

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		Darío Fernando Arcos Guerrero
Fecha	De publicación/disposición tres primeras letras del mes/año	Jul/2015
Título		INFORME MENSUAL DE ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES GALERAS, CUMBAL, DOÑA JUANA, AZUFRAL, LAS ÁNIMAS, CHILES Y CERRO NEGRO. JUNIO 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 del volcán Galeras en diferentes aspectos como son el funcionamiento de estaciones, la actividad sísmica, la actividad superficial, las medidas geoquímicas y deformación. Presentación de datos obtenidos de monitoreo continuo de la actividad de los volcanes Doña Juana, Azufral, Cumbal, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro. Se utilizan 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	Inventario y Monitoreo de Geoamenazas y procesos en las capas superficiales de la tierra - 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.	Junio de 2015.

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	DOMINIO
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 Doña Juana. Zona de influencia del Volcán Azufral. Zona de influencia del Volcán Cumbal. Zona de influencia del Volcán Las Ánimas. Zona de influencia del Volcán Chiles. Zona de influencia del Volcán 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	Descriptor de tema: -Actividad Sísmica -Número diario -Energía diaria -Frecuencia -Localizaciones -Deformación -Geoquímica -Emisiones -Actividad Superficial -Temperaturas -Estación climática -Cenizas
Descriptor de lugar	Nombre de lugares geográficos cubiertos por el conjunto de datos. Nombre de zonas, regiones, municipios.	- Zona de influencia del Volcán Galeras, como activo, municipios de la carretera Circunvalar a Galeras, Pasto. - Zona de influencia del Volcán Doña Juana. - Zona de influencia del Volcán Azufral. - Zona de influencia del Volcán Cumbal. -Zona de influencia del Volcán Las Ánimas. -Zona de influencia del Volcán Chiles. -Zona de influencia del Volcán 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 la unidad VIGILANCIA en la siguiente ruta: V:\informes\informes_finales\VIGILANCIA\informes_tecnicos_mensuales\2015jun
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 del Volcán Galeras, y volcanes del suroccidente

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	DOMINIO
		colombiano, 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	CD-ROM
Contacto		
Organización	Nombre de la organización	Servicio Geológico Colombiano.
Cargo/persona	Nombre e identificación del cargo o persona asociado al conjunto de datos	Asesores de Oficina de Servicio al Cliente
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) 2 22 07 97
Correo electrónico		cliente@sgc.gov.co



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

Edición:

GRUPO DE TRABAJO OBSERVATORIO PASTO

San Juan de Pasto, julio de 2015

República de Colombia
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA
SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	2
1. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN GALERAS – JUNIO DE 2015	4
1.1. RED DE VIGILANCIA	4
1.2. SISMOLOGÍA	10
1.3. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA	14
1.3.1. Inclínometría Electrónica	14
1.3.2. Estaciones GNSS Permanentes	19
1.4. GEOQUÍMICA	23
1.4.1. Mediciones de Dióxido de Azufre SO ₂	23
1.4.2. Mediciones del gas Radón – Rn ₂₂₂	24
1.4.3. Muestreo de aguas en fuentes termales – Volcán Galeras	26
1.5. ELECTROMAGNETISMO	31
1.6. ACTIVIDAD SUPERFICIAL Y CAMBIOS GEOMORFOLÓGICOS	33
1.7. CONCLUSIONES	35
2. ACTIVIDAD DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CUMBAL – JUNIO DE 2015	35
2.1. RED DE VIGILANCIA	35
2.2. SISMOLOGÍA	36
2.3. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA	41
2.4. ACTIVIDAD SUPERFICIAL	43
2.5. CONCLUSIONES	44
3. ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO – JUNIO DE 2015	44
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	44
3.2. RED DE VIGILANCIA	45
3.3. SISMOLOGÍA	47
3.4. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA	51
3.5. GEOQUÍMICA	53
3.5.1. Muestreo de aguas en fuentes termales – Volcán Chiles	53
3.5.2. Registro de temperatura – Estación Térmica Chiles	58
3.6. ACTIVIDAD SUPERFICIAL	58
3.7. CONCLUSIONES	59
4. ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES LAS ÁNIMAS, DOÑA JUANA Y AZUFRAL – JUNIO DE 2015	59
4.1. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN LAS ÁNIMAS	60
4.1.1. Ubicación Geográfica	60
4.1.2. Red de vigilancia	60
4.1.3. Sismología	61
4.1.4. Deformación Volcánica	62
4.1.5. Actividad Superficial	63
4.1.6. Conclusiones	64
4.2. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN DOÑA JUANA	64
4.2.1. Red de vigilancia	64
4.2.2. Sismología	65
4.2.3. Deformación Volcánica	67
4.2.4. Actividad Superficial	68
4.2.5. Conclusiones	69
4.3. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN AZUFRAL	69

4.3.1.	Red de vigilancia	69
4.3.2.	Sismología	71
4.3.3.	Deformación Volcánica	73
4.3.3.1.	Inclinometría Electrónica	73
4.3.3.2.	Medición Electrónica de Distancias - E.D.M.	73
4.3.4.	Actividad Superficial y Cambios Geomorfológicos	74
4.3.5.	Conclusiones	75

TABLAS

		Pág.
Tabla 1.	Estaciones sísmicas y acústicas que conformaron las redes del volcán Galeras durante el mes de junio de 2015.	5
Tabla 2.	Inclinómetros electrónicos telemétricos que conformaron la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras durante el mes de junio de 2015.	6
Tabla 3.	Estaciones GNSS permanentes telemétricas que forman parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras durante el mes de junio de 2015.	6
Tabla 4.	Estaciones que conforman la red de instrumentos ScanDOAS del proyecto NOVAC en el volcán Galeras.	7
Tabla 5.	Estaciones que monitorean las variaciones del campo eléctrico y magnético ocasionadas por la actividad del volcán Galeras.	7
Tabla 6.	Estaciones para el monitoreo de gas Radón instaladas sobre la vía de acceso a Galeras (Línea Galeras).	8
Tabla 7.	Estaciones instaladas por el sector de Barranco (Línea Barranco) para el monitoreo de gas Radón en el volcán Galeras.	8
Tabla 8.	Ubicación geográfica de las fuentes termales en el Volcán Galeras.	9
Tabla 9.	Número de eventos volcánicos por tipo ocurridos entre marzo y junio de 2015, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.	10
Tabla 10.	Energía sísmica liberada por tipo de evento para los meses de marzo y junio de 2015, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.	11
Tabla 11.	Emisiones de SO ₂ del volcán Galeras (cuantificadas en términos de flujo de emisión) registradas durante el mes de junio de 2015, por las estaciones ScanDOAS (Proyecto NOVAC).	23
Tabla 12.	Registro de valores máximos de concentración de Flujo del gas Radón (Rn-222) en la estación Lavas – junio de 2015.	25
Tabla 13.	Registro de valores máximos de concentración de Flujo del gas Radón (Rn-222) en la estación Parques – junio de 2015.	25
Tabla 14.	Clasificación de aguas termales de acuerdo a la temperatura.	27
Tabla 15.	Variaciones temporales y en frecuencia, de los registros de la estación Frailejón asociados con el sismo VT del 25 de junio en la zona de influencia de Galeras.	33
Tabla 16.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del complejo volcánico Cumbal durante el mes de junio de 2015.	36
Tabla 17.	Número de eventos volcánicos por tipo registrados entre marzo y junio de 2015, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.	37
Tabla 18.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante el mes de junio de 2015.	46
Tabla 19.	Ubicación geográfica (WGS84) de las fuentes termales y frías del área de influencia del volcán Chiles.	46

Tabla 20.	Número de eventos volcánicos por tipo para el complejo volcánico de Chiles – Cerro Negro registrados entre marzo y junio de 2015, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.	48
Tabla 21.	Valores de temperatura filtrados en FT Baño Grande en el área de influencia del volcán Chiles – junio 2015.	58
Tabla 22.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Las Ánimas durante el mes de junio de 2015.	60
Tabla 23.	Número de eventos volcánicos por tipo para el volcán Las Ánimas registrados entre marzo y junio de 2015, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.	62
Tabla 24.	Estaciones que conforman la red de vigilancia del volcán Doña Juana.	64
Tabla 25.	Número de eventos volcánicos por tipo para el volcán Doña Juana registrados entre marzo y junio de 2015, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.	66
Tabla 26.	Estaciones instaladas en el volcán Azufral.	69
Tabla 27.	Número de sismos volcánicos por tipo registrados en el volcán Azufral entre marzo y junio de 2015, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.	71

FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Mapa de localización de las estaciones sísmicas y cámaras web que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de junio de 2015.	6
Figura 2	Mapa de localización de las estaciones de deformación volcánica, inclinómetros, GNSS y EDM que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de junio de 2015.	7
Figura 3	Mapa de localización de las estaciones campo eléctrico y magnético, ScanDOAS, trampa alcalina, CO ₂ , fuentes termales y radón telemetrado que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de junio de 2015.	8
Figura 4	Mapa de localización de las estaciones instaladas en Galeras para el monitoreo de gas Radón.	9
Figura 5	Histograma del porcentaje de funcionamiento durante el mes de junio de 2015, de las estaciones telemétricas que conformaron las redes de monitoreo telemétrico del volcán Galeras.	9
Figura 6	Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para los meses entre marzo y junio de 2015. La zona sombreada corresponde al periodo evaluado en este informe.	10
Figura 7	Comparación porcentual del número de eventos volcánicos por tipo ocurridos durante el mes de junio (barras de la derecha) respecto al mes de mayo (barras de la izquierda).	11
Figura 8	Relación porcentual de ocurrencia sísmica por tipo de sismos en el volcán Galeras, para los meses de mayo y junio de 2015.	11
Figura 9	Energía sísmica diaria liberada por los eventos volcánicos según su tipo (en términos de su raíz cuadrada), registrados entre el 1 de marzo y el 30 de junio de 2015.	12
Figura 10	Comparación porcentual de la energía liberada por tipo de evento para junio de 2015 (barras de la derecha) respecto a mayo de 2015 (barras de la izquierda).	12
Figura 11	Relación porcentual mensual de la energía sísmica liberada por tipo de sismos para mayo y junio de 2015.	13
Figura 12	Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados en el mes de junio de 2015. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 3.0 km de profundidad.	13
Figura 13	Localización epicentral e hipocentral de los sismos VT reportados como sentidos en el mes de junio de 2015, resaltando su magnitud local. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2.0 km de profundidad.	14

Figura 14	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.	15
Figura 15	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Urcunina, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.	16
Figura 16	Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Cráter, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.	16
Figura 17	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 junio de 2015.	17
Figura 18	Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Huairatola, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.	17
Figura 19	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Arlés, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.	18
Figura 20	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Cóndor, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.	18
Figura 21	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Cobanegra, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.	19
Figura 22	Ubicación de las estaciones GNSS instaladas en Galeras respecto al GNSS QUIL ubicado en el aeropuerto Antonio Nariño.	20
Figura 23	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Chiguaco instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre mayo de 2014 y el 24 de junio de 2015.	20
Figura 24	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cráter instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre diciembre de 2013 y el 25 de junio de 2015.	21
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 8 de mayo de 2014 y el 25 de junio de 2015.	21
Figura 26	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS San Cayetano instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre diciembre de 2013 y el 24 de junio de 2015.	22
Figura 27	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cóndor instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre junio de 2013 y el 24 de junio de 2015.	22
Figura 28	Flujo de emisión de SO_2 registrado desde el 1 de marzo de 2015 hasta el 30 de junio de 2015, por los instrumentos ScanDOAS en Galeras. Se resalta en gris el mes evaluado.	24
Figura 29	Flujo de emisión de SO_2 , dirección y velocidad del viento para el mes de junio de 2015.	24
Figura 30	Concentración de gas radón en suelo - estación LAVAS, Junio de 2015.	25
Figura 31	Concentración de gas radón en suelo - estación Parques, Junio de 2015.	25
Figura 32	Potencial de hidrógeno de las FT Volcán Galeras mes de junio 2015.	27
Figura 33	Comportamiento del pH de las FT Volcán Galeras hasta junio de 2015.	27
Figura 34	Imagen térmica FT Río Pasto - Junio 2015.	28
Figura 35	Imagen térmica FT Aguas Agrias - Junio 2015.	28
Figura 36	Imagen térmica FT Cehani - Junio 2015.	29
Figura 37	Comportamiento de la temperatura de las FT Volcán Galeras hasta junio de 2015.	29
Figura 38	Comportamiento del contenido de Bicarbonato de las FT Volcán Galeras hasta junio de 2015.	30

Figura 39	Comportamiento del contenido de Bicarbonato de las FT Volcán Galeras hasta junio de 2015.	30
Figura 40	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 marzo y junio de 2015.	31
Figura 41	Sismogramas del evento tipo VT registrado el 25 de junio de 2015 a las 9:01 p.m.	32
Figura 42	Registro eléctrico y Magnético por la estación Frailejón del evento VT registrado el 25 de junio 2015 a las 9:01 p.m.	32
Figura 43	Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 7 de junio de 2015, en horas de la tarde, capturada desde la cámara ubicada en el sector de Bruma.	33
Figura 44	Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 11 de junio de 2015, en horas de la tarde 4:32 p.m. y 4:54 p.m., capturada desde la cámara de Bruma.	34
Figura 45	Imágenes de las emisiones de gases del volcán Galeras, capturadas el 13 de junio de 2015, a las 5:28 p.m. y 5:47 p.m., desde la cámara de Bruma.	34
Figura 46	Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 16 de junio de 2015, en horas de la tarde 5:57 p.m., capturada desde la cámara ubicada en el sector de Bruma.	34
Figura 47	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de vigilancia del complejo volcánico Cumbal, durante el mes de junio de 2015.	35
Figura 48	Porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico Cumbal durante el mes de junio de 2015.	36
Figura 49	Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para los meses entre marzo y junio de 2015.	37
Figura 50	Comparación porcentual del número de eventos volcánicos por tipo ocurridos durante el mes de junio (barras de la derecha) respecto al mes de mayo (barras de la izquierda).	38
Figura 51	Porcentajes de ocurrencia sísmica mensual por tipo de evento en el volcán Cumbal para mayo y junio de 2015.	38
Figura 52	Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y el 30 de junio 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 (4760 msnm).	39
Figura 53	Frecuencias mostradas por los eventos tipo TOR registrados por las estaciones sísmicas instaladas en el complejo volcánico de Cumbal, entre el 1 de enero de 2013 y el 30 de junio de 2015, resaltando los eventos registrados en el mes de junio de 2015 en el recuadro gris.	40
Figura 54	Sismogramas y espectros en frecuencia del sismo tipo TOR, ocurrido en Cumbal, el 2 de junio de 2015 a las 6:51 p.m., registrando 42 segundos de duración.	40
Figura 55	Sismogramas y espectros en frecuencia del sismo tipo TOR, ocurrido en Cumbal, el 3 de junio de 2015 a las 9:29 p.m., registrando 35 segundos de duración.	41
Figura 56	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Limones, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.	42
Figura 57	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro electrónico La Nieve, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.	42
Figura 58	Componentes de inclinación Norte, Este, temperatura del inclinómetro electrónico Punta Vieja, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.	43
Figura 59	Emisión de gases desde el campo fumarólico El Verde, 13 de junio de 2015, 6:01 y 6:06 de la tarde.	43
Figura 60	Localización de los volcanes Chiles y Cerro Negro (izquierda) e imágenes de los mismos (derecha).	44

