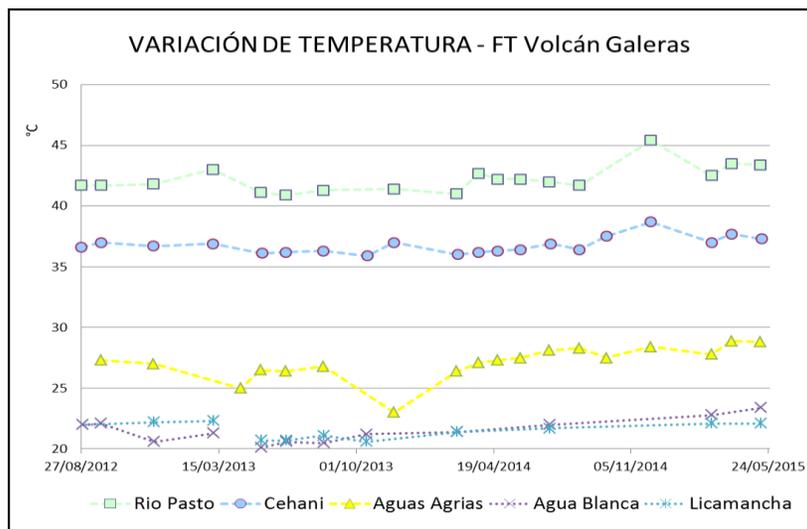


Figura 42. Comportamiento de la temperatura de las FT Volcán Galeras entre agosto de 2012 y mayo de 2015.

En la figura 43, se encuentra la gráfica sobre la variación de la conductividad eléctrica en las aguas de las fuentes termales asociadas al volcán Galeras. Se observa estabilidad en la mayoría de las fuentes, y en las FT Agua Blanca y Licamancha se registra un ligero aumento en el valor desde mediados del año 2014 aproximadamente.

La concentración del ion bicarbonato, determinado en campo mediante valoración con ácido clorhídrico frente a indicador azul de bromofenol, presenta pequeñas variaciones en las fuentes termales visitadas, en Aguas Agrias no se registra evidencia de la presencia del ion (figura 44).

La mayoría de las fuentes termales de Galeras se mostraron transparentes e inodoras, esto debido a su alto contenido en carbonatos y bajo contenido en azufre.

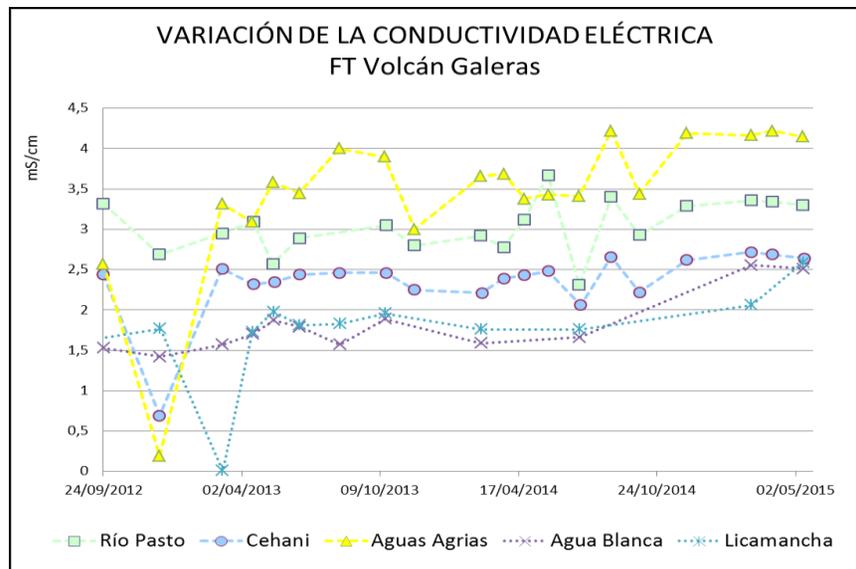


Figura 43. Comportamiento de la Conductividad Eléctrica de las FT Volcán Galeras entre septiembre de 2012 y mayo de 2015.

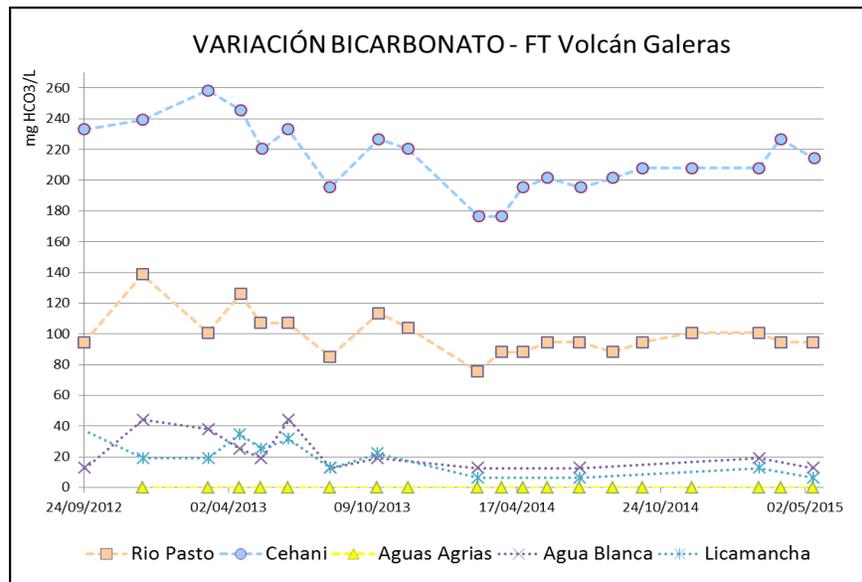


Figura 44. Comportamiento del contenido de Bicarbonato de las FT Volcán Galeras entre septiembre de 2012 y mayo de 2015.

1.6. ACTIVIDAD SUPERFICIAL Y CAMBIOS GEOMORFOLÓGICOS

La actividad superficial se documentó a partir de observaciones directas a la cima de Galeras desde la sede del OVSP y por videos e imágenes de las cámaras Web instaladas en la sede del OVSP en Pasto (SE del volcán), en Consacá (W del volcán) y en la cima de Galeras en el sector denominado Bruma (S del cono activo). La cámara ubicada en el sector de Barranco estuvo fuera de funcionamiento debido a que el equipo fue afectado por una tormenta eléctrica. Condiciones de clima favorables permitieron observar emisiones de gases durante los días 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 22, 23, 25, 26, 29 y 30 de mayo. La altura máxima alcanzada por las columnas de gas estuvo por debajo de los 200 m sobre la cima volcánica. La dispersión de las columnas de gases, en su mayoría de color blanco fue variable debido a la acción de los vientos. Los principales focos de emisión continúan ubicados en el cráter principal, sector norte y occidente de la parte alta del cono volcánico, principalmente en los campos fumarólicos Chavas y El Paisita.

En las Figuras 45 a 48 se presentan algunas imágenes asociadas a procesos de emisión de gases en mayo de 2015.



Figura 45. Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde las cámaras ubicadas en la sede del OVSP (Arriba Izquierda), Bruma (Arriba Derecha) y desde Consacá (Abajo) el 3 de mayo de 2015 a las 5:45 a.m.



Figura 46. Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde la cámaras web ubicada en Bruma el 4 de mayo de 2015 a las 5:38 a.m. y a las 7:51 a.m. respectivamente.



Figura 47. Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde la cámara ubicada en Bruma el 29 de mayo a las 6:15 a.m.



Figura 48. Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde la cámara web ubicada en Bruma el 30 de mayo a las 1:24 p.m.

1.7. CONCLUSIONES

- Continúa observándose cambios en el comportamiento de la actividad del volcán, reflejados en las fluctuaciones de la actividad sísmica, siendo la sismicidad dominante aquella asociada a fracturamiento de material sólido con el consiguiente movimiento de fluidos.
- Teniendo en cuenta el registro de los sensores utilizados para el monitoreo de la deformación del edificio volcánico, la mayoría muestran un comportamiento relativamente estable.
- Por medio de la red de cámaras de video del OVSP y gracias a las condiciones climáticas, en la mayor parte del periodo evaluado se evidenció emisiones de gases con columnas de baja altura respecto a la cima de Galeras, las cuales se dispersaron de acuerdo a la dirección de los vientos. Los principales focos de emisión continúan siendo el Cráter principal y los cráteres secundarios El Paisita y Chavas ubicados en el sector norte y occidente de la cima del cono volcánico.

El análisis de los diferentes parámetros para el monitoreo del volcán Galeras permitió que el nivel de actividad continúe en **AMARILLO** ■ (III): “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”.

2. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN CUMBAL – MAYO DE 2015

2.1. RED DE VIGILANCIA

En mayo de 2015 la red de vigilancia del complejo volcánico de Cumbal estuvo conformada por:

- Cuatro estaciones sísmicas telemétricas: Dos de banda ancha y dos de corto periodo, todas ellas triaxiales (Figura 49, Tabla 15).
- Cuatro inclinómetros electrónicos telemétricos (Figura 49, Tabla 15).
- Un sensor de presión acústico ubicado en el sitio de la estación sismológica La Mesa (Figura 49).
- Una cámara de video permanente para observación y seguimiento de la actividad superficial instalada en el municipio de Cumbal (Figura 49).

Para este periodo las estaciones sísmicas, de inclinometría, presión acústica y la cámara web tuvieron en promedio un porcentaje de funcionamiento del 67,8% (Figura 50). La estación mesa (Sismómetro, Inclinómetro y Sensor de presión acústica) se encuentra fuera de funcionamiento desde abril después de presentarse una tormenta eléctrica en la zona que al parecer afectó el sistema de protección y transmisión de dicha estación.

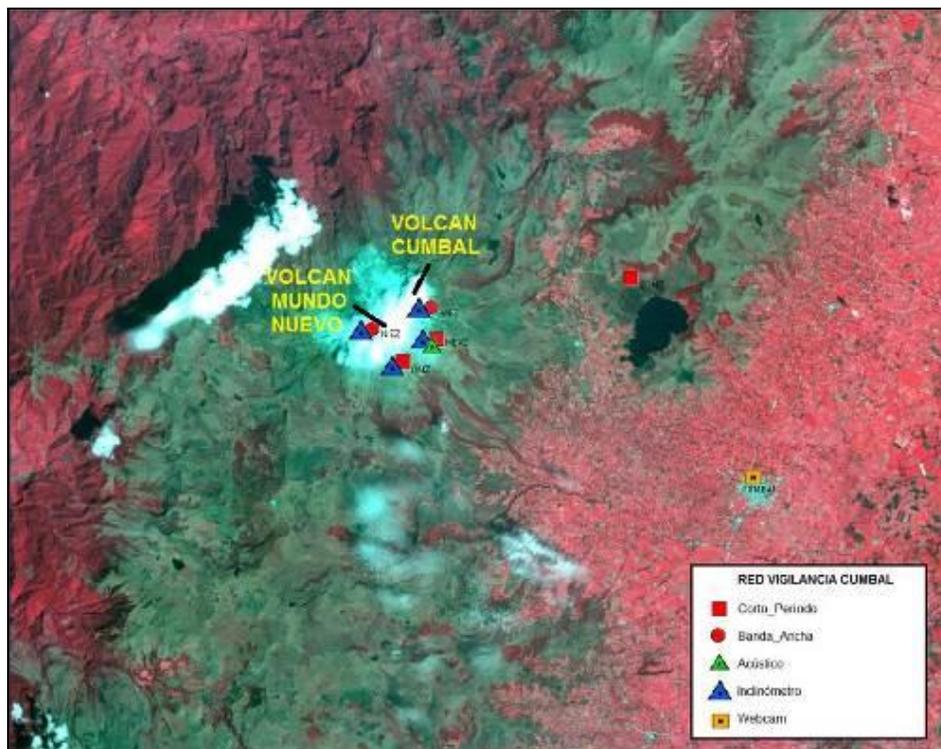


Figura 49. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico de Cumbal durante el mes de mayo de 2015.

Tabla 15. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del complejo volcánico de Cumbal durante mayo de 2015.

Estación	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia al Cráter Mundo Nuevo (Km)	Ubicación Respecto al Cráter Mundo Nuevo	Altitud (msnm)
La Nieve	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	0,2	E	4696
Limones	Digital	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	1,5	SE	4232
Punta Vieja	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	2,0	NE	4519
La Mesa	Digital	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	2,5	ESE	4270
La Nieve	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	0,2	E	4696
Limones	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	1,5	SE	4232
Punta Vieja	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	2,0	NE	4519
La Mesa	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	2,5	ESE	4270
La Mesa Acústico	Digital	Sensor de Presión Acústica	Unidireccional	2,5	ESE	4270

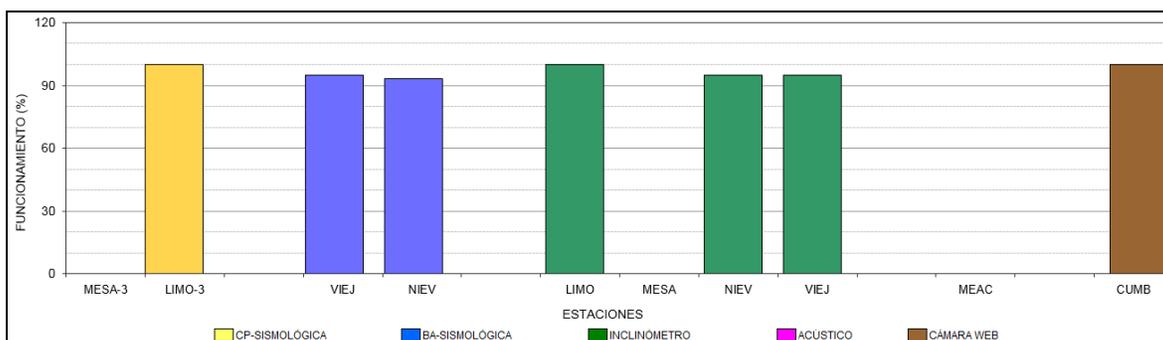


Figura 50. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico de Cumbal en mayo de 2015.

2.2. SISMOLOGÍA

En el mes de mayo de 2015, la ocurrencia sísmica aumentó en 5 veces en comparación a febrero de 2015, pasando de 475 a 2399 eventos. La sismicidad dominante fue de tipo HYB en un porcentaje del 62,2%, seguido por los eventos tipo LPS con un 23,7%, con el registro de 7 eventos tipo Tornillo – TOR. Por su parte, los eventos tipo VT y TRE aportaron con el 12,3% y 2,0% respectivamente (Tabla 16, Figuras 51 y 52).

Tabla 16. Número de eventos volcánicos por tipo ocurridos entre el 1 de febrero y el 31 de mayo de 2015 (resaltado en color verde).