Figura 61	Estaciones sísmicas y de deformación cortical para los volcanes Chiles y Cerro Negro del lado Colombiano.	45
Figura 62	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante el mes de junio de 2015.	47
Figura 63	Número diario y acumulado de sismos VT, ocurridos en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro entre noviembre 1 de 2013 y junio 30 de 2015.	48
Figura 64	Número diario de sismos VT, ocurridos en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro entre los meses de marzo y junio de 2015.	49
Figura 65	Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura (VT) registrados en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro, en junio de 2015, en los cortes N-S (derecha) y E-W (abajo) cada línea representa 2 km de profundidad.	50
Figura 66	Energía diaria y energía acumulada, calculada a partir de la magnitud de los sismos VT ocurridos en Chiles – Cerro Negro entre el 1 de noviembre de 2013 y el 30 de junio de 2015. La energía diaria se expresa en términos de su raíz cuadrada, al igual que la energía acumulada.	51
Figura 67	Componentes de inclinación Norte y Este, y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Chiles, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 21 de octubre de 2014 y el 30 de junio de 2015.	52
Figura 68	Componentes de inclinación Norte y Este, del inclinómetro electrónico Cerro Negro paralelo Cneg2, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.	52
Figura 69	Comportamiento del pH de las FT Volcán Chiles - junio de 2015.	53
Figura 70	Variación de temperatura de las FT Volcán Chiles – junio de 2015.	54
Figura 71	Imagen térmica FT Baño Grande junio 2015.	54
Figura 72	Imagen térmica FT Balneario junio 2015.	55
Figura 73	Imagen térmica FT La Calera junio 2015.	55
Figura 74	Imagen térmica FT El Infiernillo junio 2015.	55
Figura 75	Imagen térmica FT Rio Blanco junio 2015.	56
Figura 76	Imagen térmica FT Aguas Hediondas junio 2015.	56
Figura 77	Imagen térmica FT Lagunas Verdes junio 2015.	57
Figura 78	Comportamiento de la Conductividad Eléctrica de las FT Volcán Chiles junio de 2015.	57
Figura 79	Variación de temperatura FT Baño Grande perteneciente a la zona de influencia del Volcán Chiles – junio 2015.	58
Figura 80	Imagen de la localización de las tres provincias volcánicas de Colombia, se observa en el sur a Galeras, Doña Juana, Azufral, Cumbal, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro, monitoreados por el OVSP - SGC.	59
Figura 81	Localización del volcán Las Ánimas (izquierda) e imagen del costado occidental del volcán (derecha).	60
Figura 82	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante el mes de junio de 2015.	61
Figura 83	Porcentaje de funcionamiento de las estaciones de la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante junio de 2015.	61
Figura 84	Localización epicentral e hipocentral de los sismos registrados en Las Ánimas, en el mes de junio de 2015, en los cortes N-S (derecha) y E-W (abajo) cada línea representa 2 km de profundidad.	62
Figura 85	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Altamira, instalado en el límite entre los volcanes Doña Juana y Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.	63

Figura 86	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Petroglifo, instalado en el volcán Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.	63
Figura 87	Mapa de localización de las estaciones que conforman la red de monitoreo del volcán Doña Juana.	65
Figura 88	Funcionamiento de las estaciones de la red de monitoreo del volcán Doña Juana en junio de 2015.	65
Figura 89	Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para los meses entre marzo y junio de 2015 para el volcán Doña Juana.	66
Figura 90	Localización epicentral e hipocentral de sismos VT registrados entre el 1 y el 30 de junio de 2015. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2 km de profundidad.	66
Figura 91	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Páramo, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.	67
Figura 92	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Florida, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.	68
Figura 93	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Lavas, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.	68
Figura 94	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo sísmico y geoquímico del volcán Azufral durante el mes de junio de 2015.	70
Figura 95	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo en deformación y cámara web del volcán Azufral durante el mes de junio de 2015.	70
Figura 96	Porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de junio de 2015.	71
Figura 97	Número diario de sismos volcánicos registrados en el volcán Azufral entre marzo y junio de 2015.	72
Figura 98	Localización epicentral e hipocentral de los sismos VT registrados en junio de 2015. En los cortes N-S (derecha) y E-W (abajo) cada línea representa 3 km de profundidad con respecto a la cima volcánica.	72
Figura 99	Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Chaitán, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.	73
Figura 100	Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro La Roca, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.	74
Figura 101	Emisión de gases del domo Mallama, 6 de junio de 2015 a las 4:03 p.m.	74
Figura 102	Emisión de gases desde el domo Mallama, 9 de junio de 2015, 12:53 p.m. y 1:33 p.m.	75
Figura 103	Emisión de gases del domo Mallama, 14 de junio de 2015 a las 8:38 a.m.	75

INTRODUCCIÓN

A lo largo del mes de junio de 2015, el Servicio Geológico Colombiano - Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto, continuó con la tarea institucional de vigilar la actividad de los volcanes ubicados al suroccidente colombiano, entre ellos Galeras, Cumbal, Azufral, Doña Juana, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro, tomando datos en forma continua durante las 24 horas del día de los diferentes parámetros de estudio que permiten la evaluación de la actividad volcánica, además, realizando muestreos periódicos de otros parámetros geofísicos y geoquímicos, de importancia para la evaluación de la actividad.

Las 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 del estado de actividad de un volcán, mediante la aplicación de una serie de disciplinas y técnicas. Los cambios observados son el reflejo de los procesos al interior del sistema volcánico, y pueden ser provocados, entre otras causas, por movimiento de magma, cambios en el estado de esfuerzos de la corteza o, por variaciones de presión interna, que normalmente se producen como consecuencia de la intrusión de material desde niveles más profundos a reservorios más someros y/o a la variación del contenido de volátiles y/o gases en estos reservorios.

En este informe técnico se resaltan principalmente los resultados obtenidos en junio de 2015, en las diferentes áreas de monitoreo, mediante el procesamiento primario de los datos instrumentales y apreciables de la actividad volcánica y así acercarse al entendimiento de los diferentes fenómenos internos que las producen, y a un posible pronóstico de eventos eruptivos. El nivel de actividad de un volcán, es el resultado de la combinación de varios factores, tanto mesurables, como los apreciables de la actividad volcánica superficial, los cuales pueden variar en intensidad, duración y frecuencia.

RESUMEN

En el mes de junio de 2015, la actividad sísmica de Galeras fue dominada por eventos relacionados con fracturamiento de roca (VT). En comparación con el mes anterior, para este periodo se observó descenso en la ocurrencia y estabilidad en la energía liberada, el mayor aporte provino de los eventos clasificados como VT. Los eventos no clasificables (sismos que no alcanzan el umbral de amplitud y duración para su clasificación en una estación de referencia) mostraron descenso cercano al 34%.

Fue posible distinguir cuatro fuentes de sismos, cuyas profundidades estuvieron entre 2 y los 12 km respecto a la cima volcánica, las magnitudes locales entre -0.1 y 3.7 en la escala de Richter, los más próximos al cráter mostraron magnitudes menores a 1. De esta sismicidad se resaltan los eventos ocurridos los días 9, 12, 19 y 25 los cuales fueron reportados como sentidos por algunos habitantes del municipio de Pasto.

Teniendo en cuenta el registro de los sensores utilizados para el monitoreo de la deformación del edificio volcánico, uno de ellos muestra una tendencia ascendente en sus componentes de inclinación, el resto de inclinómetros presenta estabilidad en sus componentes.

En el transcurso del periodo evaluado se obtuvieron dos mediciones de emisiones de Dióxido de Azufre (SO₂) a la atmósfera, con valores en el rango moderado para Galeras. El valor máximo de flujo de SO₂ del periodo evaluado, fue de 823 Tn/día, registrado el 25 de junio de 2015.

Teniendo en cuenta la información que aportan las imágenes capturadas del cono activo y reportes por personal del OVSP, fue posible evidenciar emisiones de gases, en su mayoría de color blanco. Los principales focos de emisión continúan ubicados en el sector norte y occidental del cono volcánico con dispersión variable debido a la acción de los vientos.

Teniendo como base lo anteriormente expuesto, el nivel de actividad de Galeras se mantuvo en: Nivel Amarillo  (III) **“Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.

De acuerdo al monitoreo sísmico registrado por las estaciones instaladas en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo evaluado se observó que la mayor parte de eventos se asocian con procesos de fracturamiento y posterior movimiento de fluidos al interior del edificio volcánico. En relación con el mes anterior, se observó un descenso en la ocurrencia diaria de sismicidad. En este mes se registraron cuatro eventos de Largo Periodo tipo Tornillo, (TOR), asociados con movimiento de fluidos, cuyas frecuencias dominantes estuvieron entre 1.12 y 3.94 Hz. En su mayoría la sismicidad de fractura se localizó en inmediaciones de los dos conos activos del complejo volcánico de Cumbal y a profundidades superficiales, cuyas magnitudes estuvieron entre 0 y 1.5 en la escala de Richter.

Condiciones de clima favorable para el día 13 de junio, permitió observar emisión de gases de color blanco, cuyos focos principales continúan siendo los campos fumarólicos El Verde y Rastrojo.

La evaluación del proceso volcánico durante el mes de junio de 2015 permitió, que la actividad del Complejo Volcánico Cumbal permaneciera en **NIVEL AMARILLO** ■ (III): **“Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.

Haciendo referencia a los volcanes Chiles y Cerro Negro, se observó un descenso en la ocurrencia diaria de eventos, la mayoría de los eventos localizados se ubicaron principalmente hacia el sector suroccidente del edificio volcánico de Chiles, con magnitudes entre -0.2 y 3.3 en la escala de Richter.

En los últimos meses se nota una clara tendencia descendente de la sismicidad con algunas fluctuaciones en la ocurrencia diaria.

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

Con respecto al volcán Las Ánimas, para el periodo evaluado se registraron tres sismos asociados a fracturamiento de la roca, con magnitudes entre 0.7 y 2.1 en la escala de Richter. Continúa el comportamiento ascendente en la componente Norte del inclinómetro Altamira el cual se viene registrando desde el pasado 26 de abril de 2014.

En cuanto a la actividad del volcán Doña Juana, para el periodo evaluado se tuvo registro de un evento asociado con fractura de roca, el cual se ubicó hacia el suroriente del volcán.

En relación al volcán Azufral, predominaron los sismos clasificados como VT, y en comparación con el mes anterior, la sismicidad del volcán presentó incremento en ocurrencia, totalizando 7 eventos. De esta sismicidad se localizaron tres eventos con magnitudes entre 0.6 y 1.8 en la escala de Richter.

Para el periodo evaluado fue posible observar emisiones de gases de color blanco de baja altura provenientes principalmente de uno de los domos activos ubicados al nororiente de la Laguna Verde.

Con base en el análisis de la información de los volcanes Doña Juana, Azufral y Las Ánimas, estos se consideran en **Nivel Verde** ● (IV), **“Volcán activo y comportamiento estable”**.

1. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN GALERAS – JUNIO DE 2015

1.1. RED DE VIGILANCIA

Para el periodo evaluado, la red de monitoreo del volcán Galeras, estuvo conformada por:

- Catorce estaciones sísmicas telemétricas: cinco de corto periodo (cuatro triaxiales y una de componente vertical) y nueve 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 ubicado en el sitio de la estación sísmica de banda ancha Cráter-2 y el último ubicado en el sitio de la estación sísmica Cóndor (Tabla 1).
- Ocho inclinómetros electrónicos con transmisión telemétrica (Figura 2, Tabla 2).
- Seis estaciones GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite) telemétricas, ubicadas alrededor del cono activo (Figura 2, Tabla 3).
- Tres estaciones con transmisión telemétrica para la detección de emisiones de dióxido de azufre (SO_2), localizadas en el cuadrante noroccidental del edificio volcánico (Figura 3, 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 (Figura 3, 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 1).
- 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.
- Una estación climática, 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 ubicada en el sitio de la estación sísmica Cráter-2.
- Veinte estaciones para la medición de emisiones del gas Radón (Rn-222) proveniente del suelo, distribuidas en dos líneas, una hacia el sector oriental del volcán, por la vía de acceso a la cima del volcán y la segunda hacia el sector norte del volcán (Tablas 6 y 7, Figura 4). Las estaciones Lavas 1 y Parques de la línea Galeras, cuentan con equipo de transmisión digital, por lo que su registro es continuo.

- Una estación Multigas, ubicada hacia el sector de Barranco.

Adicionalmente, 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 2).

Por otra parte como complemento al monitoreo, se cuenta con una red de muestreo de aguas en fuentes termales para Galeras (Tabla 8, Figura 3).

En el periodo evaluado, se realizaron mantenimientos preventivos y correctivos a las estaciones que conforman las redes de monitoreo volcánico de Galeras; adicionalmente, se hicieron mantenimientos en las repetidoras y equipos de recepción en la sede del Observatorio. La operatividad de la red instrumental de Galeras fue cercana al 82%. En la Figura 5 se muestra el histograma de porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo telemétrico durante el mes de junio de 2015.

Tabla 1. Estaciones sísmicas y acústicas que conformaron las redes del volcán Galeras durante el mes de junio de 2015.

Estación	Código	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia al Cráter (Km)	Dirección Respecto al Cráter	Altitud (msnm)
Anganoy	ANGA	Digital	Sismómetro banda Ancha	Triaxial	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 banda Ancha	Triaxial	2.3	ESE	3494
Cobanegra-3	COB3	Digital	Sismómetro banda Ancha	Triaxial	3.9	SSE	3625
Arlés	ARLZ	Digital	Sismómetro banda Ancha	Triaxial	4.0	NW	3450
Cóndor	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
Cóndor 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

Tabla 2. Inclínómetros electrónicos telemétricos que conformaron la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras durante el mes de junio de 2015.

Inclínómetros Electrónicos	Distancia al Cráter (Km)	Dirección 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
Cóndor	4,9	SW	3985
Calabozo	7,1	WSW	2350

Tabla 3. Estaciones GNSS permanentes telemétricas que forman parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras durante el mes de junio 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

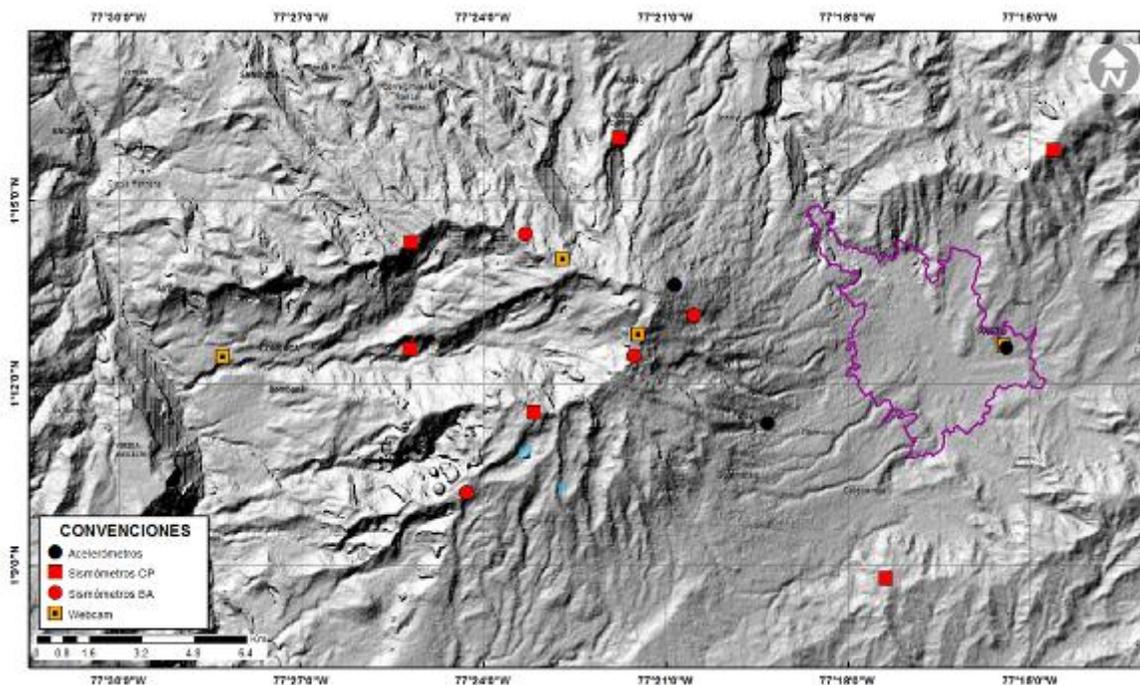


Figura 1. Mapa de localización de las estaciones sísmicas y cámaras web que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de junio de 2015.

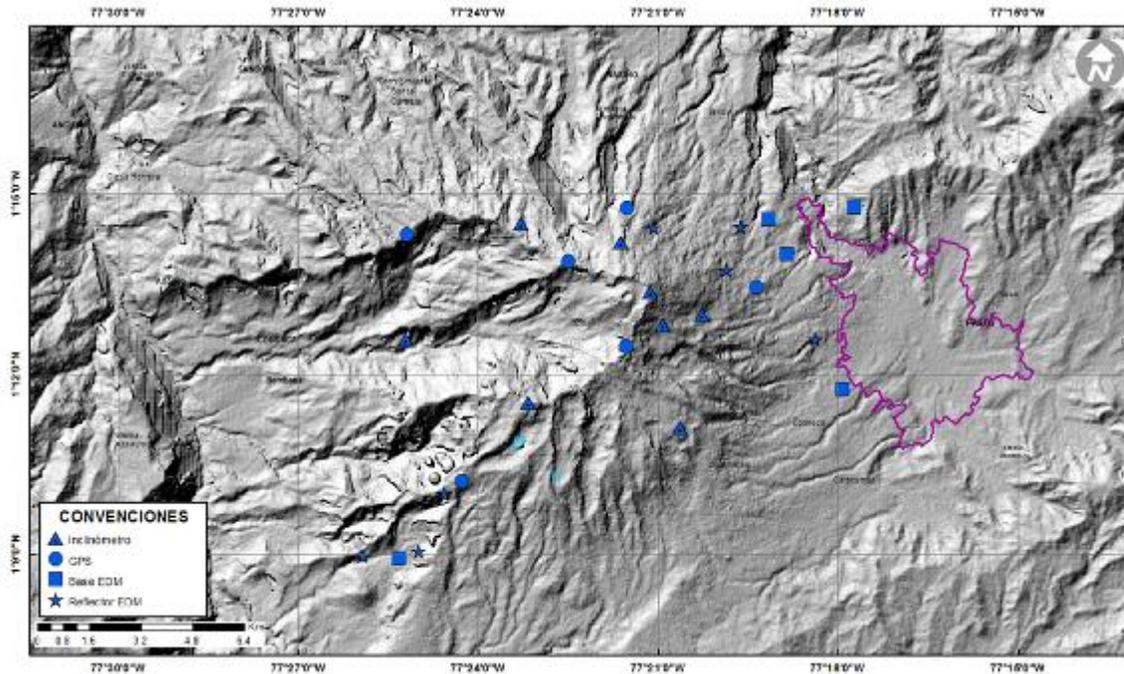


Figura 2. Mapa de localización de las estaciones de deformación volcánica, inclinómetros, GNSS y EDM que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de junio de 2015.

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

Estación	Distancia al cráter (km)	ángulo del scan (°)	Altura de referencia de la pluma* (m)	Dirección compás (° azimut)	Ubicación respecto al cráter	Altitud (msnm)
Santa Bárbara	7.9	60	1600	131	NNW	2600
Alto Jiménez	10.8	90	1800	295	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 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

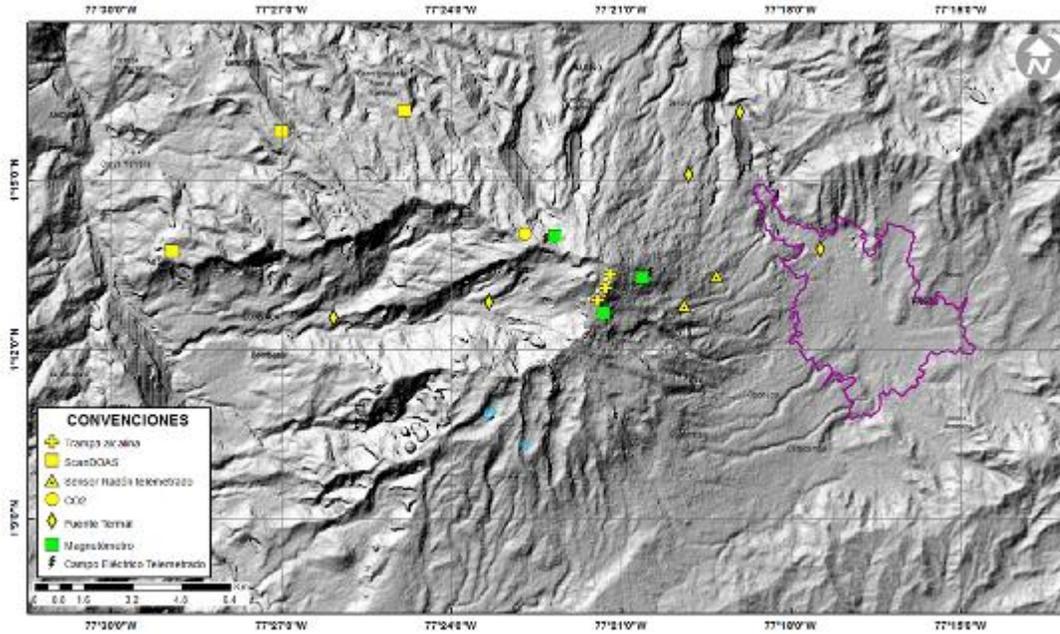


Figura 3. Mapa de localización de las estaciones campo eléctrico y magnético, ScanDOAS, trampa alcalina, CO₂, fuentes termales y radón telemetrado que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de junio de 2015.

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

Estación	Distancia al Cráter (Km)	Dirección Respecto al Cráter Principal	Altitud (msnm)
Caldera	1,1	SE	4238
telecom	1,6	SSE	4051
peladitos	1,9	SE	3927
Cufiño	1,9	ENE	3809
Frailejón	2,3	E	3730
Piedras	2,0	NE	3590
Mirador	2,7	ENE	3510
Parques	3,6	ESE	3358
Lava2	4,0	E	3166
Lava1	4,5	E	3000

Tabla 7. Estaciones instaladas por el sector de Barranco (Línea Barranco) para el monitoreo de gas Radón en el volcán Galeras.

Estación	Distancia al Cráter (Km)	Dirección Respecto al Cráter Principal	Altitud (msnm)
BAR01	6,6	NNW	2318
BAR02	6,0	NNW	2504
BAR03	5,7	NNW	2599
BAR04	5,5	NNW	2669
BAR05	5,0	NNW	2644
BAR06	4,7	NNW	2516
BAR07	4,3	NNW	2646
BAR08	3,5	NNW	2947
BAR09	3,1	NNW	2966
BAR10	2,3	NNW	3180

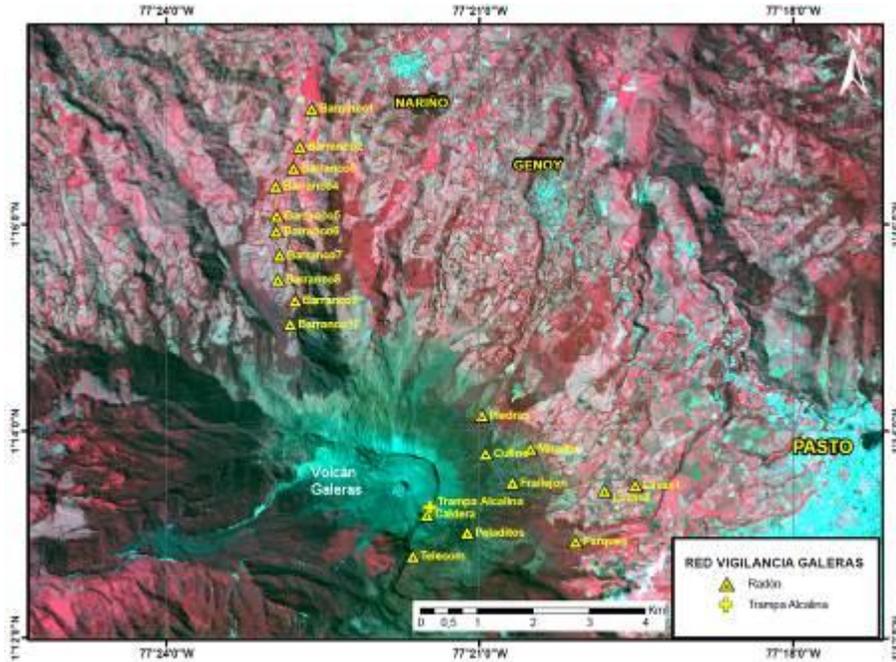


Figura 4. Mapa de localización de las estaciones instaladas en Galerías para el monitoreo de gas Radón.

Tabla 8. Ubicación geográfica de las fuentes termales en el Volcán Galeras.

FUENTES TERMALES VOLCÁN GALERAS	Nombre Estación	Tipo	Latitud	Longitud	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

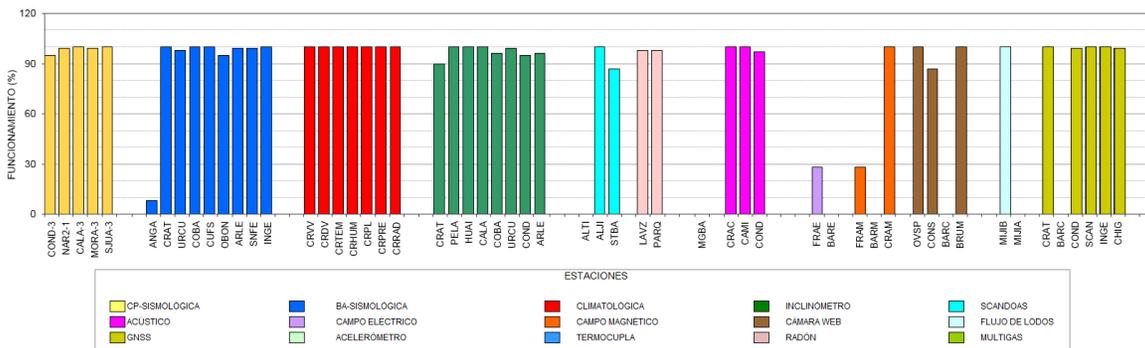


Figura 5. Histograma del porcentaje de funcionamiento durante el mes de junio de 2015, de las estaciones telemétricas que conformaron las redes de monitoreo telemétrico del volcán Galeras.

1.2. SISMOLOGÍA

En el periodo evaluado la actividad sísmica dominante, estuvo asociada con eventos que involucran fracturamiento de roca (VT), seguidos por sismos relacionados con fracturamiento de roca y posterior movimiento de fluidos al interior de los conductos volcánicos (HYB) y en menor cuantía por eventos tipo TRE, los cuales involucran movimiento de fluido de fuente persistente en el tiempo (Tabla 9, Figura 6).

En junio la sismicidad volcánica disminuyó en ocurrencia cerca del 15% en relación con el mes anterior, registrándose en total 316 sismos. Los eventos que mostraron mayor descenso fueron los clasificados como HYB (Figura 7), en contraste se observó un ascenso en los VT, los cuales pasaron de 114 a 195 para el periodo evaluado. Los eventos pequeños, que no cumplen con los estándares de amplitud y duración, denominados no clasificables (NC), también mostraron disminución cercana al 34% del número presentado en el mes anterior.

En total se registraron cuatro eventos tipo Tremor espasmódico clasificables, la duración por evento fluctuó entre 0.4 y 3 minutos y se totalizó una duración aproximada de 7 minutos.