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					
	VT	LPS	TRE	HYB	TOR	TOTAL
01-feb-15 a 28-feb-15	95	380	23	210	6	708
01-mar-15 a 31-mar-15	55	300	11	235	4	601
01-abr-15 a 30-abr-15	36	254	13	172	6	475
01-may-15 a 31-may-15	295	569	47	1492	7	2399

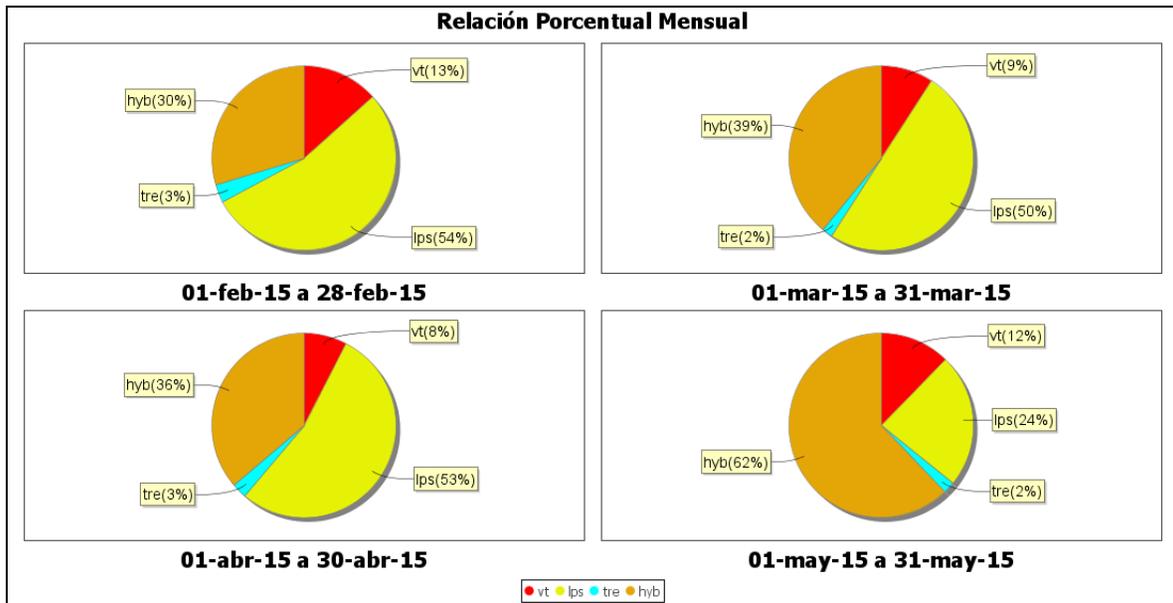


Figura 51. Relación porcentual de ocurrencia sísmica mensual por tipo de evento en el volcán Cumbal entre febrero y mayo de 2015. En la Figura el valor de los porcentajes se aproxima a valores enteros.

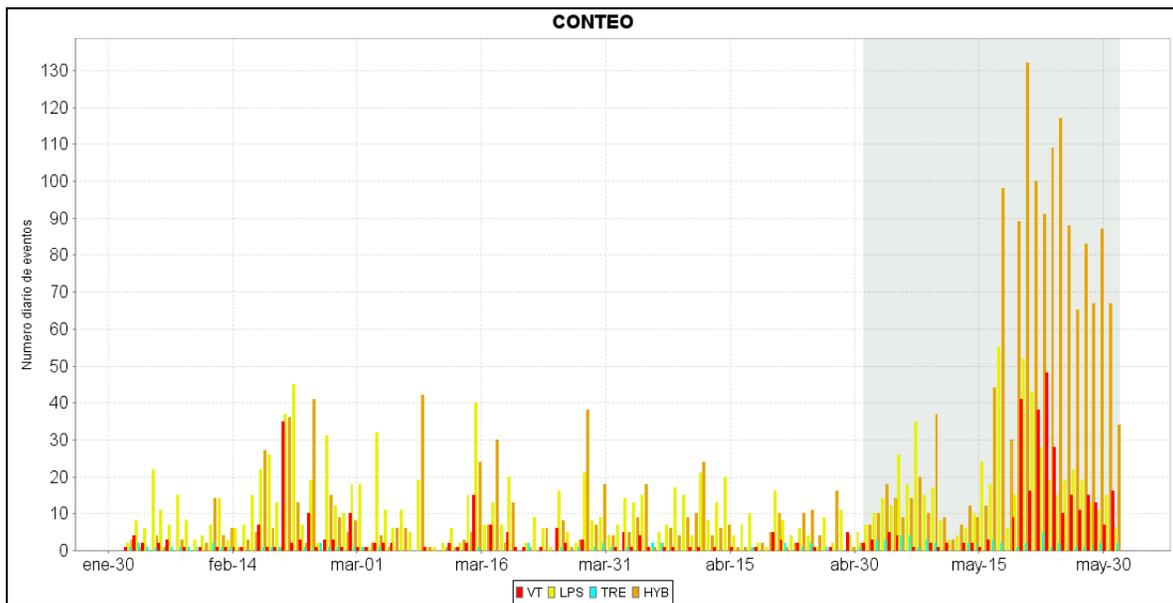


Figura 52. Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero y el 31 de mayo de 2015.

A manera de ejemplo, la Figura 53 muestra el registro de un evento asociado con movimiento de fluidos tipo TOR registrado el 22 de mayo de 2015 a las 4:40 a.m. y con frecuencia dominante de 1,18 Hz.

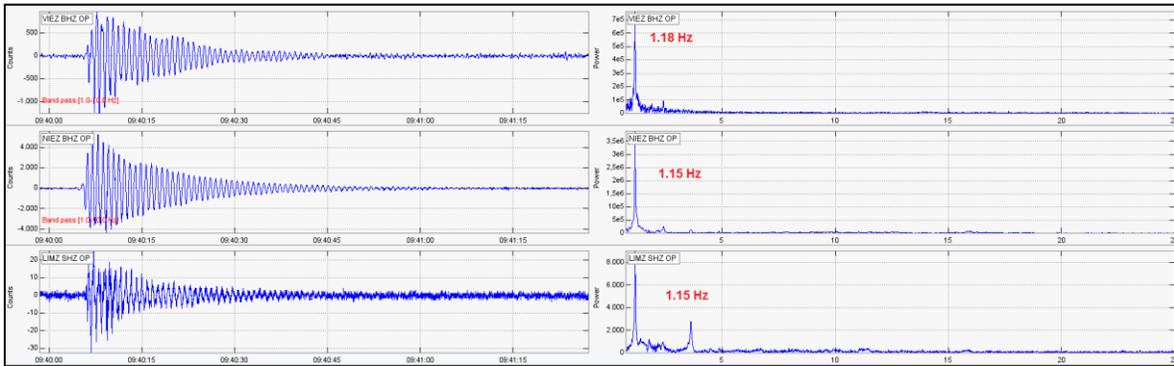


Figura 53. Sismograma y espectro en frecuencia del evento TOR, registrado el 22 de mayo de 2015 a las 4:40 a.m., el evento tuvo una duración de 27 segundos en la estación sísmica Limones.

Las Figuras 54 y 55 muestran la evolución temporal de las frecuencias dominantes y la duración de los eventos clasificados como TOR registrados por la red de monitoreo del complejo volcánico de Cumbal entre julio de 2010 y mayo de 2015. Se resalta que, hasta la fecha este tipo de eventos no muestran en sus parámetros evaluados una tendencia clara así como tampoco una correlación con procesos de presurización del sistema.

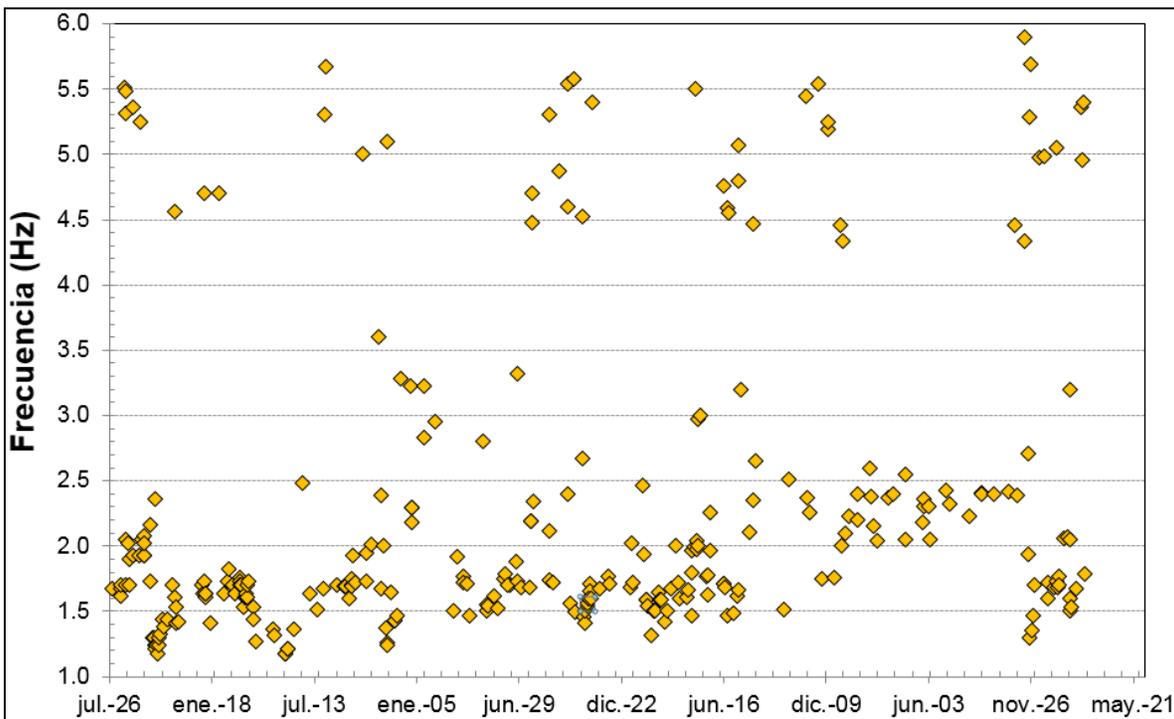


Figura 54. Evolución temporal de las frecuencias dominantes de los eventos tipo TOR registrados entre el 28 de julio de 2010 y el 31 de mayo de 2015.

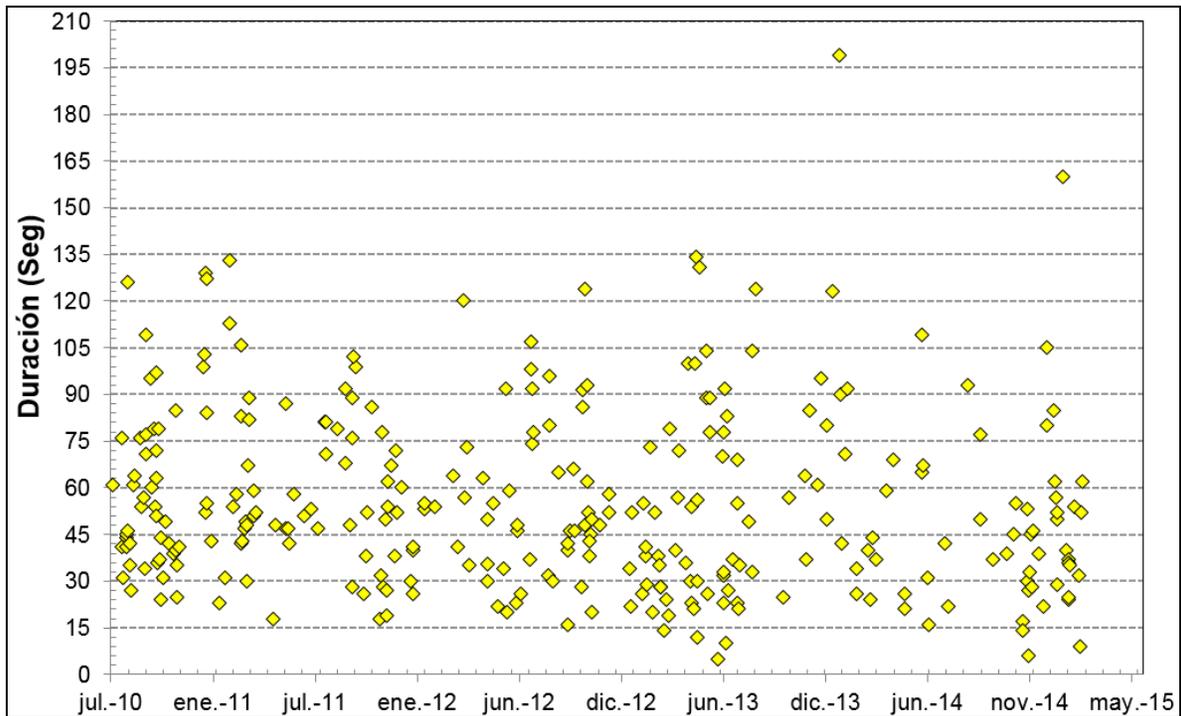


Figura 55. Duración en segundos de los eventos tipo TOR registrados entre el 28 de julio de 2010 y el 31 de mayo de 2015.

En relación con la sismicidad asociada con fracturamiento de material cortical al interior del Complejo Volcánico de Cumbal, para el periodo evaluado fue posible localizar 44 sismos (34 VT y 10 HYB), la mayoría de eventos se localizaron en inmediaciones del complejo volcánico Cumbal a menos de 1 km de distancia y profundidades menores a 2 km respecto a la cima volcánica. Algunos eventos se ubicaron de manera dispersa sobre el edificio volcánico, a distancias menores a los 12,5 km respecto al centro del complejo y a profundidades de hasta 13 km respecto a la cima volcánica. Las magnitudes locales estuvieron por debajo de 2,5 en la escala de Richter (Figura 56).

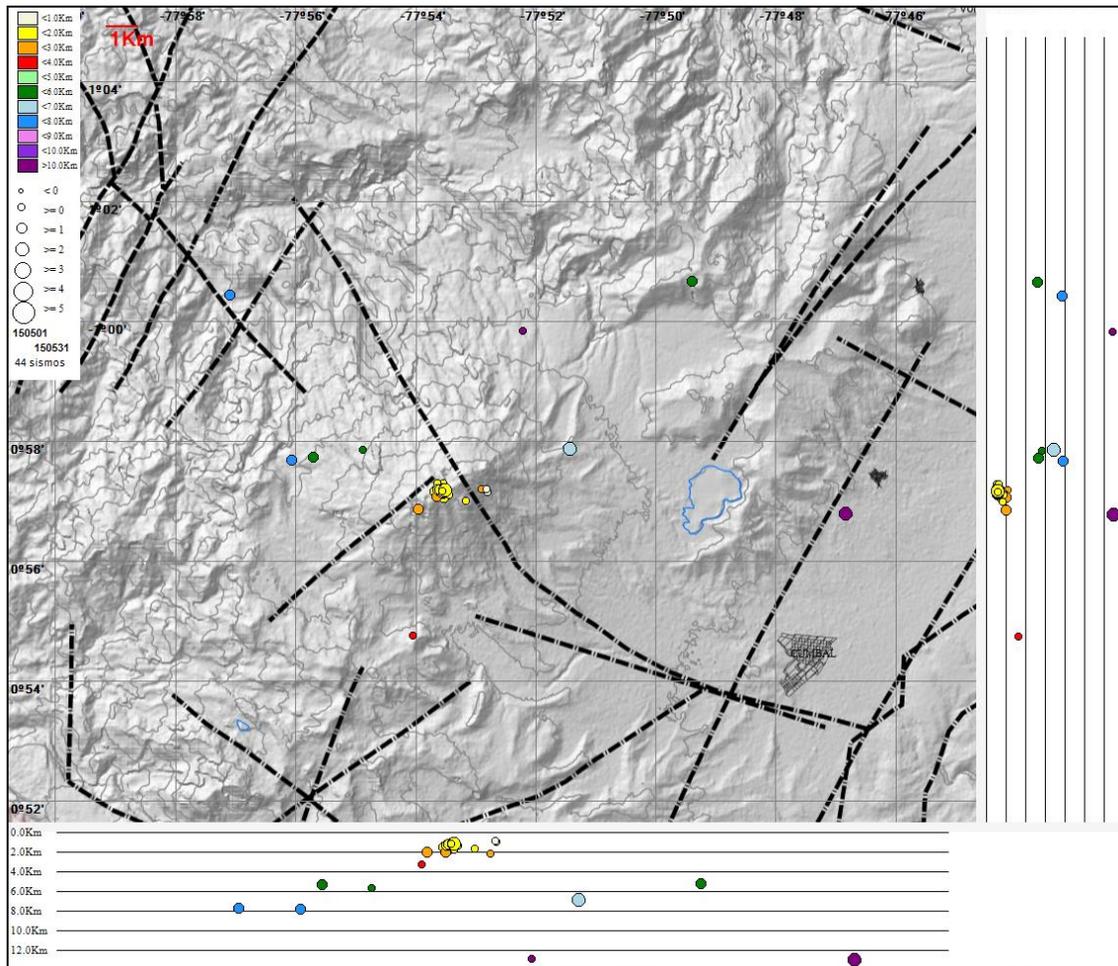


Figura 56. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 31 de mayo de 2015. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2 Km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4760 msnm).