Tabla 9. Número de eventos volcánicos por tipo ocurridos entre marzo y junio de 2015, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					
	vt	lps	tre	hyb	TOTAL	NO CLASIFICABLES
01-mar-15 a 31-mar-15	18	20	4	82	125	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
01-jun-15 a 30-jun-15	195	20	4	97	316	589

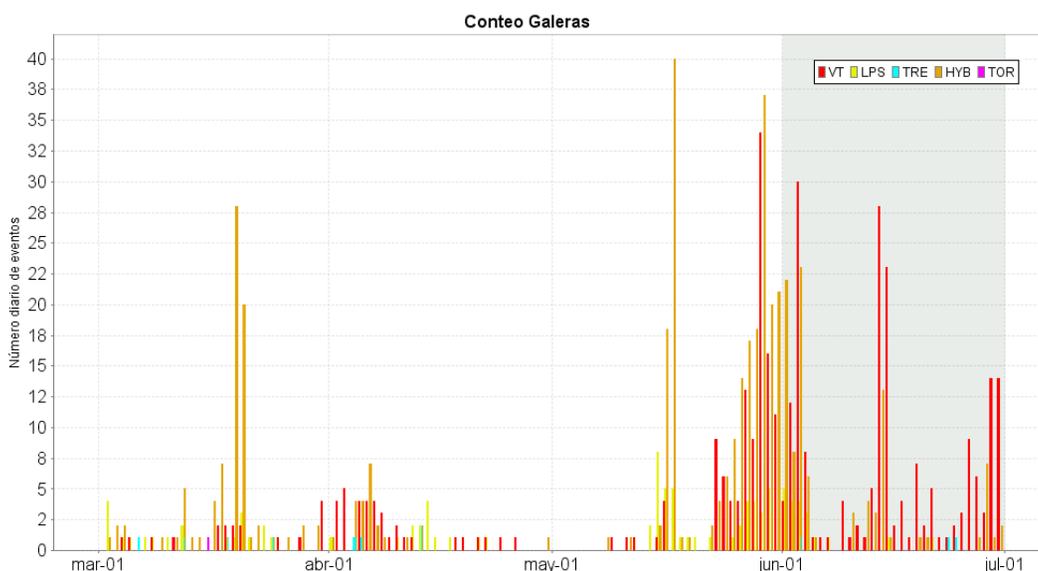


Figura 6. Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para los meses entre marzo y junio de 2015. La zona sombreada corresponde al periodo evaluado en este informe.

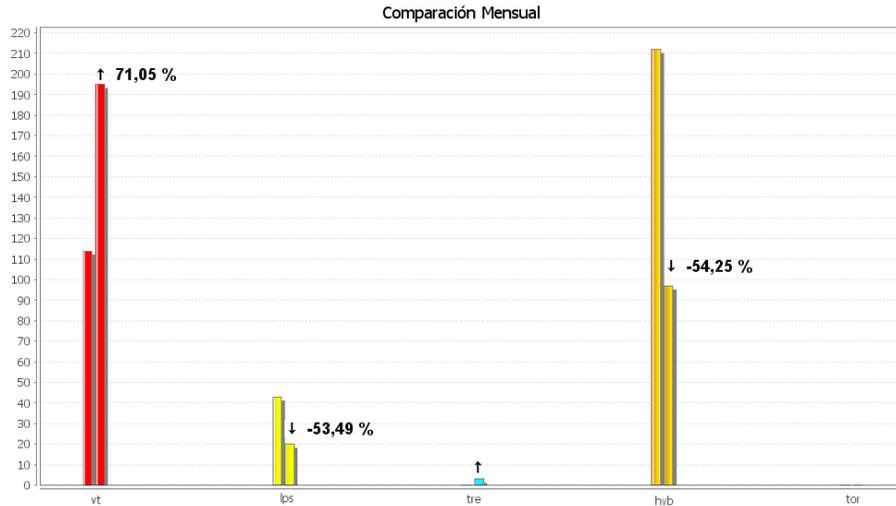


Figura 7. Comparación porcentual del número de eventos volcánicos por tipo ocurridos durante el mes de junio (barras de la derecha) respecto al mes de mayo (barras de la izquierda).

La Figura 8 muestra la distribución de ocurrencia en porcentaje de los diferentes tipos de sismos.

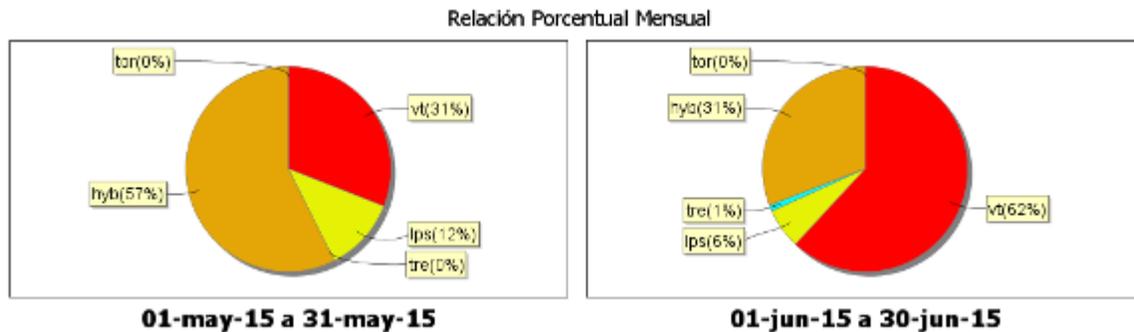


Figura 8. Relación porcentual de ocurrencia sísmica por tipo de sismos en el volcán Galeras, para los meses de mayo y junio de 2015.

La energía sísmica liberada en junio fue de $5,591 \times 10^{15}$ ergios, observándose un notable incremento con respecto a mayo, en dos órdenes de magnitud (Tabla 10, Figura 9). En el periodo evaluado, el mayor aporte provino de los eventos tipo VT, esto debido a los eventos registrados el 9, 12, 19 y 25 de junio (Figuras 9, 10 y 11).

Tabla 10. Energía sísmica liberada por tipo de evento para los meses de marzo y junio de 2015, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Energía liberada por tipo de evento [ergios]				
	VT	LPS	TRE	HYB	TOTAL
01-mar-15 a 31-mar-15	3.533 E+11	2.364 E+12	6.473 E+9	4.523 E+11	3.176 E+12
01-abr-15 a 30-abr-15	3.338 E+15	8.465 E+11	8.790 E+9	1.400 E+11	3.339 E+15
01-may-15 a 31-may-15	6.583 E+13	8.165 E+12	0	2.166 E+13	9.565 E+13
01-jun-15 a 30-jun-15	5.511 E+15	1.341 E+13	8.703 E+12	5.835 E+13	5.591 E+15



Figura 9. Energía sísmica diaria liberada por los eventos volcánicos según su tipo (en términos de su raíz cuadrada), registrados entre el 1 de marzo y el 30 de junio de 2015.

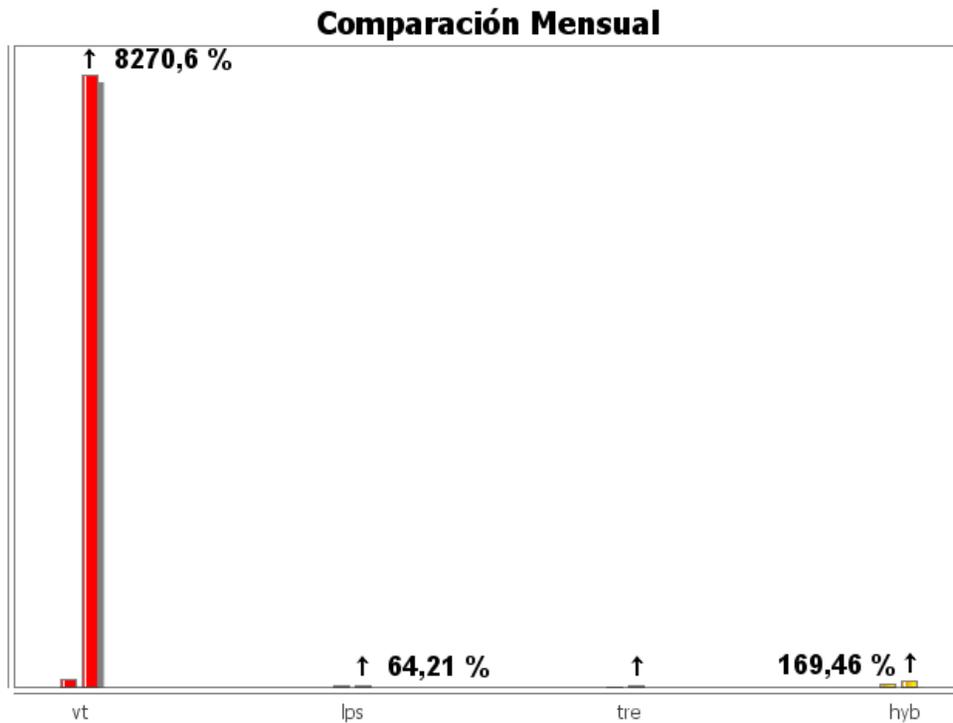


Figura 10. Comparación porcentual de la energía liberada por tipo de evento para junio de 2015 (barras de la derecha) respecto a mayo de 2015 (barras de la izquierda).

Relación Porcentual Mensual

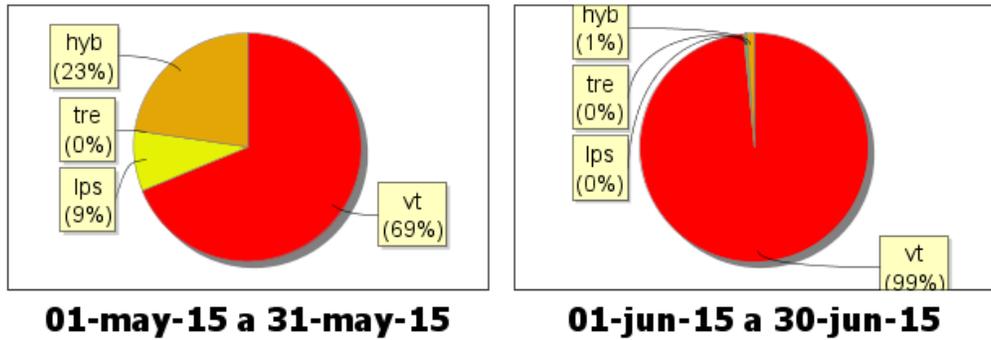


Figura 11. Relación porcentual mensual de la energía sísmica liberada por tipo de sismos para mayo y junio de 2015.

Fue posible localizar 118 sismos, 115 clasificados como VT y 3 como HYB. Es posible distinguir cuatro fuentes; la primera a 7 km al sur suroriente del cráter, con profundidades entre 9 y 12 km (nivel de referencia 4200 msnm), la segunda a 6 km al sur con profundidades entre 7 y 9 km, la tercera a 6 km al suroccidente con profundidades entre 8 y 10 km, y la cuarta en inmediaciones del cono activo con profundidades menores a los 2 km, las magnitudes locales de los sismos registrados estuvieron entre -0.1 y 3.7 en la escala de Richter (Figura 12).

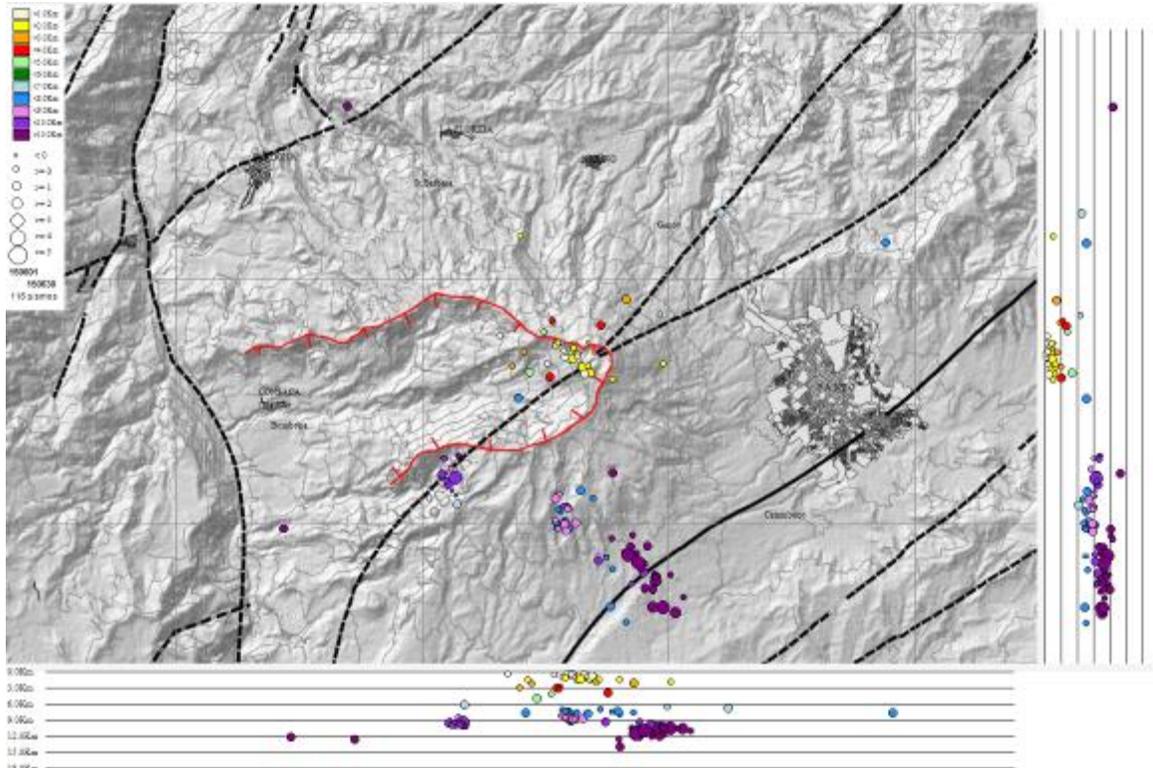


Figura 12. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados en el mes de junio de 2015. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 3.0 km de profundidad.

De esta sismicidad de fractura se resaltan los sismos registrados los días 9, 12, 19 y 25 con magnitudes locales 3.1, 3.7, 2.5 y 3.3 respectivamente, los cuales fueron reportados como sentidos por habitantes del Municipio de Pasto y sectores aledaños a la zona de influencia del volcán (Figura 13).

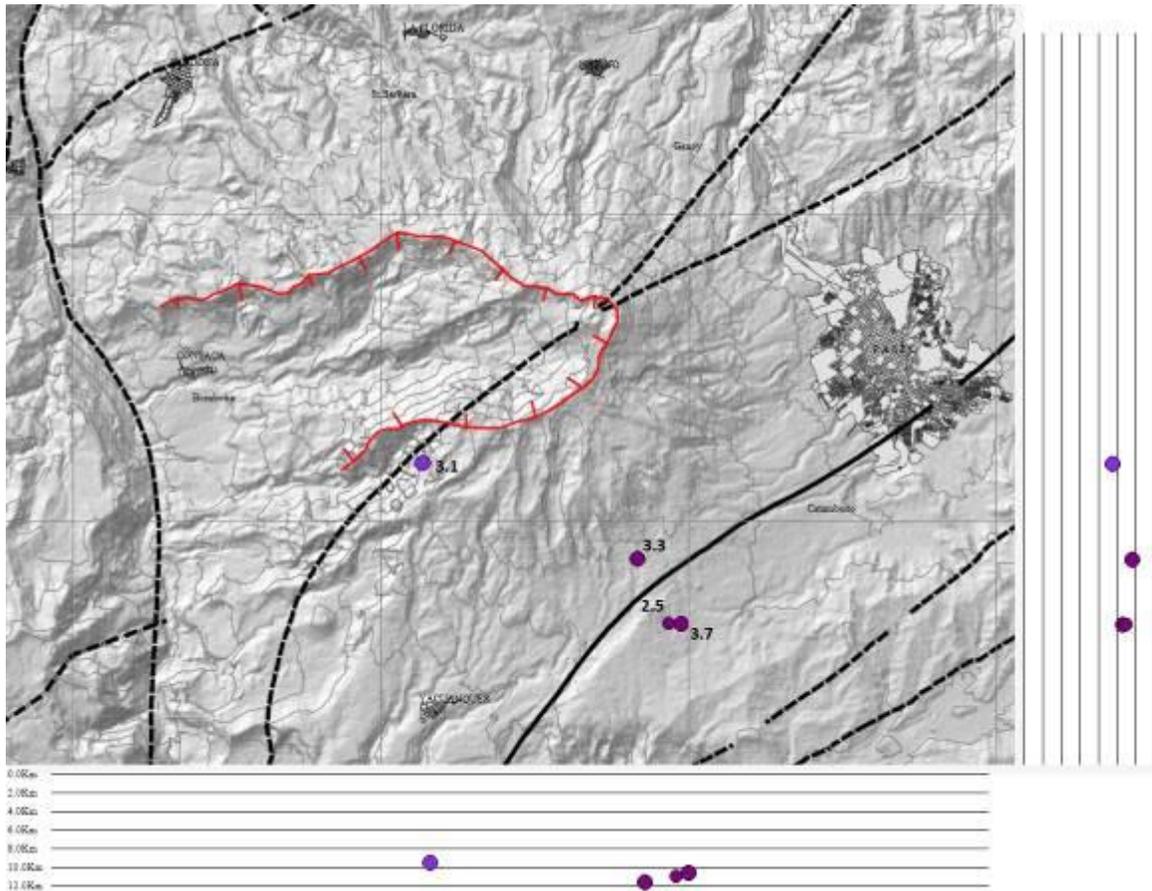


Figura 13. Localización epicentral e hipocentral de los sismos VT reportados como sentidos en el mes de junio de 2015, resaltando su magnitud local. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2.0 km de profundidad.

1.3. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA

1.3.1. Inclinometría Electrónica

Durante el mes de junio de 2015 se contó con los datos de los inclinómetros electrónicos Cráter, Peladitos, Huairatola, Urcunina, Calabozo, Cónдор, Cobanegra y Arlés cuya localización se puede apreciar en la Figura 2.

En cuanto a la información suministrada por los inclinómetros electrónicos sobre los procesos deformativos del edificio volcánico, continúa el comportamiento ascendente en la componente de

inclinación Norte de Calabozo, presentando una variación de 283 μrad , mientras que su componente Este muestra una tendencia descendente desde el pasado mes de abril totalizando cerca de 15 μrad (Figura 14). Posterior al cambio de sensor en Urcunina, se observó un comportamiento descendente en la componente de inclinación Norte hasta el 19 de abril, alcanzando cerca de 44 μrad , por su parte la componente Este muestra ascenso de 10 μrad (Figura 15).

En cuanto al comportamiento de los inclinómetros electrónicos Cráter, Peladitos, Huairatola, Arles y Córdor, se observa estabilidad en el registro de sus dos componentes (Figuras 16, 17, 18, 19 y 20). Con respecto al funcionamiento del inclinómetro Cobanegra, las variaciones mostradas por las componentes de inclinación, al parecer se encuentran relacionadas con el registro de temperatura (Figura 21).

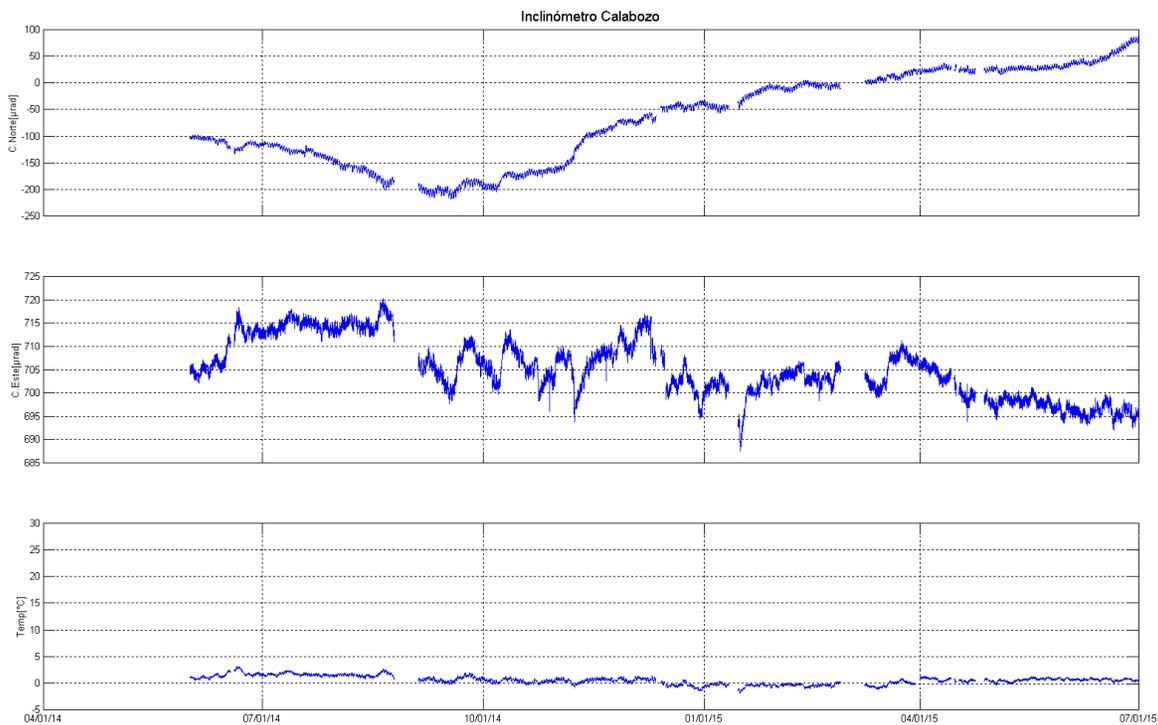


Figura 14. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.

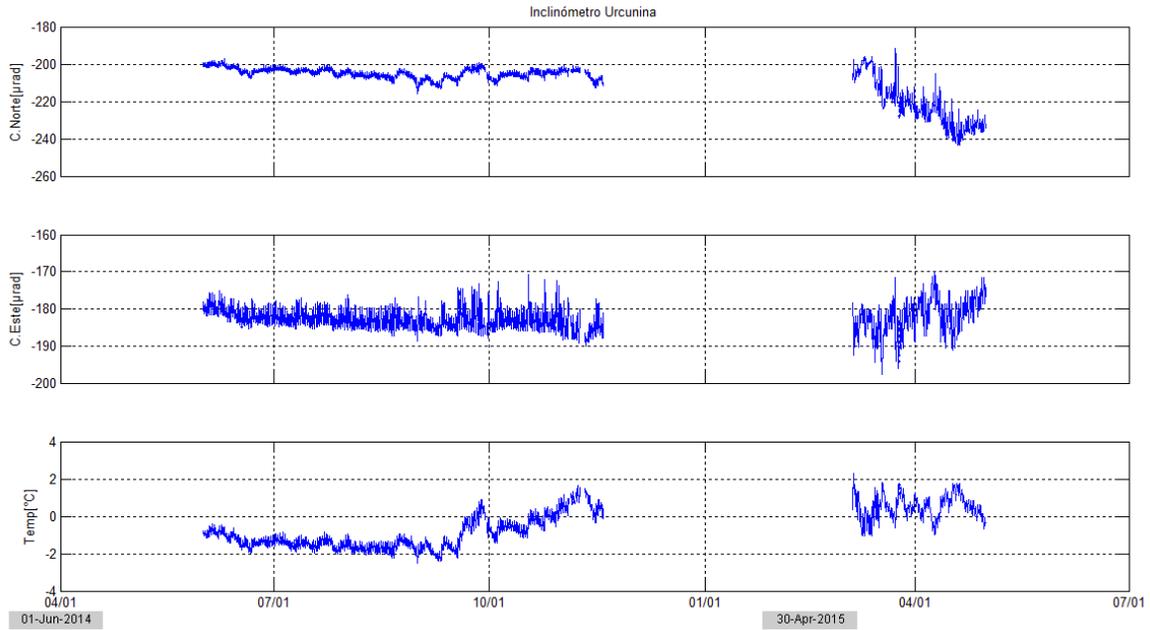


Figura 15. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Urcunina, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.

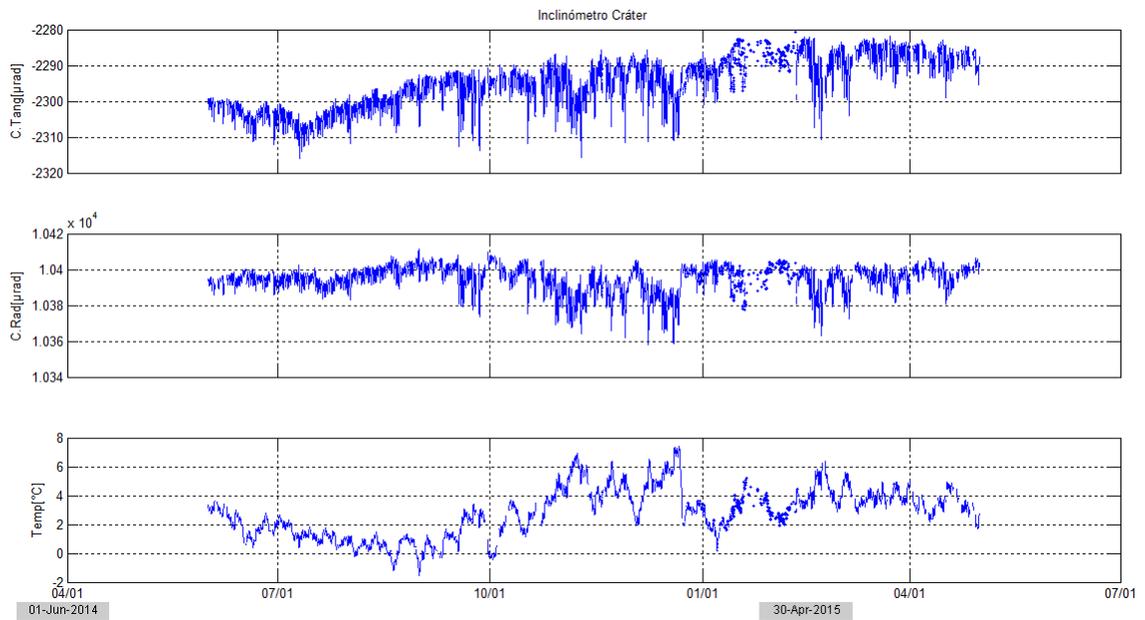


Figura 16. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Cráter, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.



Figura 17. 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 junio de 2015.

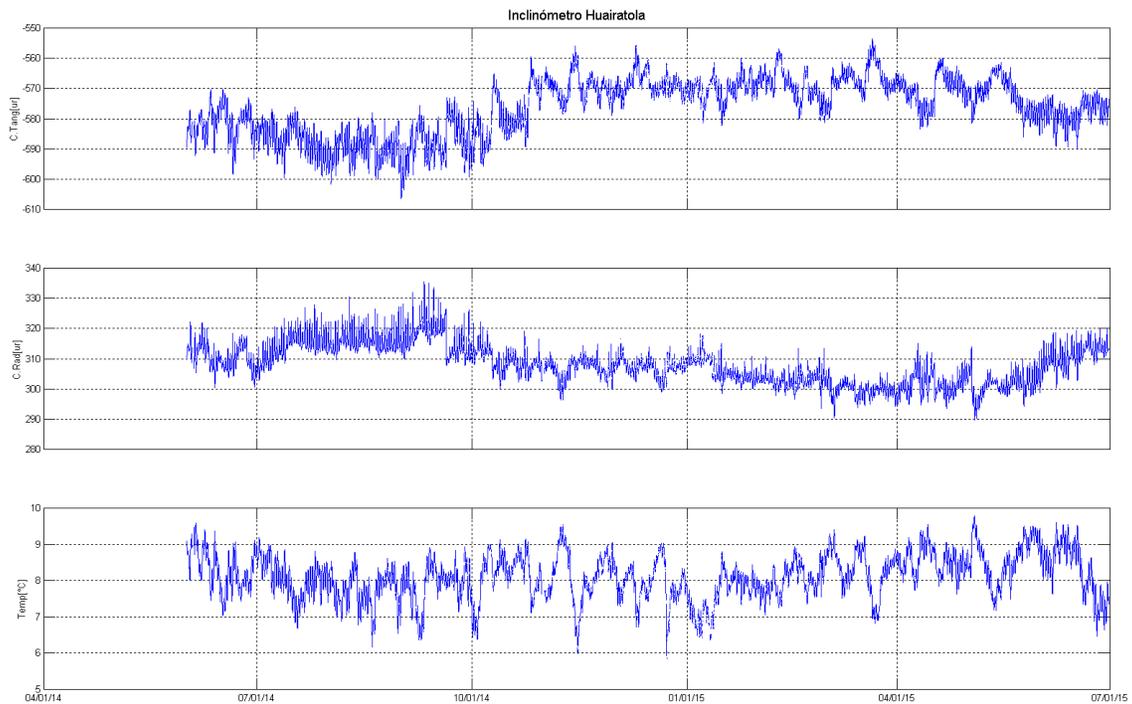


Figura 18. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Huairatola, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.