2.3. DEFORMACIÓN

En relación a los procesos de deformación del edificio volcánico se observó que las componentes Norte y Este del inclinómetro Limones (ubicado a 1,5 km al sureste del cráter La Plazuela del volcán Cumbal, 4232 m.s.n.m.), en los últimos cinco meses muestran un comportamiento estable (Figura 57)

Punta Vieja (ubicado a 2 km al noreste del cráter La Plazuela del volcán Cumbal, 4519 m.s.n.m.) desde finales del 2013 muestra una variación continua en su componente norte que acumula hasta mayo de 2015 cerca de 110 μ radianes mientras que la componente Este muestra un comportamiento estables desde octubre de 2014 (Figura 58).

El inclinómetro Nieve (ubicado a 0,2 km al este del cráter Mundo Nuevo del volcán Cumbal, 4696 m.s.n.m.) desde finales de 2014 mantiene un comportamiento estable en su componente Norte y Este (Figura 59).

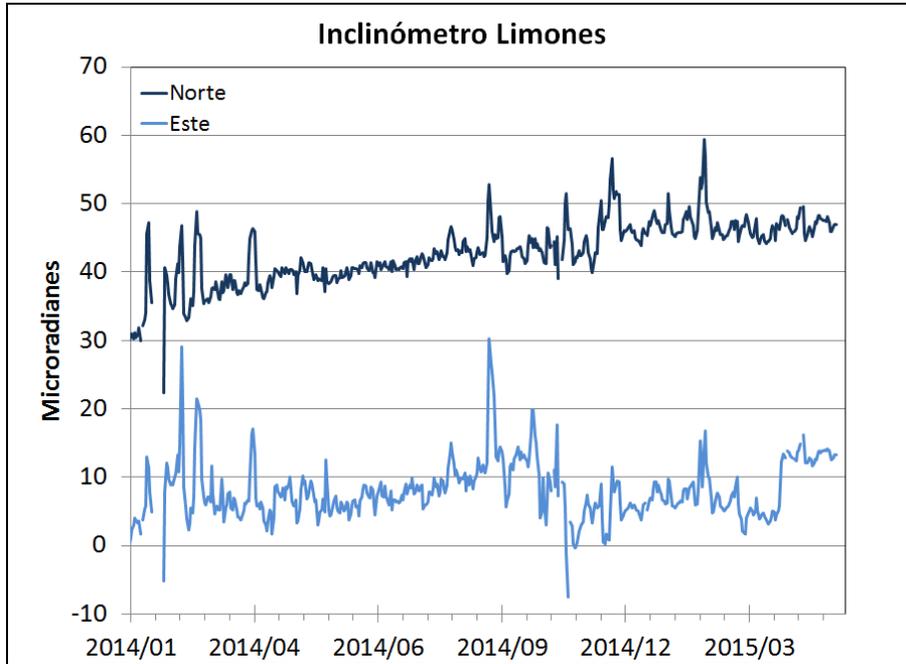


Figura 57. Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Limones, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de mayo de 2015.

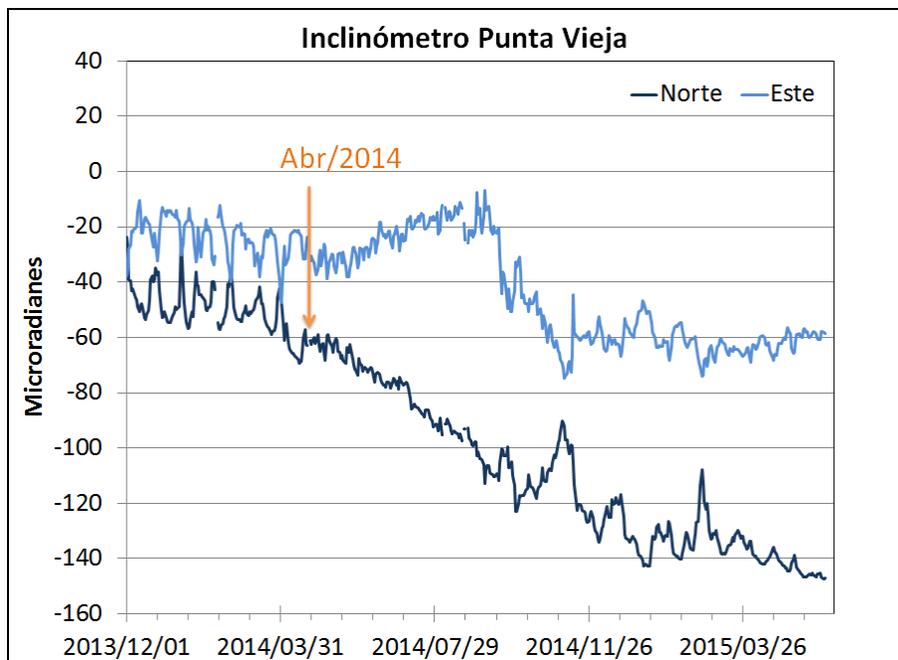


Figura 58. Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Punta Vieja, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de mayo de 2015.

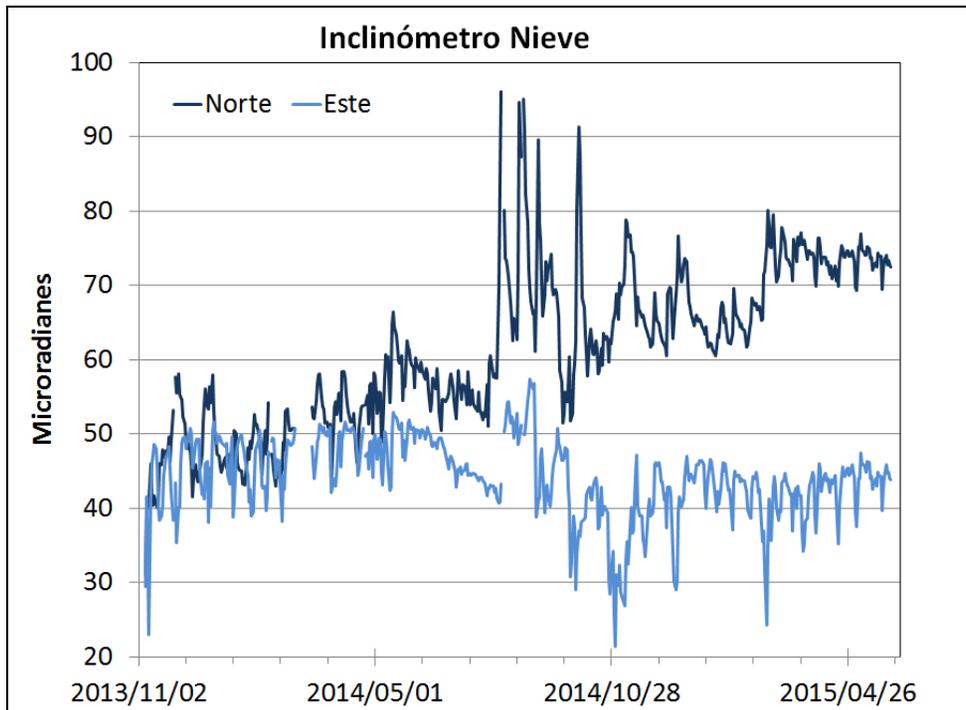


Figura 59. Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Nieve, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de mayo de 2015.

2.4. ACTIVIDAD SUPERFICIAL

En mayo de 2015 la actividad superficial se documentó a partir de las observaciones realizadas a los videos e imágenes de la cámara Web instalada en el municipio de Cumbal. Condiciones de clima favorables durante los días 1, 2, 3, 5, 6, 7 y 22, permitieron observar emisiones de gases de color blanco, provenientes principalmente de los campos fumarólicos El Verde (en Cumbal), Rastrojo y Boca Vieja (en Mundo Nuevo), las cuales fueron de baja altura y se dispersaron de acuerdo a la dirección de los vientos (Figuras 60 y 61).



Figura 60. Registro fotográfico de las emisiones de gases observadas el 1 de mayo de 2015 a las 6:21 p.m. desde la cámara Web instalada en la cabecera municipal de Cumbal.



Figura 61. Registro fotográfico de la emisión de gases observada el 5 de mayo a las 7:04 a.m., desde la cámara Web instalada en la cabecera municipal de Cumbal.

2.5. CONCLUSIONES

- La actividad que viene mostrando el Complejo Volcánico de Cumbal se caracteriza por fluctuaciones en los niveles de ocurrencia sísmica y registro eventual de sismicidad asociada con actividad hidrotermal.

La evaluación del proceso volcánico durante el mes de mayo de 2015 permitió mantener para la actividad del volcán Cumbal, en **NIVEL AMARILLO** ■ (III): “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”.

3. ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO MAYO DE 2015

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Los volcanes Chiles y Cerro Negro se encuentran ubicados al suroeste del país, en el departamento de Nariño, más exactamente en la frontera entre Colombia y Ecuador. Con una altura de 4748 msnm, Chiles se localiza a unos 15,5 Km al suroeste del Complejo Volcánico Cumbal. Por su parte el volcán Cerro Negro, con una altura de 4470 msnm se localiza a 16,5 km al suroeste del complejo volcánico Cumbal (Figura 62).

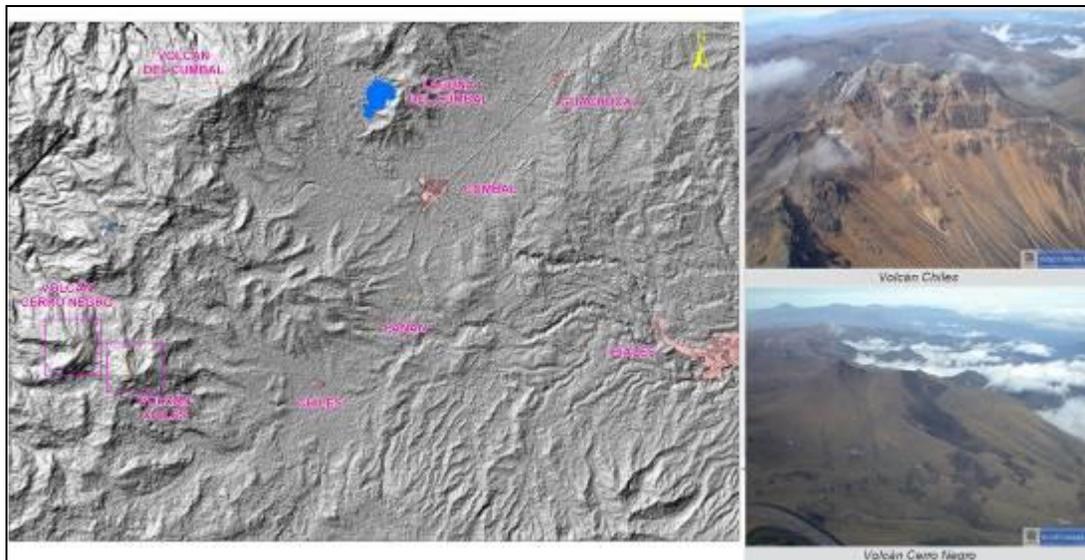


Figura 62. Localización de los volcanes Chiles y Cerro Negro (izquierda) e imágenes de los mismos (derecha).

3.2. RED DE VIGILANCIA

La red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro está conformada por seis estaciones sísmicas de banda ancha y tres inclinómetros electrónicos, una de las estaciones ubicada en la cima volcánica en el costado occidental de Chiles (sismómetro e inclinómetro), otra denominada Termales (sismómetro) ubicada muy próxima a la estación térmica, en el sector de Baño Grande, otra en el sector denominado Canguil (sismómetro y sensor de presión acústica) al nor-noroccidente del volcán Chiles, otra se encuentra en cercanías del volcán Cerro Negro y está conformada por una estación sísmica de banda ancha y un inclinómetro electrónico, ubicada al noroccidente de la parte alta del volcán, la estación Panán, a 7,4 km al nororiente del volcán Chiles, la estación Laguna ubicada al nor-nororiente del volcán Chiles y la estación El Morro (sismómetro e inclinómetro, la cual fue objeto de vandalismo el pasado 21 de diciembre de 2014). Además se cuenta con una estación para el monitoreo de la temperatura en la fuente termal Baño Grande ubicada en cercanías del cabildo de Chiles (Figura 63, Tabla 17).

En el periodo evaluado, las estaciones de la red instalada para el monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro tuvo un funcionamiento promedio del 47,4 (Figura 64). Este bajo porcentaje se debe a que las estaciones Morro, Panán y Canguil se encuentran fuera de funcionamiento desde el 21 de diciembre de 2014 y la estación Cerro Negro salió de funcionamiento debido a una tormenta eléctrica registrada en abril de 2015.

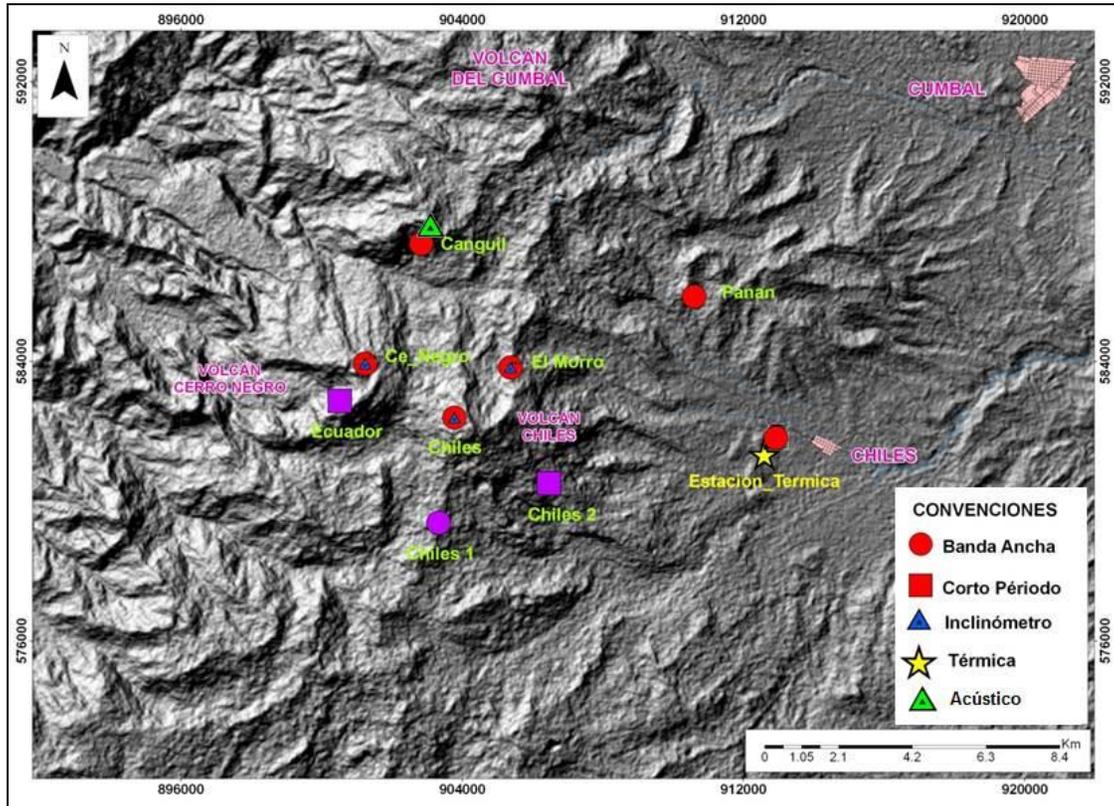


Figura 63. Estaciones sísmicas y de deformación cortical para los volcanes Chiles y Cerro Negro del lado Colombiano.