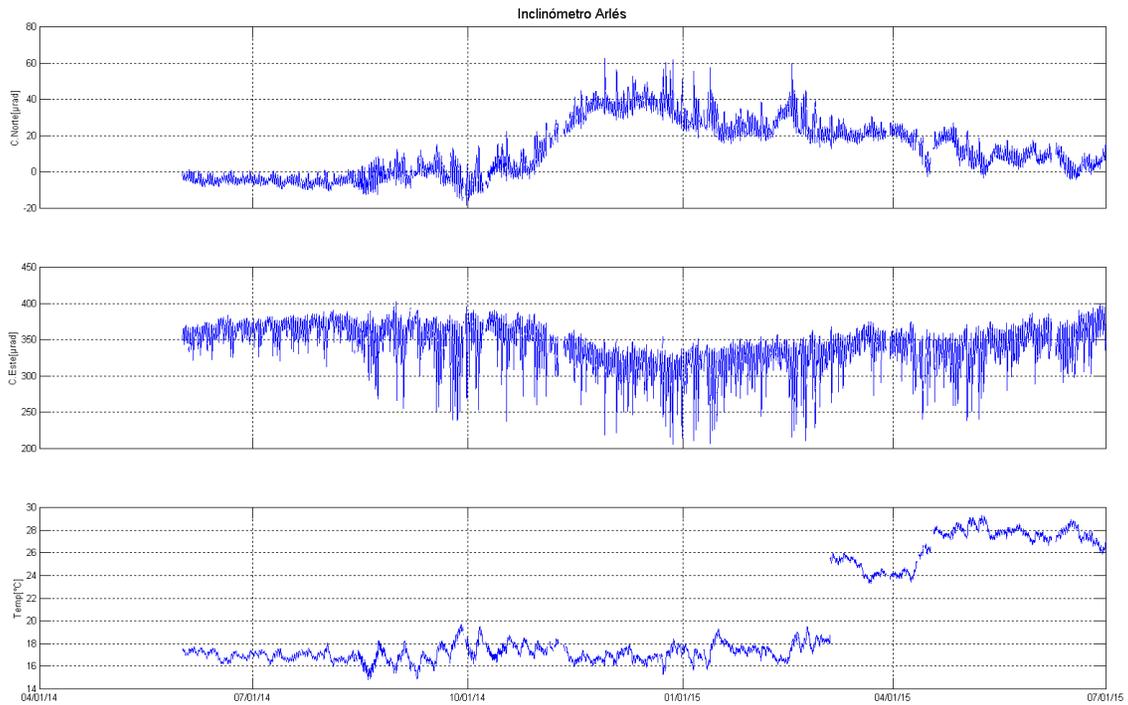


Figura 19. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Arlés, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.

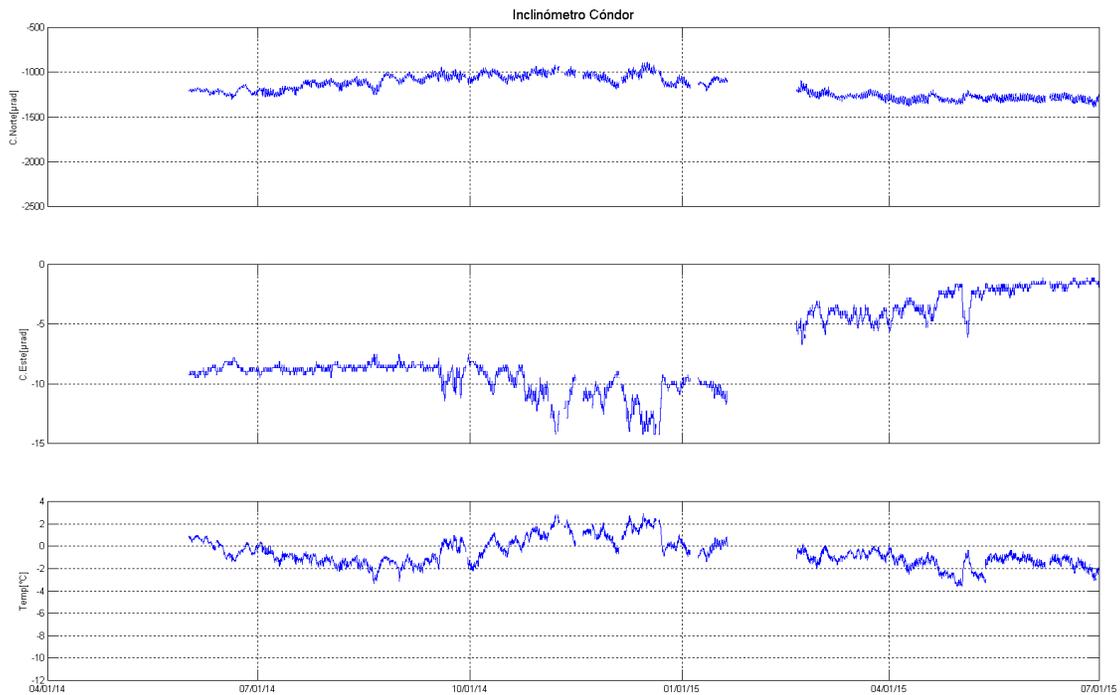


Figura 20. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Córdor, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.

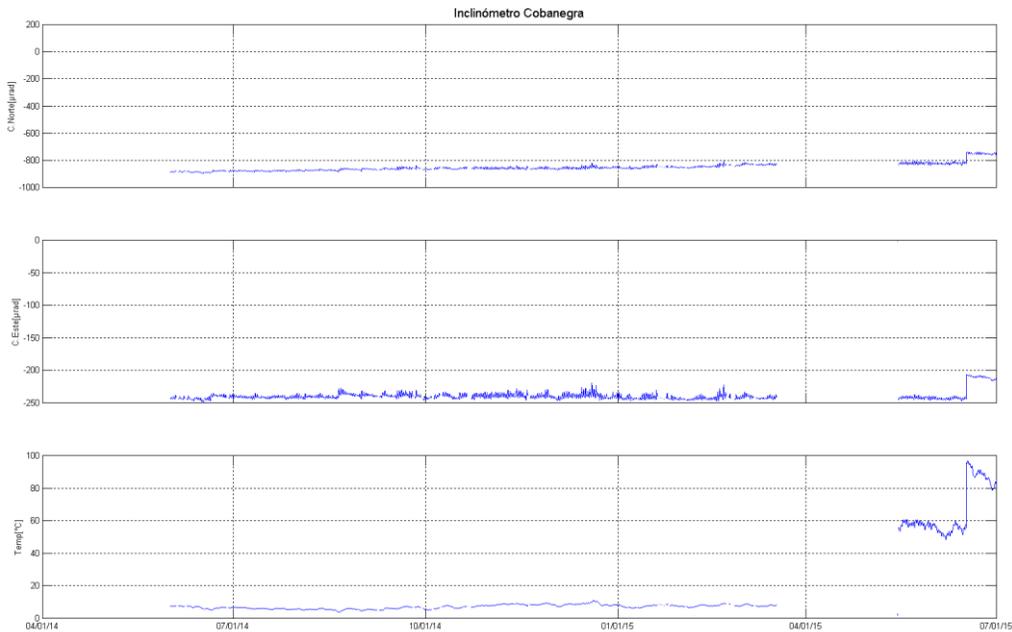


Figura 21. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Cobanegra, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.

1.3.2. Estaciones GNSS Permanentes

En junio 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 que 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 Cóndor 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.

Con relación al procesamiento diferencial, se muestra hasta el 24 de junio, debido a que el sistema tarda cerca de 15 días en 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 Cóndor no se observan cambios importantes en el periodo evaluado (Figura 27). La estación de Barranco salió de funcionamiento luego de la tormenta eléctrica del 17 de abril de 2015.

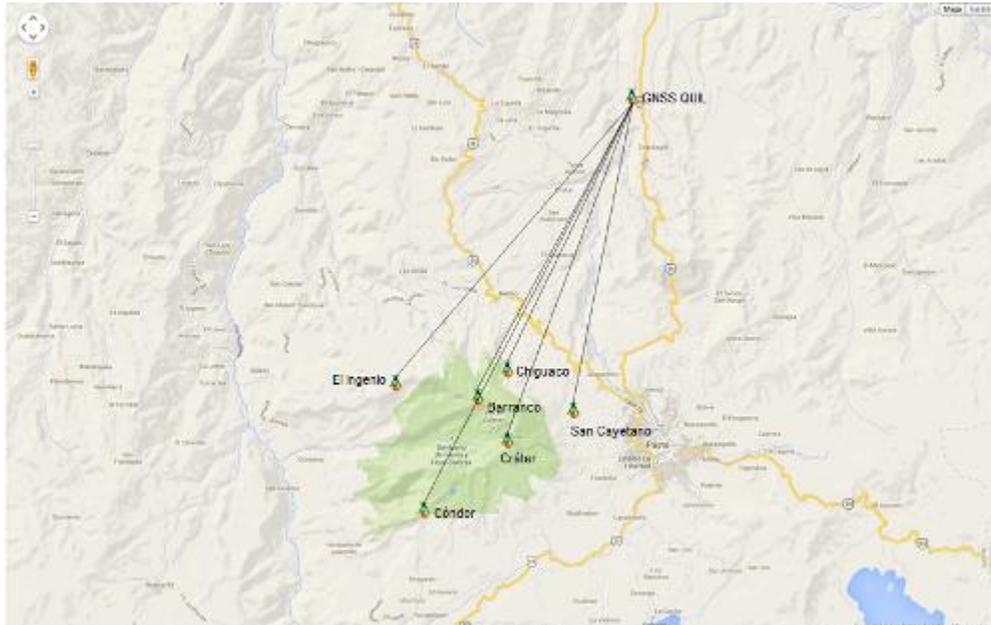


Figura 22. Ubicación de las estaciones GNSS instaladas en Galeras respecto al GNSS QUIL ubicado en el aeropuerto Antonio Nariño.

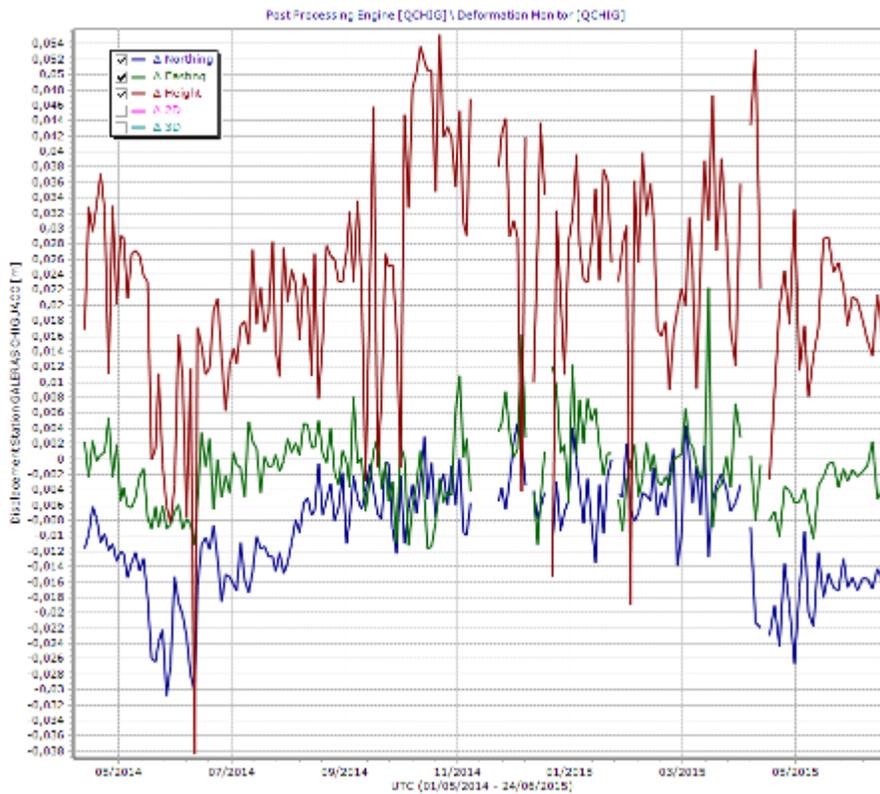


Figura 23. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Chiguaco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre mayo de 2014 y el 24 de junio de 2015.

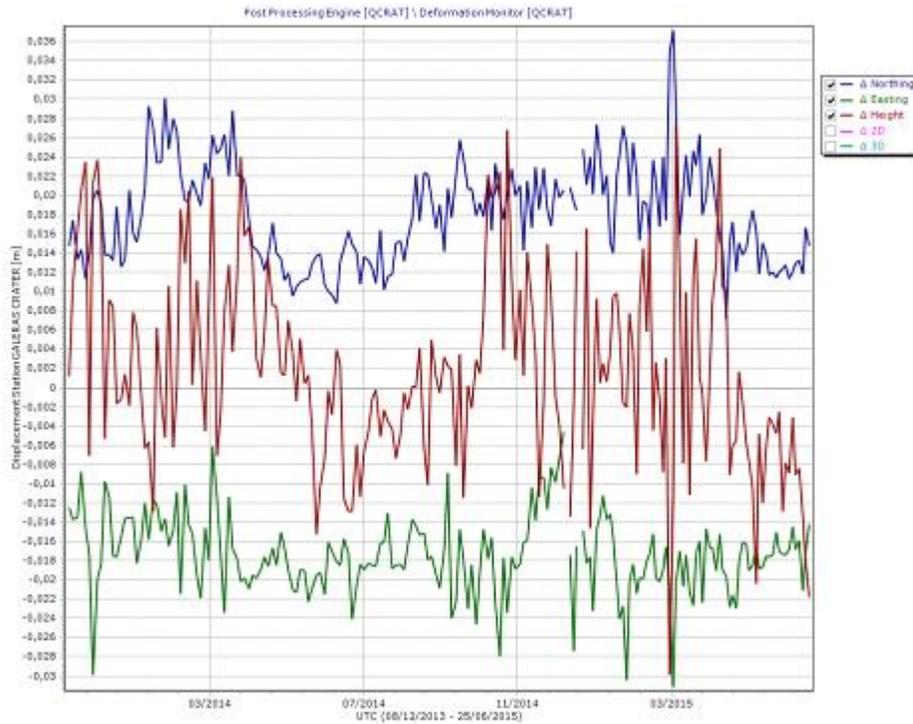


Figura 24. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cráter instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre diciembre de 2013 y el 25 de junio de 2015.

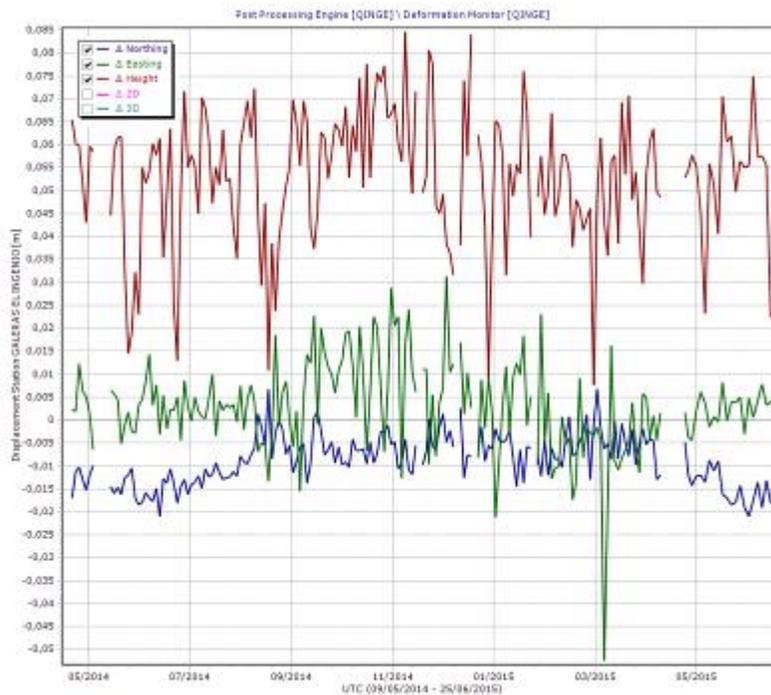


Figura 25. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS El Ingenio instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 8 de mayo de 2014 y el 25 de junio de 2015.

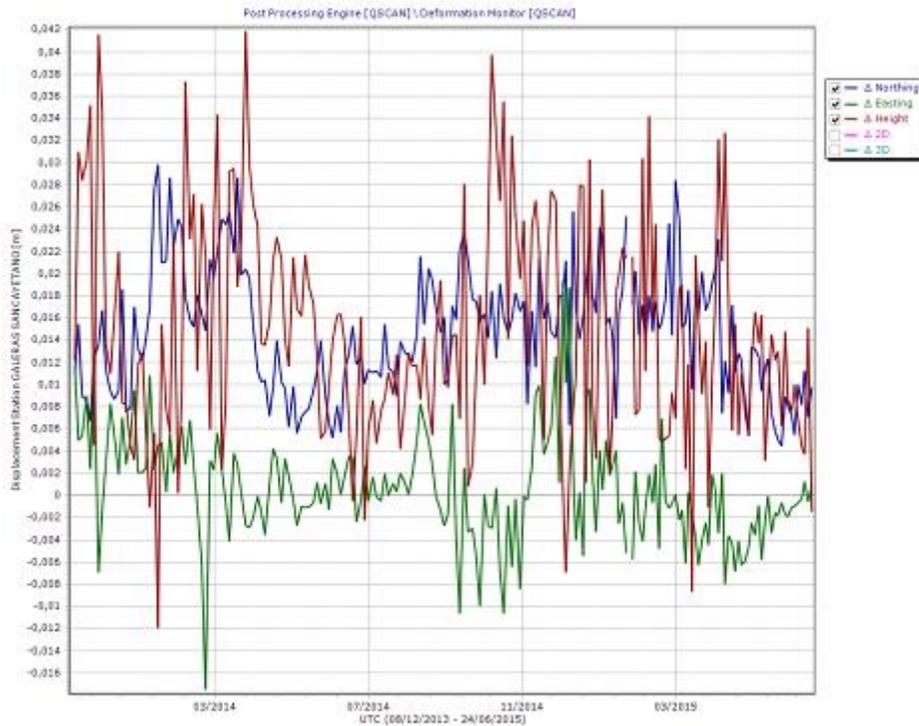


Figura 26. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS San Cayetano instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre diciembre de 2013 y el 24 de junio de 2015.

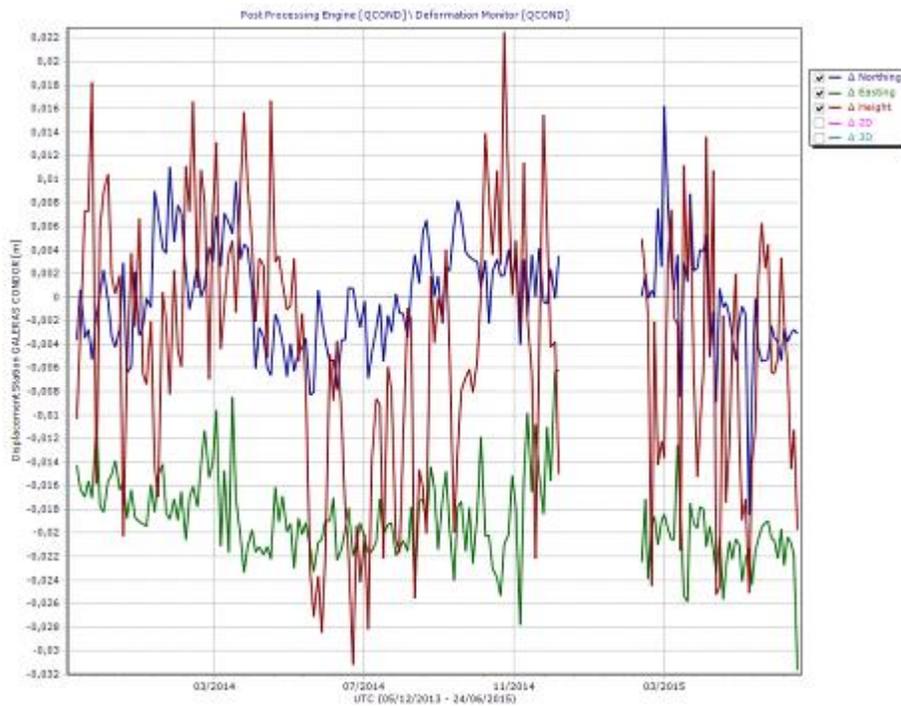


Figura 27. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cónдор instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre junio de 2013 y el 24 de junio de 2015.

1.4. GEOQUÍMICA

En cuanto a las emisiones de gases de origen volcánico en la zona de influencia del volcán Galeras, durante el mes de junio de 2015 se efectuaron mediciones de Dióxido de Azufre (SO₂) en la atmosfera, con las estaciones permanentes ScanDOAS. Además, se realizaron mediciones de emisión del isótopo 222 del elemento radiactivo Radón (Rn₂₂₂), que es el isótopo más estable de éste gas, e igualmente se continuó con el muestreo de aguas en fuentes termales.

1.4.1. Mediciones de Dióxido de Azufre SO₂

El dióxido de azufre es una molécula presente en la atmósfera terrestre, principalmente en la tropósfera, emitido por los volcanes activos y por actividades antropogénicas.

En el volcán Galeras se encuentran ubicadas tres estaciones ScanDOAS telemétricas: Alto Jiménez, Alto Tinajillas y Santa Bárbara para el monitoreo de moléculas de dióxido de azufre (SO₂), partículas provenientes de la desgasificación del magma en el reservorio profundo. El DOAS es un sistema de espectroscopia de absorción UV que funciona mediante absorción óptica diferencial de la luz ultravioleta, en este caso diseñado para medir la concentración de gas SO₂, convirtiendo la luz ultravioleta detectada en señales digitales, cuyo espectro se utiliza para la evaluación del gas (Instructivo del APLICATIVO ISOLUCIÓN: IN-AME-OVS-003).

Se registran escaneos durante todos los días del mes de junio para las estaciones Alto Jiménez y Santa Bárbara, mientras que para la estación Alto Tinajillas no se tiene registro de escaneos; se obtienen dos valores de flujo de SO₂ los días 25 y 26 de junio registrando 823 y 811 Ton/día respectivamente, valores considerados como moderados para el volcán Galeras (Figuras 28 y 29, Tabla 11).

Tabla 11. Emisiones de SO₂ del volcán Galeras (cuantificadas en términos de flujo de emisión) registradas durante el mes de junio de 2015, por las estaciones ScanDOAS (Proyecto NOVAC).

FECHA	HORA LOCAL	DIRECCION AZIMUT	VELOCIDAD [m/s]	Máximo flujo SO2 diario	Estación de registro	Instrumento
25-jun-15	07:53 AM	334.8	15	823	Alto Jimenez	SCANDOAS
26-jun-15	07:54 AM	338.3	14.6	811	Alto Jimenez	SCANDOAS

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

Para este periodo se presenta un proceso de desgasificación en Galeras, observado en las imágenes de actividad superficial desde las cámaras web instaladas en cercanías de la cima volcánica. Se registraron variaciones en la velocidad de hasta 15m/s y un promedio en la dirección del viento de 330° Azimut aproximadamente (Figura 29).

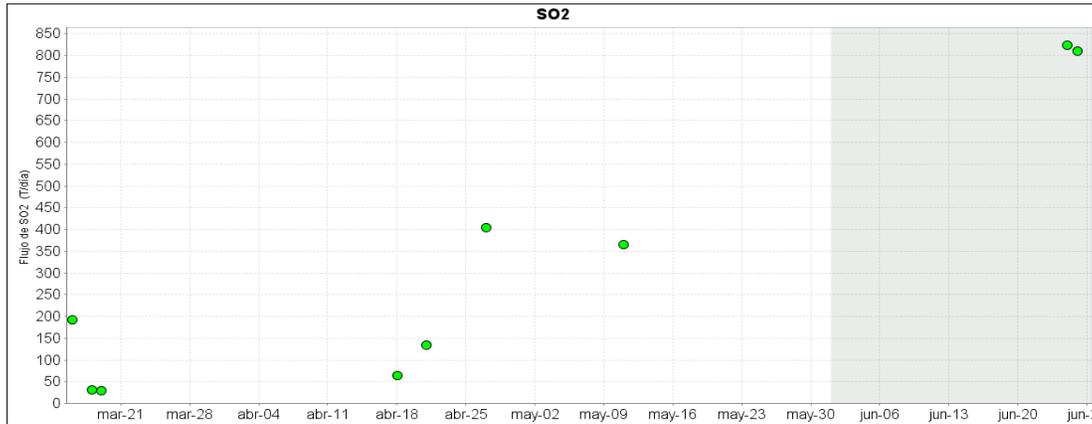


Figura 28. Flujo de emisión de SO₂ registrado desde el 1 de marzo de 2015 hasta el 30 de junio de 2015, por los instrumentos ScanDOAS en Galeras. Se resalta en gris el mes evaluado.

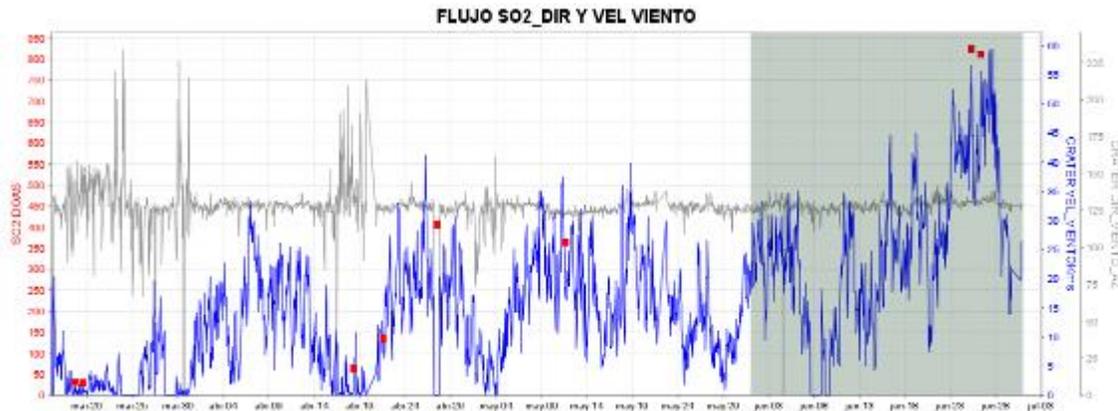


Figura 29. Flujo de emisión de SO₂, dirección y velocidad del viento para el mes de junio de 2015.

1.4.2. Mediciones del gas Radón - Rn₂₂₂

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 las Figuras 30 y 31 se presentan las gráficas del comportamiento de la concentración de gas radón en el tiempo. Es posible observar en la estación Lavas un comportamiento estable hasta mediados del mes de junio, sin embargo, hay un decremento a finales del mismo periodo, se presenta una concentración máxima de 104975 Bq/m³ para este mes (Figura 30, Tabla 12). Para la estación Parques se siguen evidenciando oscilaciones en el comportamiento de la concentración de radón, evidenciándose valores más altos al final de este periodo, la estación Parques presenta un máximo de 118103 Bq/m³ (Figura 31, Tabla 13).

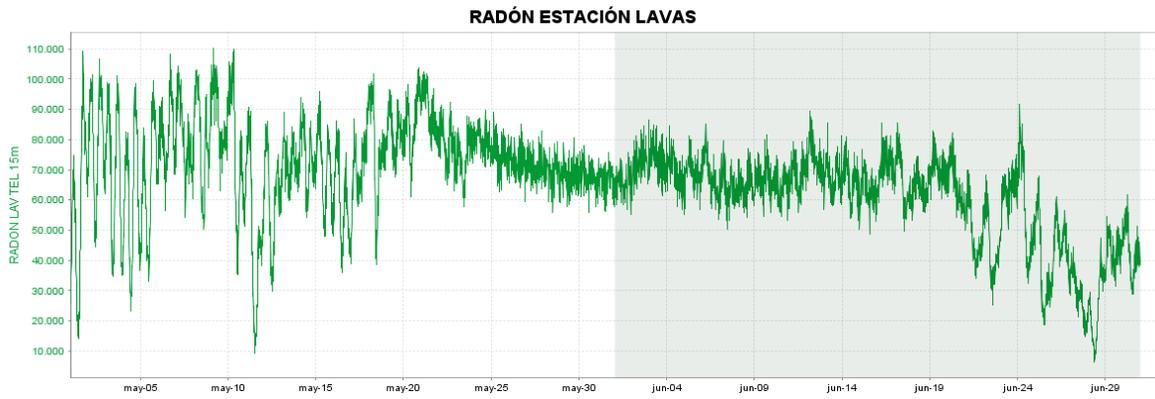


Figura 30. Concentración de gas radón en suelo - estación LAVAS, Junio de 2015.