Tabla 17. Estaciones que conforman la red de vigilancia de la actividad de los volcanes Chiles y Cerro Negro.

Estación	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia Respecto a Chiles (Km)	Dirección respecto al centro del volcán	Altitud (msnm)
Chiles	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	1	WNW	4478
I. Chiles	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	1	WNW	4478
El Morro	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	1,9	NNE	4068
I. El Morro	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	1,9	NNE	4068
Cerro Negro	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	4	WNW	4216
I. Cerro Negro	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	4	WNW	4216
Canguil	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	5,5	NNW	3788
Lagunas	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	7,1	NNE	4003
Panan	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	7,4	NE	3750

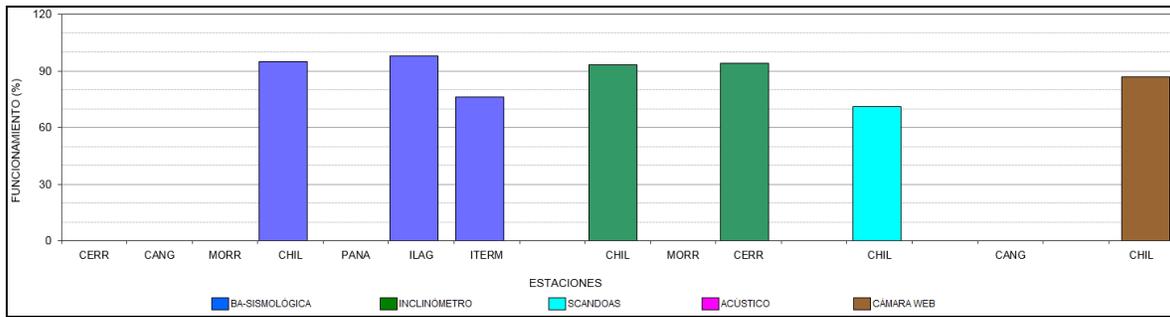


Figura 64. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante mayo de 2015.

Por otra parte, se cuenta con una red de muestreo de aguas en fuentes termales y fuentes frías (Figura 65, Tabla 18).

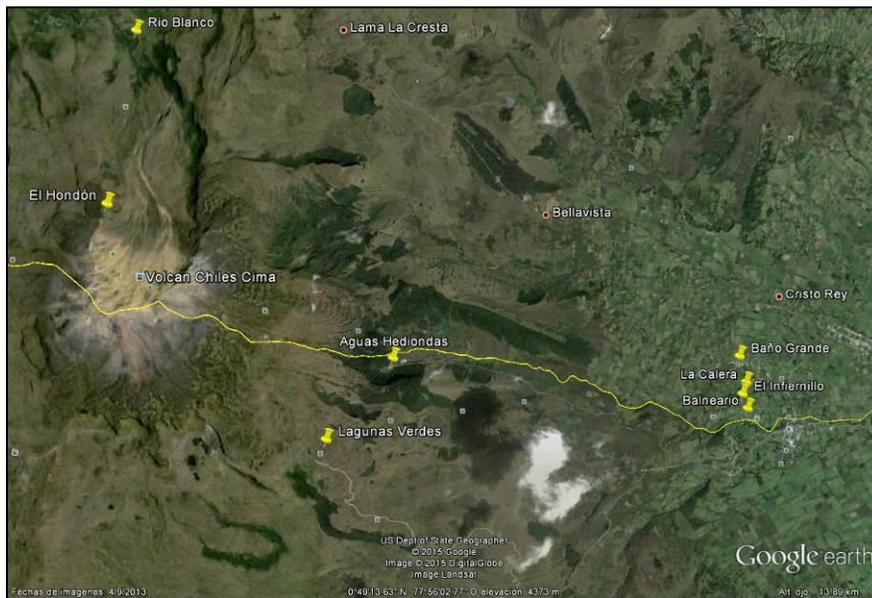


Figura 65. Mapa de localización de las fuentes termales pertenecientes a la zona de influencia de los Volcanes Chiles y Cerro Negro.

Tabla 18. Ubicación geográfica (WGS84) de las fuentes termales y frías del área de influencia del volcán Chiles.

FUENTE TERMAL	IMAGEN	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (msnm)
(A) BAÑO GRANDE		0.81282°	77.86624°	3318
(B) AGUAS HEDIONDAS		0.81256°	77.90923°	3613
(C) LAGUNAS VERDES		0.80758°	77.92791	3894
(D) RÍO BLANCO		0.84928°	77.94092°	3611
(E) EL HONDÓN		0.832535	-77.936713	3948

FUENTE TERMAL	IMAGEN	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (msnm)
(F) BALNEARIO		0° 48' 11,8"	77° 51' 41,4"	3269
(G) LA CALERA		0° 48' 17,4"N	77° 51' 44,8"W	3284
(H) EL INFIERNILLO		0° 48' 19,6"N	77° 51' 43,2"W	3284

3.3. SISMOLOGÍA

Respecto a la actividad de complejo volcánico Chiles – Cerro Negro, en el mes de mayo de 2015 la ocurrencia sísmica disminuyó en un 57,5% respecto a la registrada en abril de 2015, pasando de un total de 7313 a 3108 sismos tipo VT (Figura 66, Tabla 19). Con la instalación permanente de instrumentación especializada en noviembre 5 de 2013 hasta el 31 de mayo de 2015 se han registrado en total 534895 sismos, la gran mayoría registrados entre septiembre 29 de 2014 y 31 de marzo de 2015 con 419569 sismos.

De los 166 eventos localizados, la mayoría continúan ubicándose hacia el sector suroccidente del volcán Chiles, con distancias epicentrales entre 0,5 y 8 Km y profundidades entre 2 y 7 Km. Los sismos localizados presentaron magnitudes menores a 2,7 en la escala de Richter (Figura 67), sin embargo la mayoría de eventos tuvo magnitudes por debajo de 2 en la escala de Richter. En este periodo no se tuvo reportes de sismos sentidos.

Tabla 19. Número de eventos volcánicos por tipo para el complejo volcánico Chiles – Cerro Negro ocurridos entre el 1 de febrero y el 31 de mayo de 2015.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo				
	VT	LPS	TRE	HYB	TOTAL
01-feb-15 a 28-feb-15	19399	0	0	0	19399
01-mar-15 a 31-mar-15	11627	0	0	0	11627
01-abr-15 a 30-abr-15	7313	0	0	0	7313
01-may-15 a 31-may-15	3108	0	0	0	3108

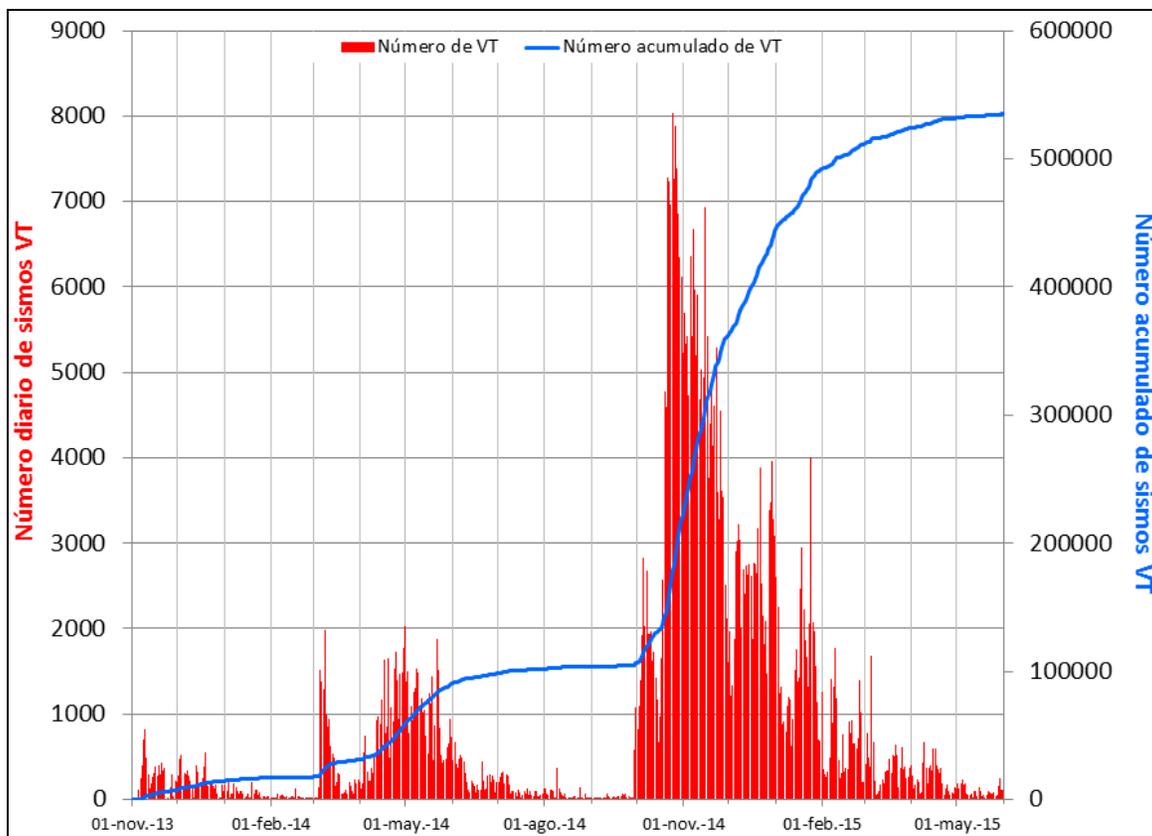


Figura 66. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Chiles y Cerro Negro entre el 1 de noviembre de 2013 y el 31 de mayo de 2015.

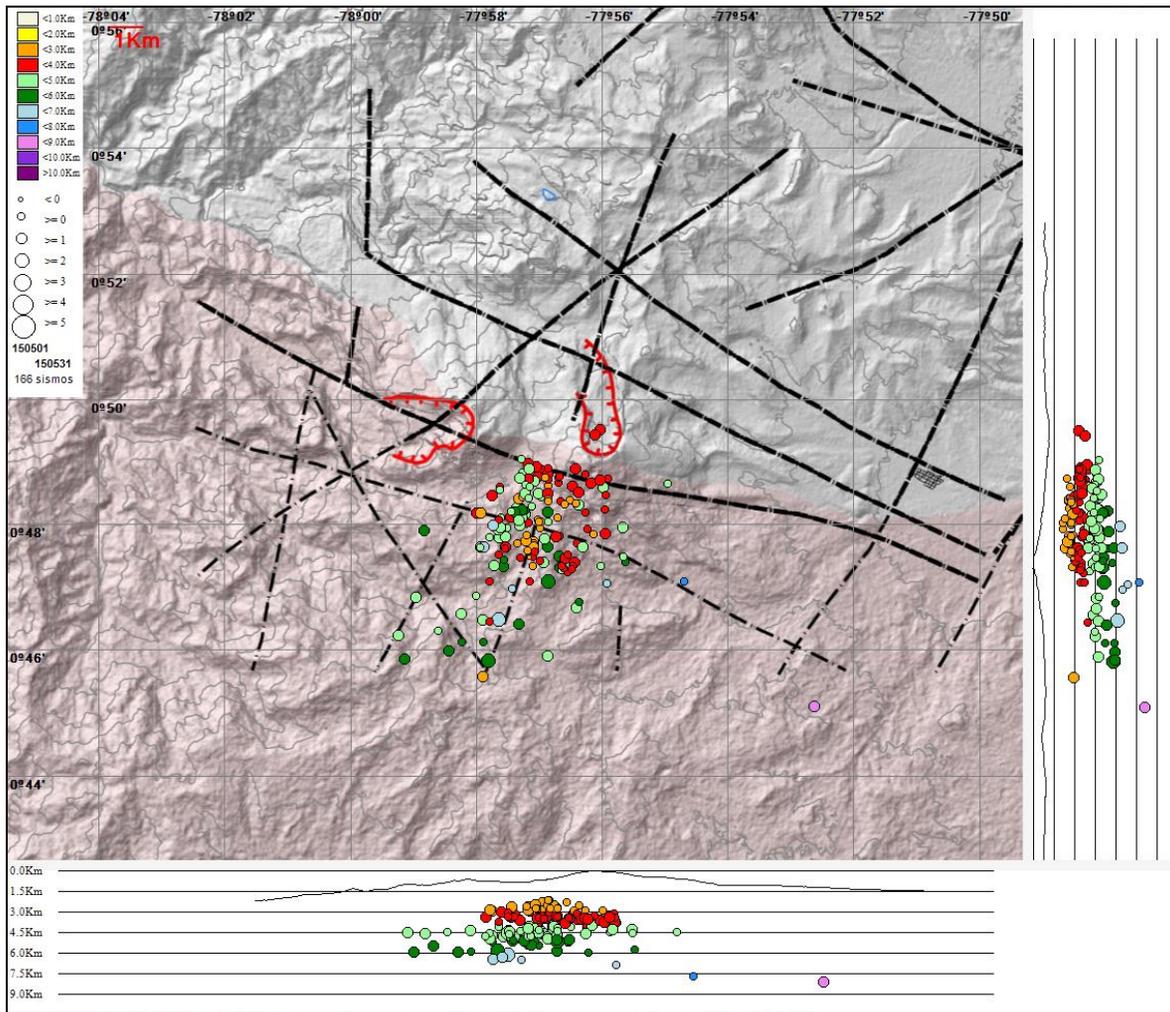


Figura 67. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo de Chiles y Cerro Negro, en el mes de mayo de 2015, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 1,5 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.

Teniendo en cuenta la magnitud local presentada por los eventos localizados, se logró obtener un estimativo de la energía liberada, esta gráfica se representa en términos de la raíz cuadrada (Figura 68).

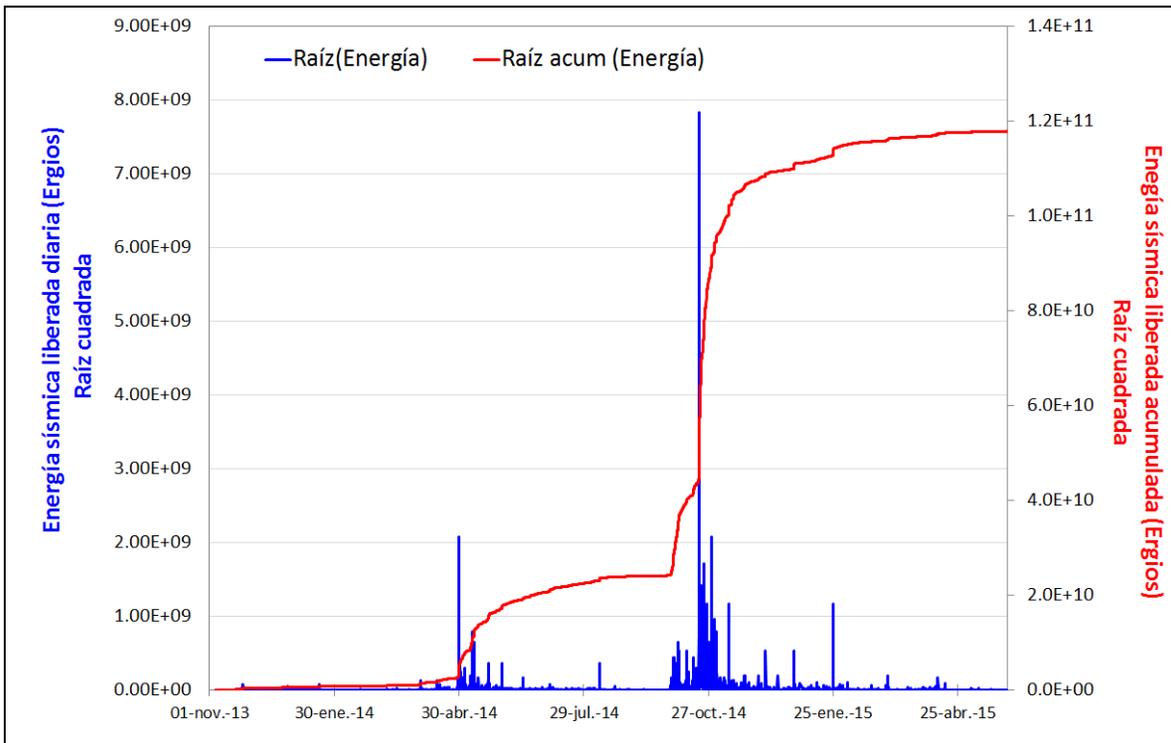


Figura 68. Energía diaria liberada calculada con la ML de los eventos volcánicos tipo VT ocurridos en Chile – Cerro Negro entre el 1 de noviembre de 2013 y el 31 de mayo de 2015. La ordenada se muestra en términos de la raíz cuadrada del valor de la energía en ergios.

3.4. DEFORMACIÓN

Las componentes Norte y Este del inclinómetro Chiles, muestran para los últimos tres meses un comportamiento estable, con variaciones asociadas a la temperatura ambiente y muy probablemente a variaciones en el voltaje (Figura 69).

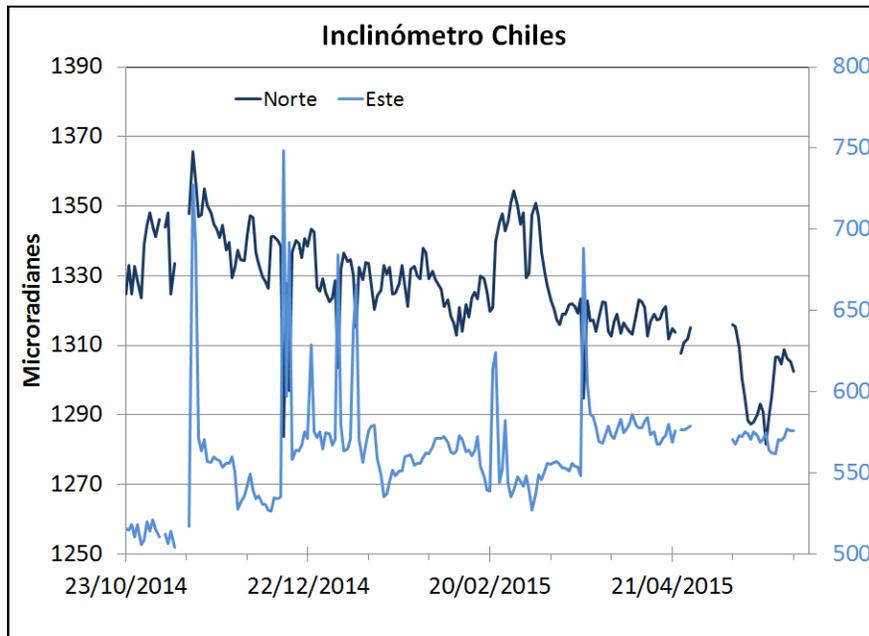


Figura 69. Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Chiles, instalado en el volcán Chiles, para el periodo comprendido entre el 23 de octubre de 2014 y el 31 de mayo de 2015.

La componente Este del Inclinómetro Cerro Negro – 2, instalado a finales de junio de 2014, continúa con el comportamiento ascendente registrado desde el 21 de agosto de 2014, acumulando hasta el 31 de mayo de 2015 cerca de 545 μrad . La componente Norte registra un comportamiento relativamente (Figura 70).

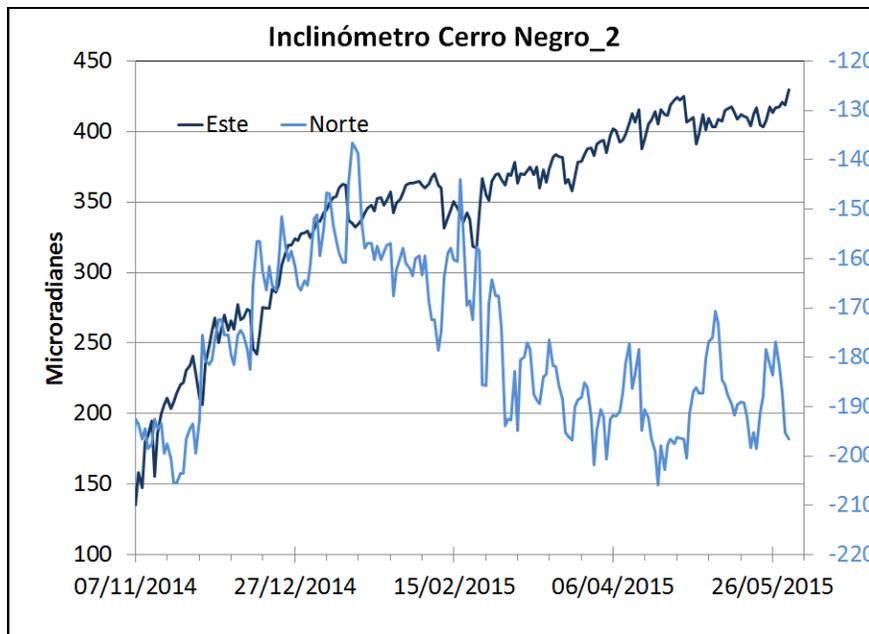


Figura 70. Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Cerro Negro – 2, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 7 de noviembre de 2014 y el 31 de mayo de 2015.

3.5. GEOQUÍMICA

3.5.1 Muestreo de aguas en fuentes termales del Volcán Chiles.

Para el periodo evaluado no se realizó muestreo en las fuentes termales ubicadas en área de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro.

3.5.2. Registro de temperatura – Estación Térmica Baño Grande

Los datos sobre la variación de temperatura en la FT Baño Grande del volcán Chiles, se obtienen a partir de una estación telemétrica ubicada en el sitio (Figura 65, tabla 18), estos se registran diariamente con una tasa de muestreo de 10 minutos; estos se registran diariamente con una tasa de medición de 10 minutos; a partir del día 19 de marzo de 2015 se decide retirar el sensor de temperatura para evaluar junto al grupo de electrónica las interferencias y variaciones que presenta el sistema y realizar la adecuación de señal en el sistema, se realiza la adecuación y reinstalación del sensor el día 29 de abril.

En la figura 71, donde se registran las variaciones que corresponden a valores medidos en el transcurso del día (desde las 8:00 a.m. a las 6:00 p.m. aproximadamente), se observa que las diferencias son hasta de 1,9°C, y concuerdan con lo observado en las visitas de campo, con un promedio de 42,8°C. El grupo de Geoquímica del OVS Pasto continua con el monitoreo de esta variable, registrando el comportamiento y operación de la estación para detectar cambios que puedan estar relacionados con la actividad del volcán.

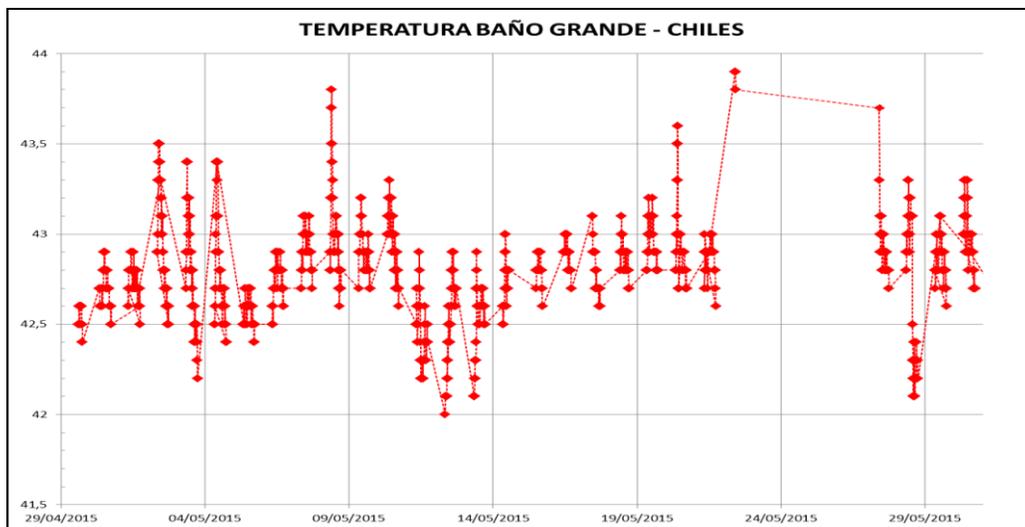


Figura 71. Gráfico filtrado por horas de la variación de temperatura FT Baño Grande perteneciente a la zona de influencia del Volcán Chiles en mayo de 2015.

3.6. ACTIVIDAD SUPERFICIAL

Durante el mes de mayo de 2015 no se tuvo reportes relacionados con actividad superficial del Complejo Volcánico Chiles – Cerro Negro.

3.7. CONCLUSIÓN

Aunque hasta el momento no se han observado cambios en las manifestaciones de actividad superficial, la actividad sísmica muestra una disminución gradual alcanzando hasta 256 sismos por día, asociados con una posible intrusión de magma en profundidad, por lo cual el sistema volcánico está lejos de retornar a un estado de equilibrio y es posible que vuelvan a suceder sismos de niveles energéticos importantes que sean sentidos por pobladores de la zona de influencia volcánica. Por tanto, se recomienda a las autoridades y comunidades mantener precaución, permanecer atentos a la información y a las recomendaciones dadas por las entidades oficiales.

La evaluación del proceso volcánico durante el mes de mayo de 2015 permitió que la actividad en la región de los volcanes Chiles y Cerro Negro permaneciera en **NIVEL AMARILLO ■ (III): “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.

4.1 ACTIVIDAD DEL VOLCÁN LAS ÁNIMAS

4.1.1. Ubicación Geográfica

El volcán Las Ánimas, que alcanza una altura de 4300 msnm, se encuentra situado al suroccidente de Colombia en el departamento de Nariño en límites con el departamento del Cauca, más exactamente emplazado en el Macizo Colombiano a unos 11 Km al noreste del volcán Doña Juana y a 12 Km al suroeste del volcán Petacas. En su zona de influencia se ubican los municipios La Cruz, San Pablo, Las Mesas, La Unión, Colón, San Bernardo del Departamento de Nariño y Florencia, Bolívar y Santa Rosa en el Departamento del Cauca (Figura 73).

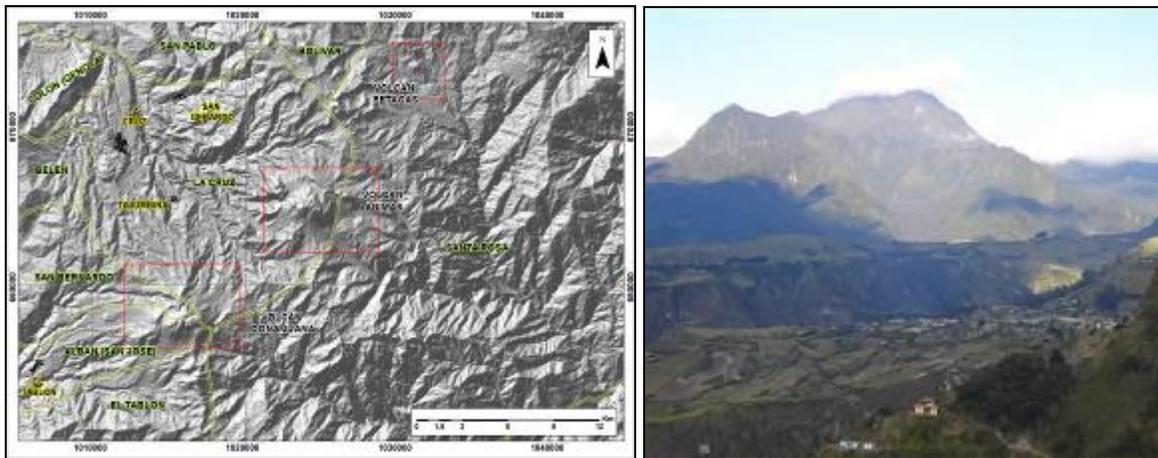


Figura 73. Localización del volcán Las Ánimas (izquierda) e imagen del costado occidental del volcán (derecha).

4.1.2. Red de vigilancia

La red de monitoreo del volcán Las Ánimas está conformada por tres estaciones sísmicas y dos inclinómetros electrónicos localizados en las zonas conocidas como Altamira, Petroglifo y El Troje sobre su costado occidental. Es de resaltar que la estación multiparámetro Altamira (sísmica y de deformación), se encuentra ubicada en los límites de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas.

En la Figura 74 se muestra la disposición de las estaciones para monitoreo de la actividad sísmica y de deformación cortical del volcán Las Ánimas. En la Tabla 20 se consignan sus características.

Tabla 20. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Las Ánimas en mayo de 2015.

Estación	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia al centro del volcán (Km)	Dirección respecto al centro del volcán	Altitud (msnm)
Altamira	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	7,9	SW	3137
I. Altamira	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	7,9	SW	3137
Petroglifo	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	4,6	W	2905
I. Petroglifo	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	4,6	NW	2905
Troje	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	6,2	NW	2726

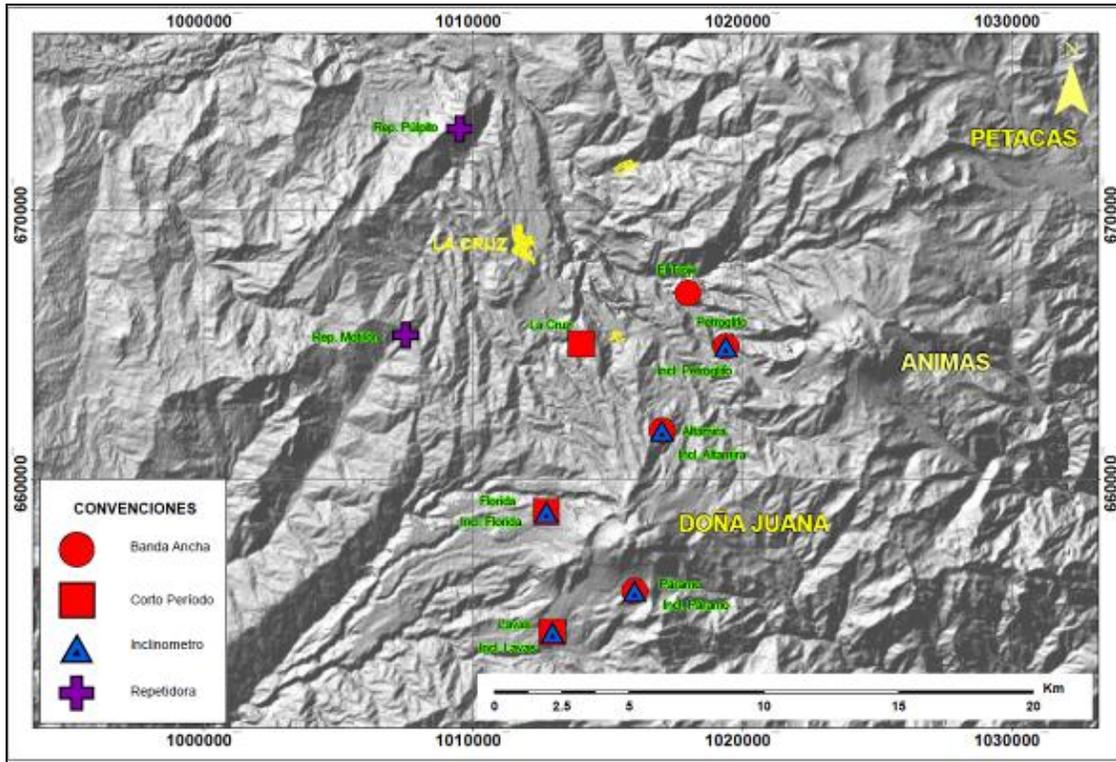


Figura 74. Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante el mes de mayo de 2015. En el mapa se distinguen también los volcanes Doña Juana y Petacas.

En el periodo evaluado, las estaciones de la red instalada para el monitoreo del volcán Las Ánimas tuvo un funcionamiento del 72,4% (Figura 75).

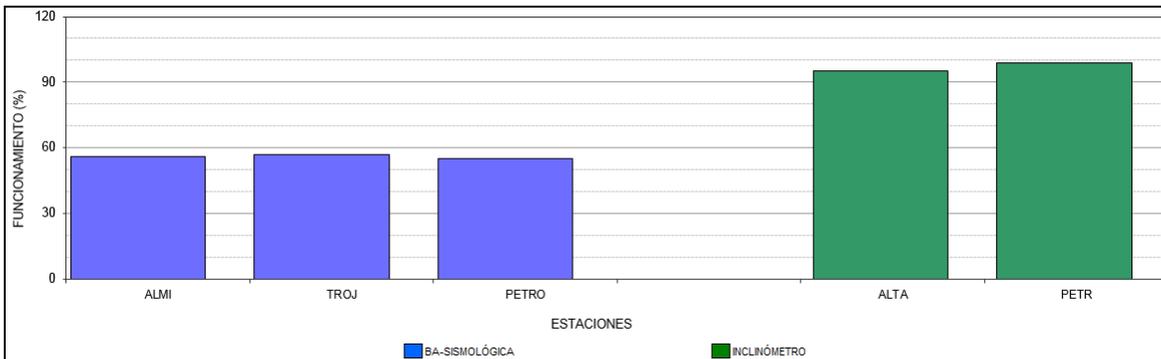


Figura 75. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante mayo de 2015.

4.1.3. Sismología

Para el periodo evaluado en el volcán Las Ánimas se registraron 3 eventos sísmicos tipo VT (Tabla 21), dos de ellos localizados a menos de 4 km respecto al centro del edificio volcánico, a

profundidades menores a los 5 km respecto a la cima volcánica y con magnitudes por debajo de 1,1 en la escala de Richter (Figura 76).

Tabla 21. Número de eventos volcánicos por tipo para el volcán Las Ánimas ocurridos entre el 1 de febrero y el 31 de mayo de 2015.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					
	VT	LPS	TRE	HYB	VOL	TOTAL
01-feb-15 a 28-feb-15	1	0	0	0	0	1
01-mar-15 a 31-mar-15	5	0	0	0	0	5
01-abr-15 a 30-abr-15	1	0	0	0	0	1
01-may-15 a 31-may-15	3	0	0	0	0	3

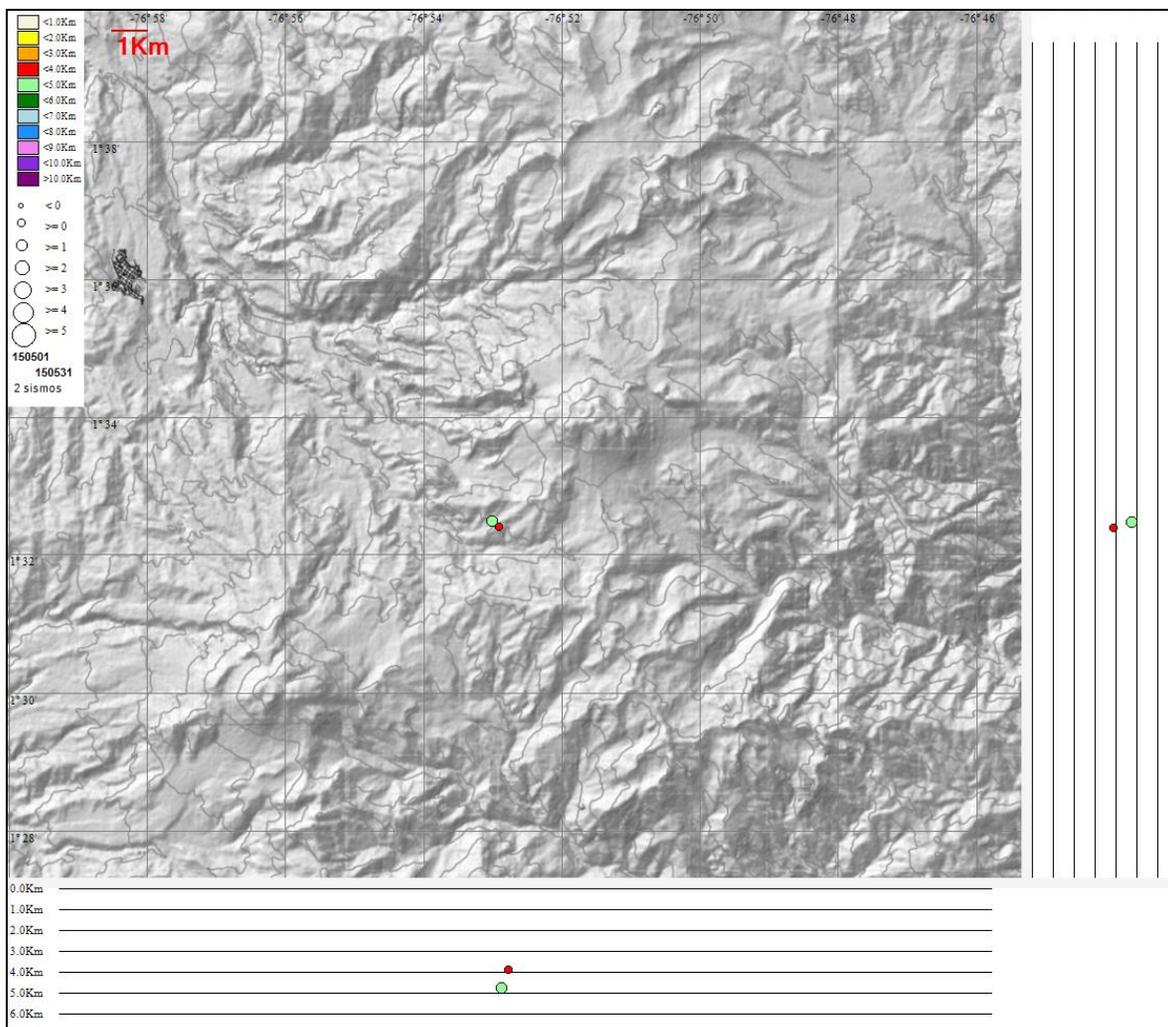


Figura 76. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Las Ánimas, en el mes de mayo de 2015, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 1,0 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.

4.1.4. Deformación

La componente Norte del inclinómetro Altamira (ubicado a 4,6 km al oeste de Las Ánimas, 2905 m.s.n.m.) muestra desde marzo de 2014 un comportamiento ascendente, acumulando hasta el 31 de mayo de 2015 una variación cercana a los 120 μ rad, mientras que la componente Este muestra en el último mes un comportamiento estable (Figura 77).

El inclinómetro Petroglifo (ubicado a 7,9 km al noroeste del volcán, 3137 m.s.n.m.) muestra para el último mes estabilidad en sus componentes (figura 78).

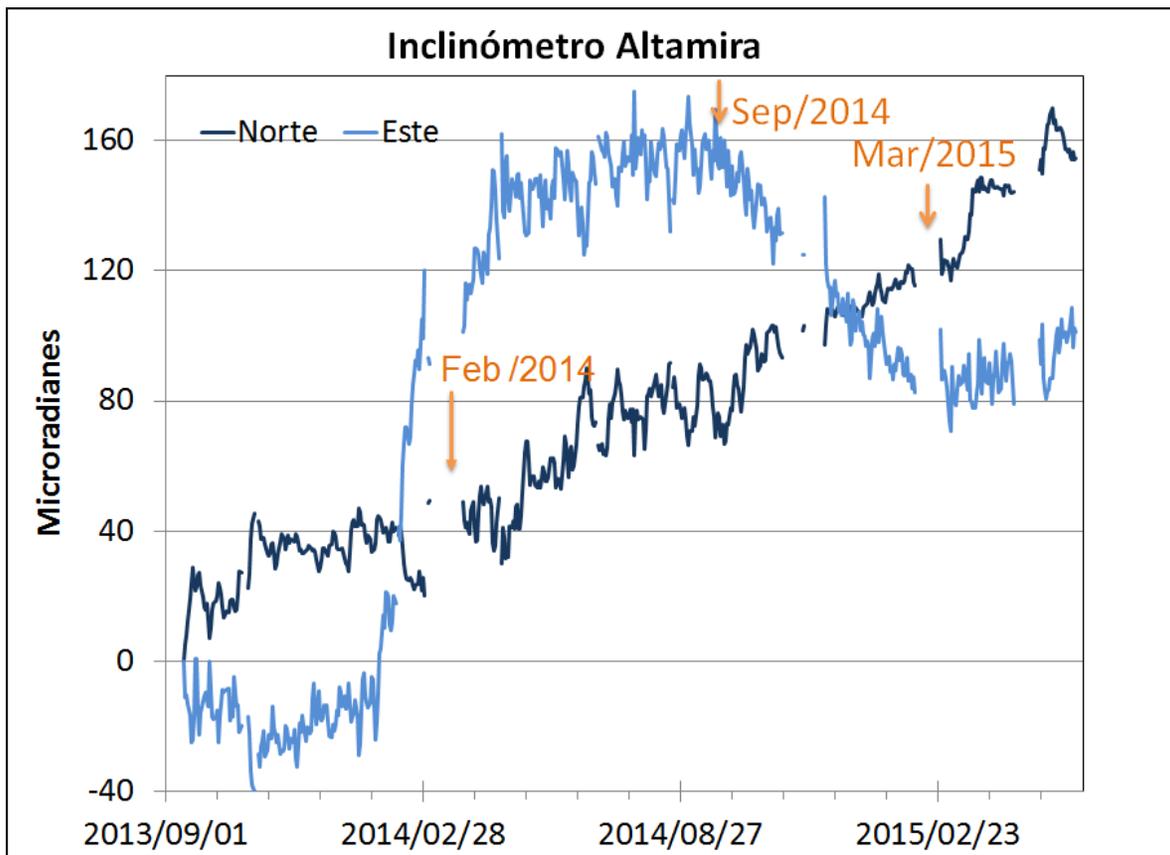


Figura 77. Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Altamira, para el periodo comprendido entre el 1 de septiembre de 2013 y el 31 de mayo de 2015.

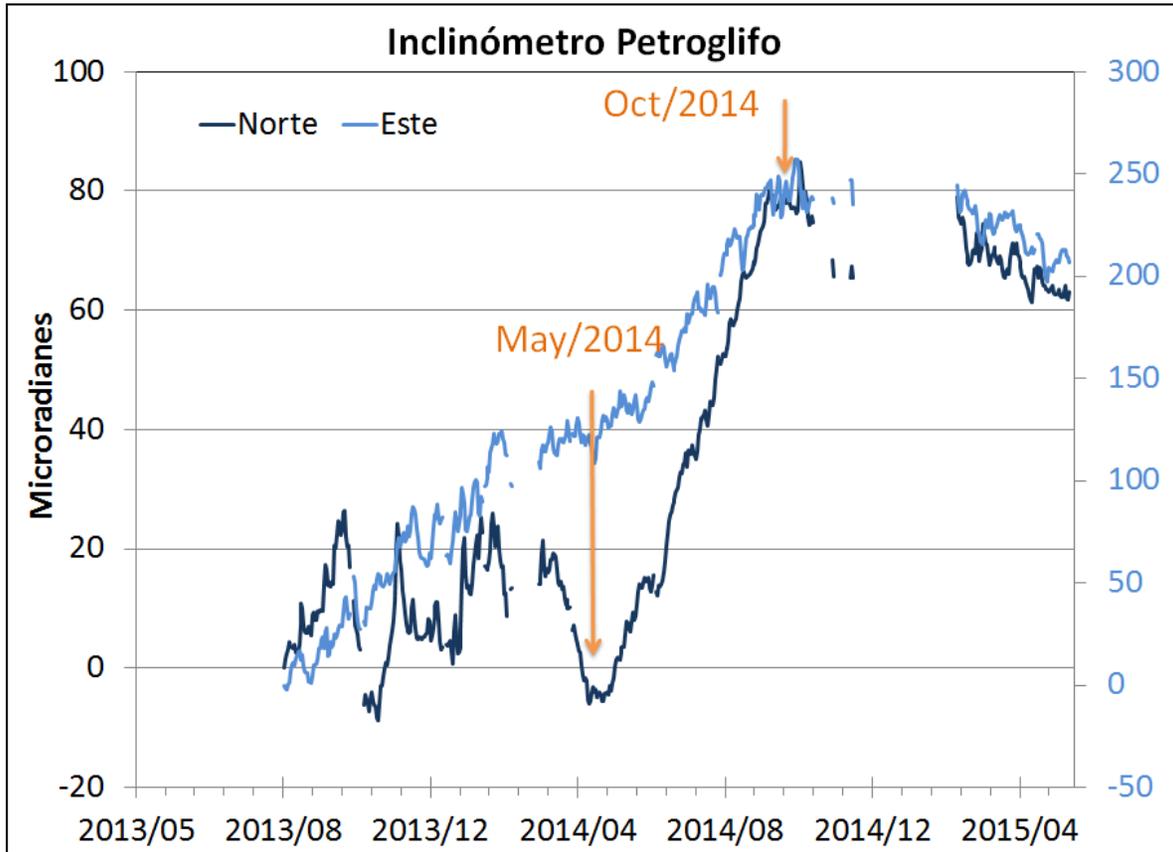


Figura 78. Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Altamira, para el periodo comprendido entre mayo de 2013 y mayo de 2015.

4.1.5. Actividad Superficial

Durante el mes de mayo de 2015 no se tuvo reportes relacionados con actividad superficial del volcán Las Ánimas.

4.1.6. Conclusión

Con base en la información disponible del mes de mayo de 2015 el nivel del volcán permaneció en **NIVEL VERDE ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”**.

4.2. ACTIVIDAD DEL VOLCAN DOÑA JUANA

4.2.1. Red de Vigilancia

Para el mes de mayo de 2015, la red de vigilancia del volcán Doña Juana estuvo conformada por:

- Tres estaciones sísmicas telemétricas triaxiales: dos de Corto Periodo y una de Banda Ancha (Figura 79, Tabla 22).
- La red de deformación del volcán Doña Juana cuenta con tres inclinómetros electrónicos telemétricos (Figura 79, Tabla 22).

Adicionalmente se cuenta con la señal digital de la estación La Cruz que pertenece a la Red Sismológica Nacional de Colombia, RSNC (Figura 79, Tabla 22).

En el periodo evaluado, las estaciones de la red instalada para el monitoreo del volcán Doña Juana tuvo un funcionamiento promedio del 81,7% (Figura 80). La estación lavas se encuentra fuera de funcionamiento debido a interferencias en la señal y problemas en el sistema de adquisición.

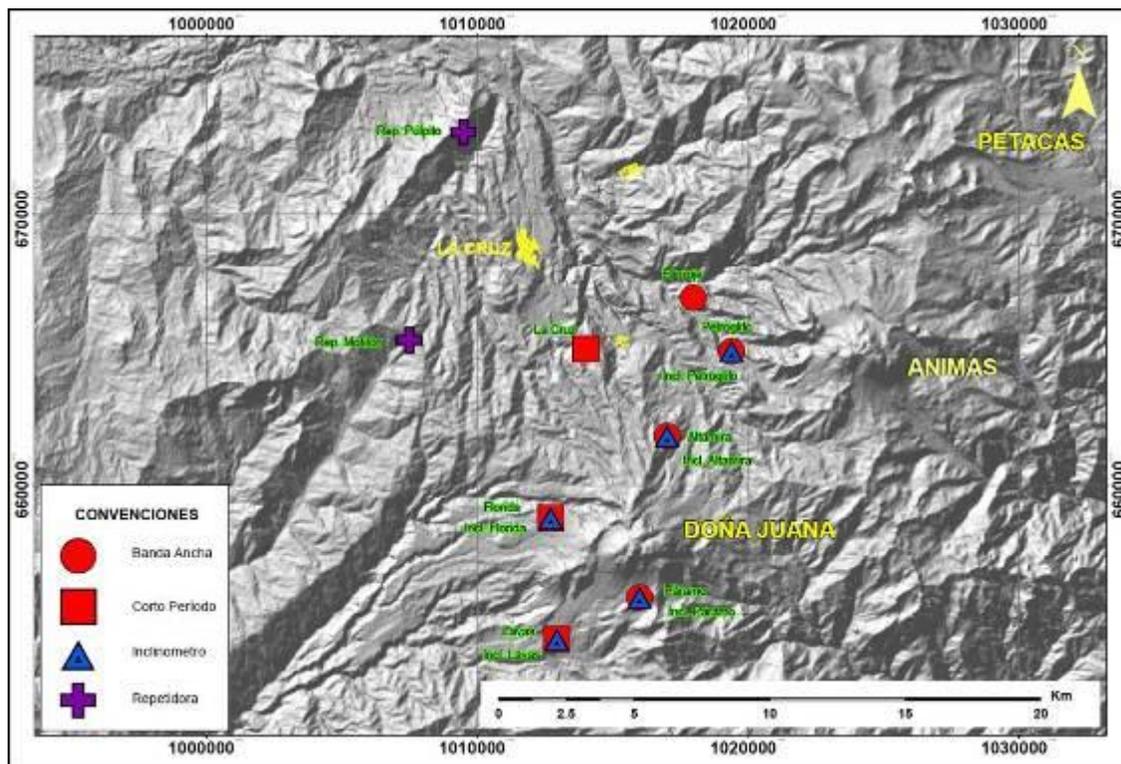


Figura 79. Localización de las estaciones que conforman la red de monitoreo de los volcanes Doña Juana y Las Animas.

Tabla 22. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Doña Juana en mayo de 2015.

Estación	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia a los Domos (Km)	Dirección respecto a los Domos	Altitud (msnm)
Páramo	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	2,1	SE	3533
I. Páramo	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	2,1	SE	3533
Florida	Digital	Sismómetro Corto Periodo	Triaxial	2,3	W	3140
I. Florida	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	2,3	W	3140
Lavas	Analógica	Sismómetro Corto Periodo	Triaxial	4,1	SW	3145
I. Lavas	Analógica	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	4,1	SW	3145
La Cruz	Digital	Sismómetro Corto Periodo	Uniaxial	7,5	NNW	2761

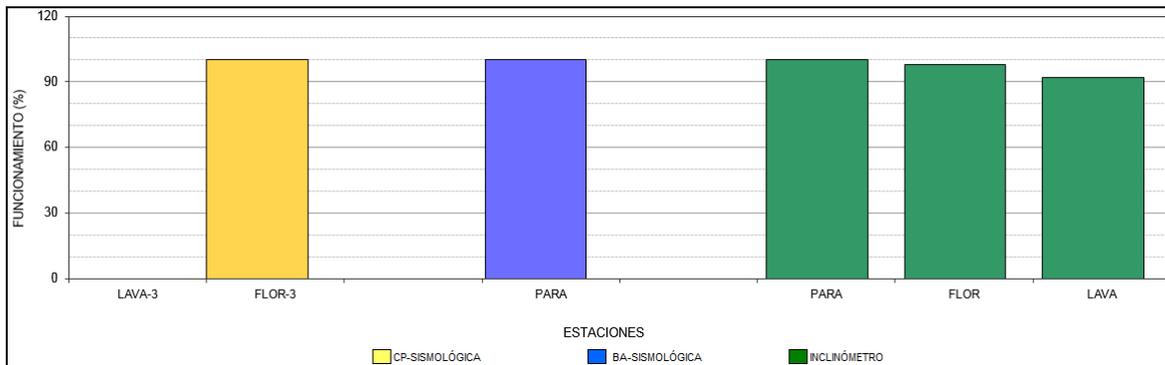


Figura 80. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Doña Juana durante el mes de mayo de 2015.

4.2.2. Sismología

Para el periodo evaluado, en el volcán Doña Juana no se tuvo registro de actividad sísmica.

4.2.3. Deformación

El inclinómetro Lavas (ubicado a 4 km., al sur-oeste de los domos, 3145 m.s.n.m.), continúa registrando un comportamiento ascendente en sus componentes Norte y Este, acumulando entre el 1 de septiembre de 2014 y el 31 de mayo de 2015 una variación cercana a los 305 y 235 μ rad respectivamente (Figura 81).

Las componentes Norte el inclinómetro electrónico Florida (ubicado a 2.3 km., al Oeste de los domos del volcán Doña Juana, 3154 msnm) muestran un comportamiento descendente desde marzo de 2015, acumulando hasta el 31 de mayo de 2015 una variación cercana a los 130 μ rad. Por su parte la componente Este muestra estabilidad en los últimos dos meses (Figura 82).

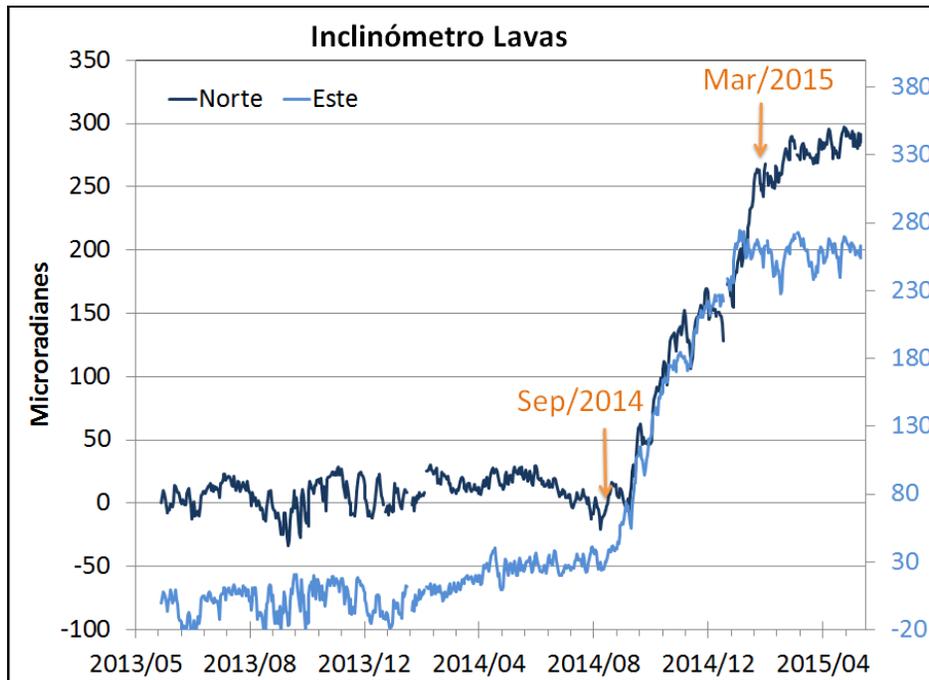


Figura 81. Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Lavas instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre mayo de 2013 y mayo de 2015.

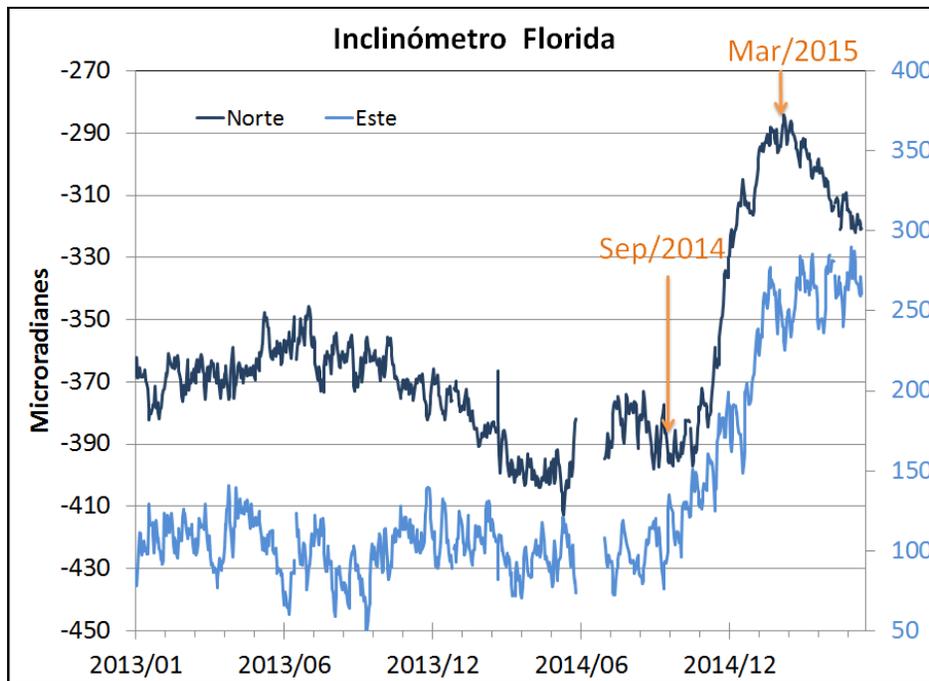


Figura 82. Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Florida, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre enero de 2013 y mayo de 2015.

4.2.4. Actividad Superficial

Durante el mes de mayo de 2015 no se tuvo reportes relacionados con actividad superficial del volcán Doña Juana.

4.2.5. Conclusión

La evaluación de los parámetros monitoreados durante el mes de mayo de 2015, permiten mantener el **NIVEL VERDE ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”**.

4.3. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN AZUFRAL

4.3.1. Red de vigilancia

En la Figura 83 se muestra la distribución de las estaciones instaladas para el monitoreo de la actividad sísmica y de deformación cortical del volcán Azufral, las cuales son: La Roca, Chaitán, Laguna, Ventana y Lobo, las dos primeras cuentan con sensores sísmicos e inclinómetros electrónicos y Laguna con un sensor sísmico y una cámara web para el seguimiento de la actividad superficial. En la Tabla 23 están sus características. Adicionalmente se cuenta con una estación climatológica cerca a la estación La Roca, que consta de un anemómetro para medida de velocidad y dirección del viento, un sensor de temperatura, un sensor de humedad relativa, un pluviómetro, un sensor de presión atmosférica y uno para medidas de radiación solar. Adicionalmente se instaló un sensor de Temperatura en una de las fumarolas del domo Mallama hacia el nororiente de la Laguna cratérica.

Con el fin de monitorear cambios en la superficie del edificio volcánico de Azufral se tiene instalada una red de Medición Electrónica de Distancia (EDM), compuesta por 4 bases y 12 prismas reflectores (Figura 84).

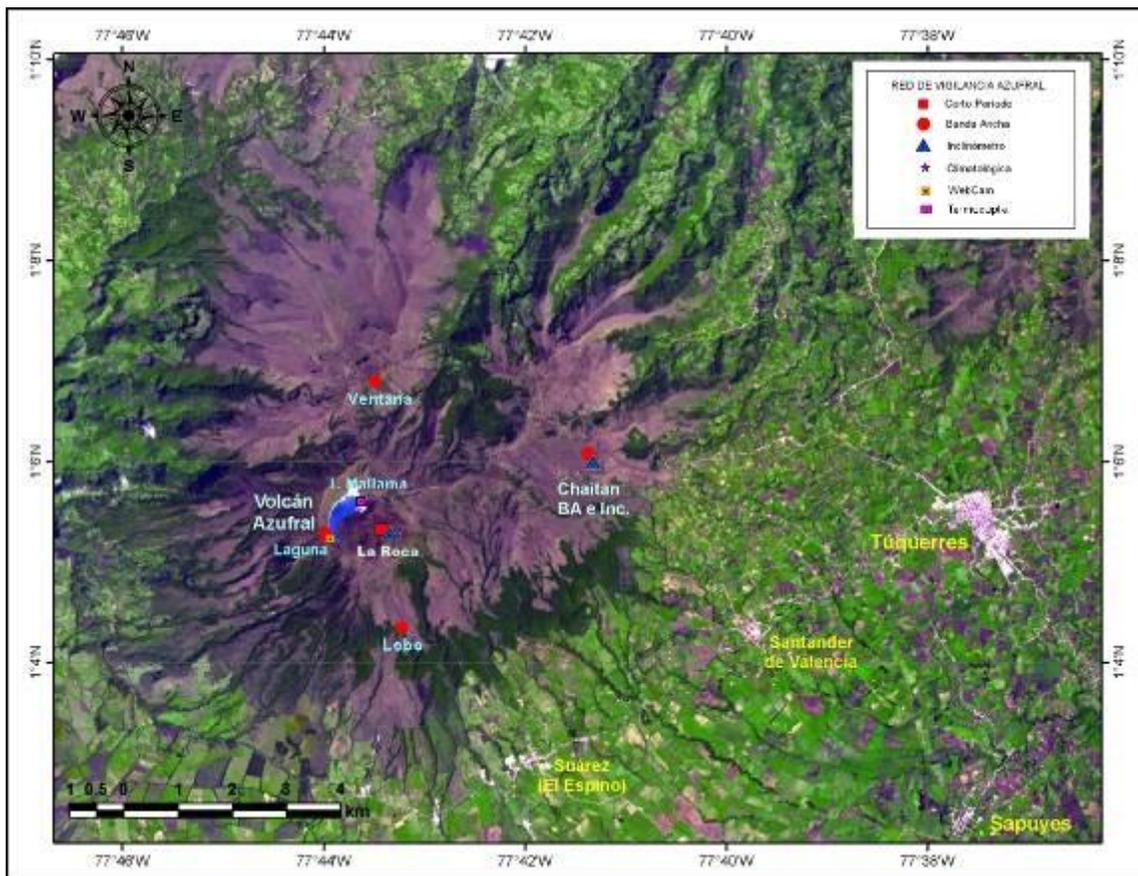


Figura 83. Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de mayo de 2015.

Tabla 23. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Azufral durante mayo de 2015.

Estación	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia a la Laguna (Km)	Ubicación Respecto a la Laguna	Altitud (msnm)
La Roca	Analógica	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	1.2	E	4025
Chaitán	Digital	Sismómetro de Banda Ancha	Triaxial	4.3	ENE	3730
Laguna	Digital	Sismómetro de Banda Ancha	Triaxial	0.5	SW	3921
Lobo	Digital	Sismómetro de Banda Ancha	Triaxial	2.4	SE	3569
Ventana	Digital	Sismómetro de Banda Ancha	Triaxial	2.5	NE	3981
La Roca	Digital	Inclinómetro electrónico	Biaxial	1.2	E	4025
Chaitán	Digital	Inclinómetro electrónico	Biaxial	4.3	ENE	3730
Mallama	Digital	Termocupla		0.5	NE	3805

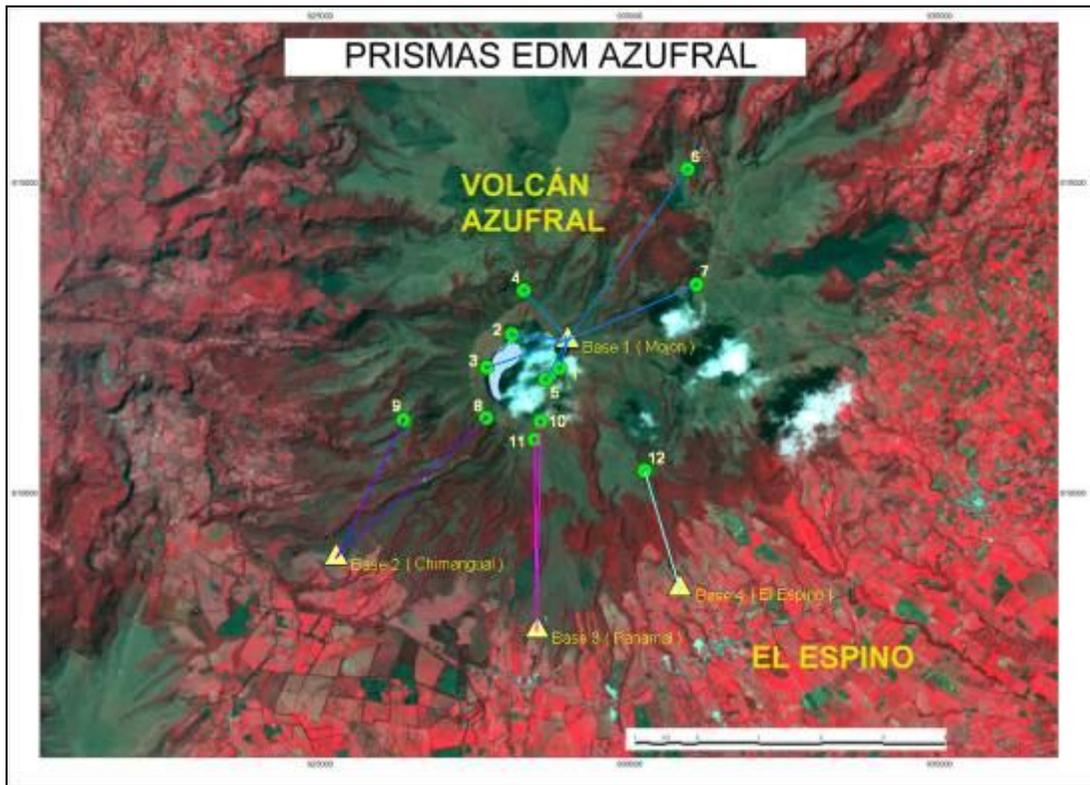


Figura 84. Localización de los puntos materializados para mediciones EDM en el volcán Azufral. Los triángulos de color amarillo indican la ubicación de las Base 1, 2, 3 y 4, los círculos de color verde indican la ubicación de los prismas reflectores.

En general, la red de monitoreo del volcán Azufral alcanzó en promedio un porcentaje de operación del 94,1% para este mes (Figura 85).

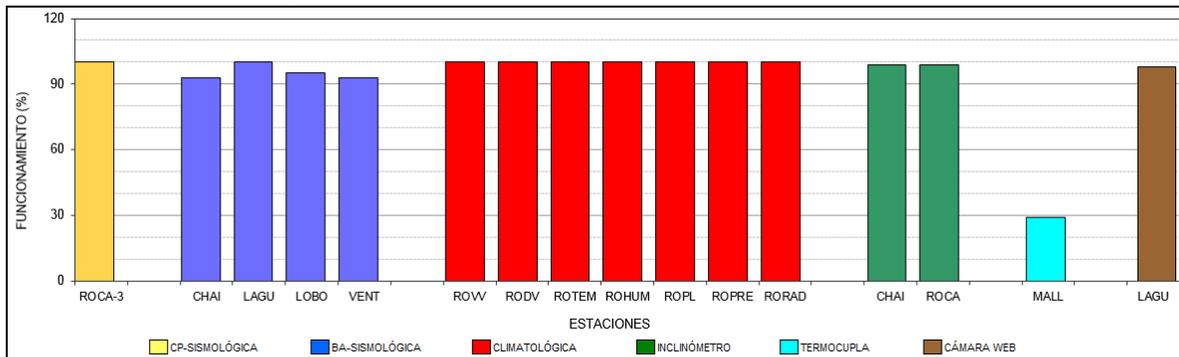


Figura 85. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de mayo de 2015.

4.3.2. Sismología

Dentro de niveles bajos, la ocurrencia sísmica del volcán en mayo de 2015 disminuyó su número en comparación a la registrada en abril de 2015, pasando de 9 a 1 evento sísmico tipo VT (Tabla 24, Figura 86), el cual se localizó a 5 km hacia el costado suroccidental de la Laguna Verde (Laguna cratérica del volcán Azufral) y a menos de 15 km de profundidad respecto a la cima volcánica. La magnitud local del evento fue de 2.0 en la escala de Richter (Figura 87).

Tabla 24. Número de eventos volcánicos por tipo para el volcán Azufral ocurridos entre el 1 de febrero y el 31 de mayo de 2015 de 2015. Se resalta en verde el último mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo				
	VT	LPS	TRE	HYB	TOTAL
01-feb-15 a 28-feb-15	7	0	0	0	7
01-mar-15 a 31-mar-15	15	0	0	0	15
01-abr-15 a 30-abr-15	9	0	0	0	9
01-may-15 a 31-may-15	1	0	0	0	1

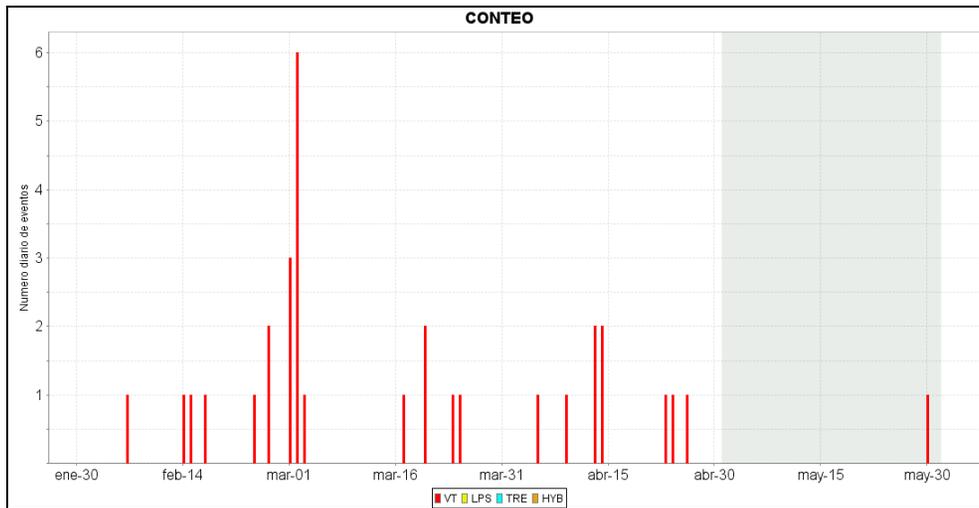


Figura 86. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Azufral entre el 1 de febrero y el 31 de mayo de 2015.

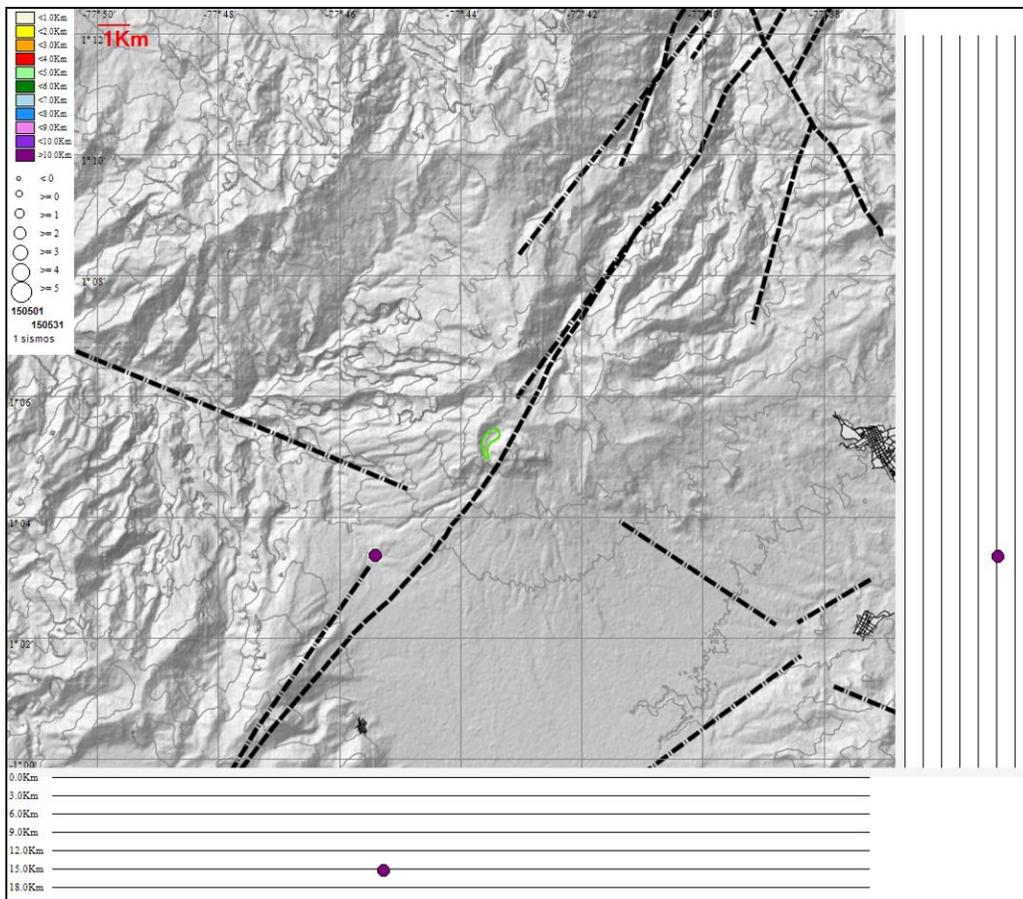


Figura 87. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Azufral, en el mes de mayo de 2015, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 3 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.

4.3.3. Deformación

4.3.3.1. Inclínometría Electrónica

Las componentes norte y este de los inclinómetros La Roca (ubicado a 1,2 km., al este de la laguna cratérea, 4025 msnm) y Chaitán (ubicado a 4,3 km al este-noreste de la laguna cratérea, 3730 m.s.n.m.), muestran estabilidad (Figuras 88 y 89).

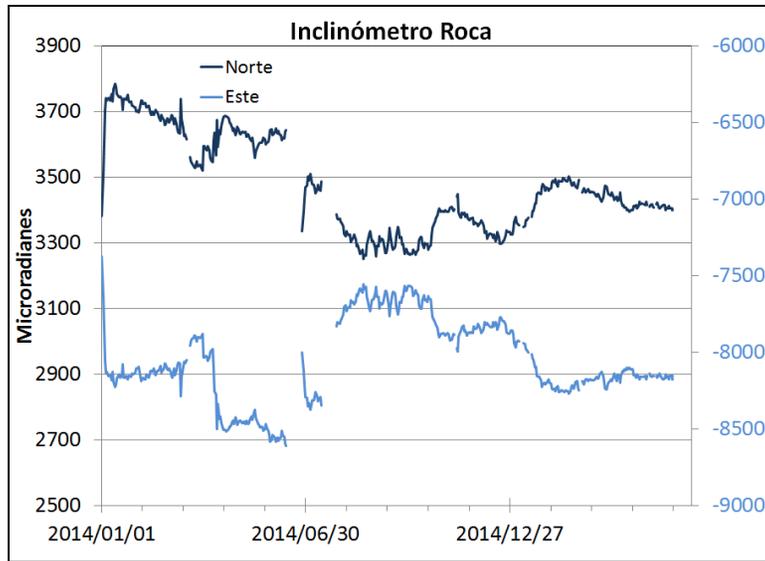


Figura 88. Componentes de inclinación Radial y Tangencial del inclinómetro La Roca instalado en el volcán Azufral para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de mayo de 2015.

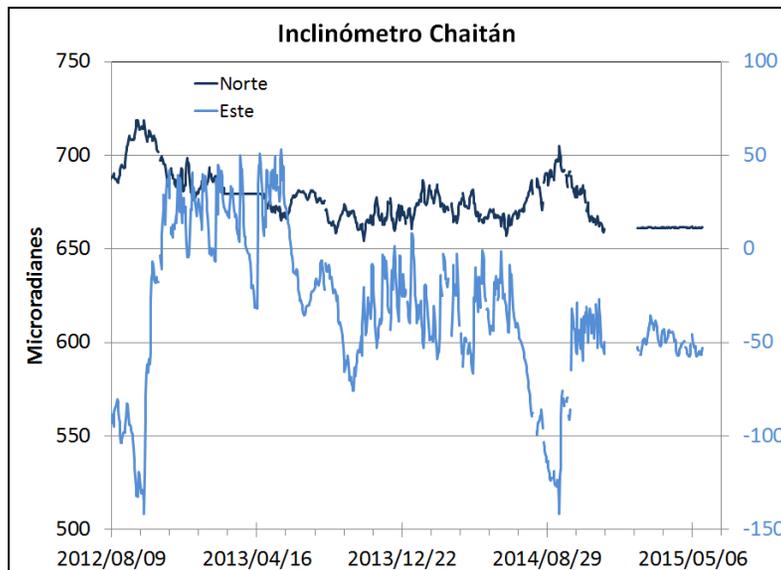


Figura 89. Componentes de inclinación Radial y Tangencial del inclinómetro Chaitán instalado en el volcán Azufral para el periodo comprendido entre el 9 de agosto de 2012 y el 31 de mayo de 2015.

4.3.3.2. Medición Electrónica de Distancias - E.D.M.

En mayo de 2015 no se realizaron medidas de EDM.

4.3.4. Geoquímica

En mayo de 2015 no se realizó muestreo de aguas en fuentes termales ni muestreo de gases de origen volcánico.

4.3.5. Actividad Superficial

Condiciones de clima favorables durante la mitad del mes, permitieron a través de la cámara instalada en el costado suroccidental del volcán, observar emisiones de gases de color blanco de baja altura provenientes principalmente del domo Mallama ubicado al nororiente de la Laguna Verde durante la mayor parte del mes (Figuras 90 y 91).



Figura 90. Imagen de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufra, registrada el día 17 de mayo a las 7:23 a.m., mediante la cámara instalada en el costado sur. En la fotografía se observan las zonas de emisión de gas, desde el Domo Mallama.



Figura 91. Imagen de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, registrada el día 22 de mayo a las 8:08 a.m., mediante la cámara instalada en el costado sur. En la fotografía se observan las zonas de emisión de gas, desde el Domo Mallama.

4.3.6. Conclusión

- La evaluación de la actividad volcánica de Azufral durante mayo de 2015 permitió establecer el **NIVEL VERDE ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”**.