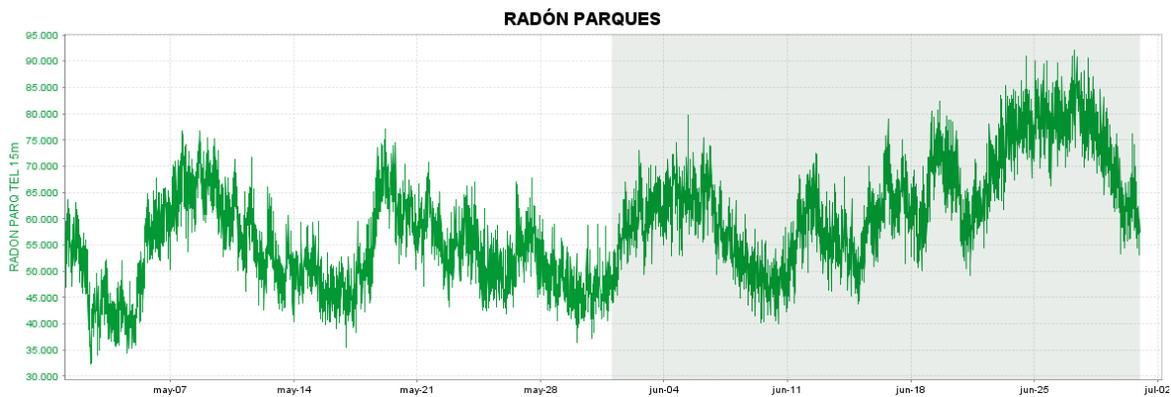


Figura 31. Concentración de gas radón en suelo - estación Parques, Junio de 2015.

Tabla 12. Registro de valores máximos de concentración de Flujo del gas Radón (Rn-222) en la estación Lavas – junio de 2015.

Concentración radón (Bq/m ³)	
Valor promedio	104975
Valor máximo	61204
Valor mínimo	3233

Tabla 13. Registro de valores máximos de concentración de Flujo del gas Radón (Rn-222) en la estación Parques – junio de 2015.

Concentración radón (Bq/m ³)	
Valor promedio	118103
Valor máximo	64888
Valor mínimo	16361

1.4.3. Muestreo de aguas en fuentes termales – Volcán Galeras

El volcán Galeras cuenta con una red actual de monitoreo de 5 fuentes termales (FT), entre las que se encuentran: FT Río Pasto, FT Cehani, FT Aguas Agrías, FT Agua Blanca y FT Licamancha. Los parámetros fisicoquímicos y muestras para análisis permitirán su caracterización y comprensión desde el punto de vista geoquímico para este complejo volcánico.

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 multiparamétrico ORION (pH-metro, Conductímetro): permite medir el potencial de hidrógeno, temperatura y conductividad eléctrica en aguas de fuentes termales.

-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 32 se muestra el valor del potencial de hidrógeno (pH) correspondiente al mes de junio del 2015 para las fuentes termales ubicadas en la zona de influencia del volcán Galeras.

Los colores en las gráfica indican el estado de acidez o basicidad del manantial (grado de concentración de iones de hidrógeno en solución), indicando de esta manera una escala de 0 a 14 para el pH (Figura 32).

En el mes de junio de 2015 se visitaron tres de las fuentes termales que hacen parte de la red de monitoreo de aguas de origen volcánico asociadas al volcán Galeras durante el 12 de junio, presentando potenciales de Hidrógeno (pH), entre 2,5 (ácido) y 7,9 (neutro). En la Figura 33 se observa la gráfica para el comportamiento del parámetro pH en los diferentes muestreos realizados a través del tiempo de monitoreo de las termales, y se puede evidenciar un incremento en el valor de pH para las FT Río Pasto y Cehani, podrían estar relacionados a cambios en la actividad del volcán, sin embargo es importante continuar realizando seguimiento a estos valores.

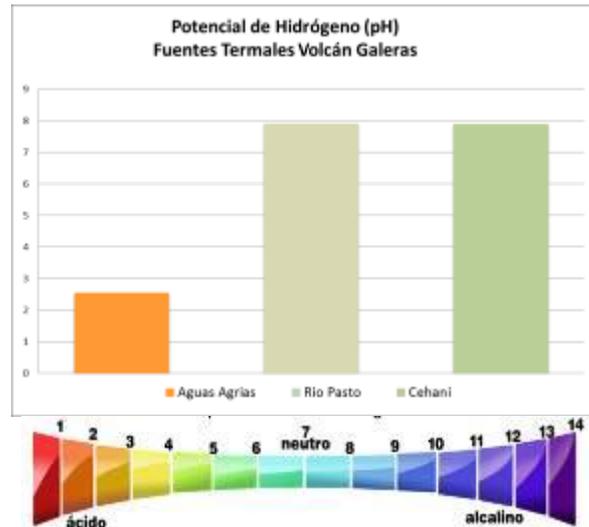


Figura 32. Potencial de hidrógeno de las FT Volcán Galeras mes de junio 2015.

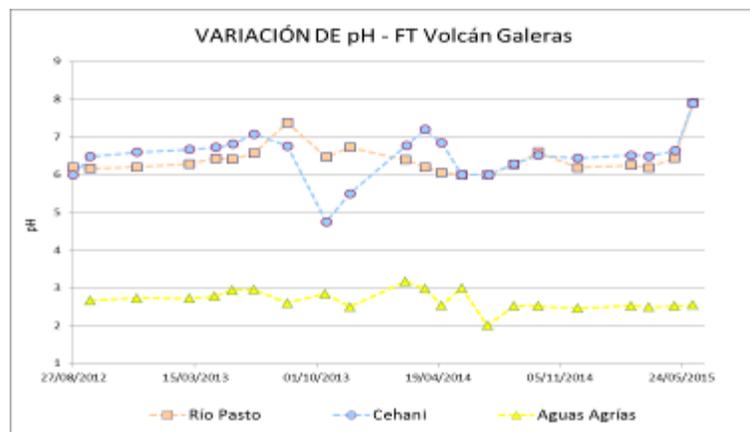


Figura 33. Comportamiento del pH de las FT Volcán Galeras hasta junio de 2015.

En la Tabla 14 se presenta la clasificación de las aguas termales de acuerdo a la temperatura.

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: 43,1°C (Temperatura registrada en junio 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 34), por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como mesotermal. Presentó también una mediana conductividad eléctrica de 3,4 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

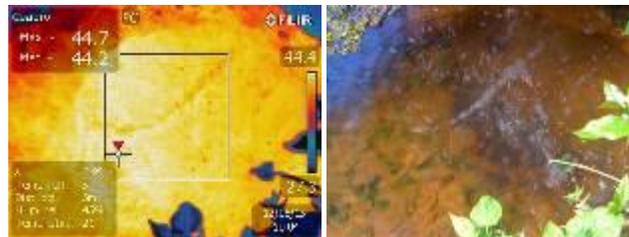


Figura 34. Imagen térmica FT Río Pasto - Junio 2015.

- **Fuente termal Aguas Agrias**

Temperatura superficial: 28,2°C. (Temperatura registrada en junio 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 35), por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como hipotermal. Presentó una mediana conductividad eléctrica de 4,1 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en solución.

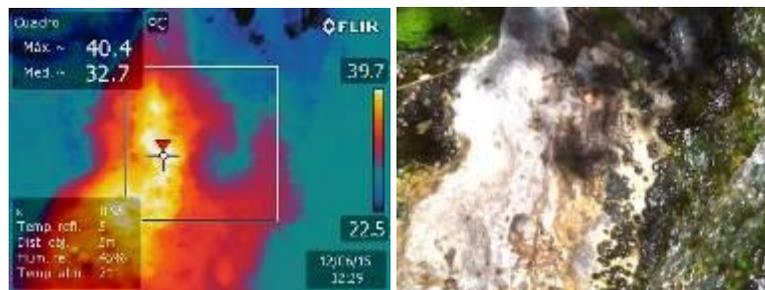


Figura 35. Imagen térmica FT Aguas Agrias - Junio 2015.

- **Fuente termal Cehani**

Temperatura superficial: 37,2°C. (Temperatura registrada en junio 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 36), por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como mesotermal. Presentó también una mediana conductividad eléctrica de 2,6 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

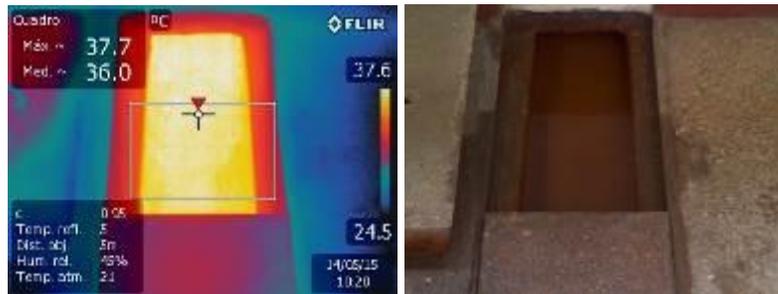


Figura 36. Imagen térmica FT Cehani - Junio 2015.

A continuación se presentan los gráficos sobre la variación de datos fisicoquímicos registrados a partir de datos históricos y aquellos registrados en visitas de campo en el mes de junio de 2015.

En la Figura 37 se puede observar pequeñas variaciones en la temperatura de las FT pertenecientes a la zona de influencia del volcán Galeras, parecen presentar estabilidad, no se registran cambios significativos en el comportamiento de esta variable.

En la Figura 38, 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 comparación a meses inmediatamente anteriores, sin embargo, para 2015 su comportamiento es diferente en comparación con el año 2014, es importante determinar si esta variación está directamente involucrada con la composición iónica de estas aguas.

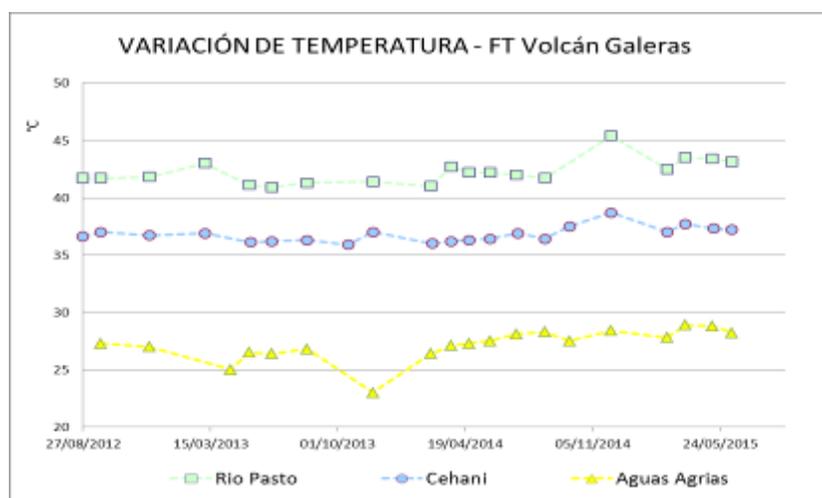


Figura 37. Comportamiento de la temperatura de las FT Volcán Galeras hasta junio de 2015.

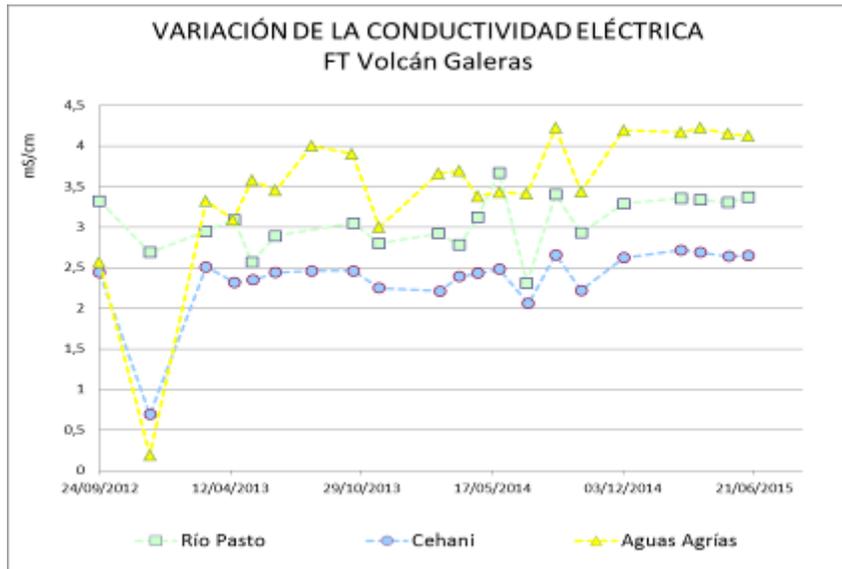


Figura 38. Comportamiento del contenido de Bicarbonato de las FT Volcán Galeras hasta junio de 2015.

La concentración del ion bicarbonato determinado en campo mediante valoración con ácido clorhídrico frente a indicador azul de bromofenol, presenta estabilidad sin variaciones relevantes, en Aguas Agrias no se registra evidencia de la presencia del ion (Figura 39).

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.

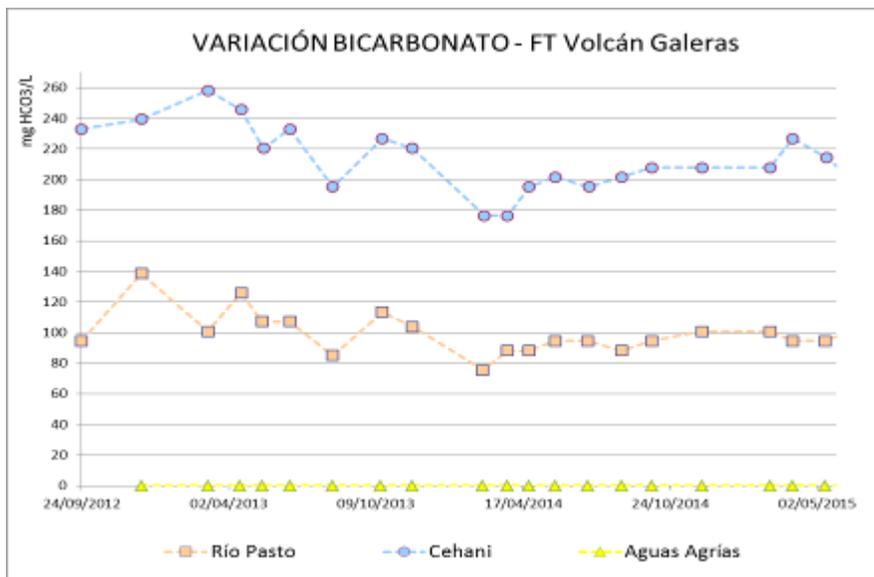


Figura 39. Comportamiento del contenido de Bicarbonato de las FT Volcán Galeras hasta junio de 2015.

1.5. ELECTROMAGNETISMO

La red de monitoreo electromagnético para el volcán Galeras, en el mes de junio de 2015 contó con el registro de la estación Cráter y la estación Frailejón, siendo esta última reinstalada a partir del 22 de junio luego de haber salido de funcionamiento el 17 de abril después de registrarse una tormenta eléctrica en la zona. Los registros del magnetómetro Cráter muestran para la componente vertical (Z), un comportamiento estable para el periodo observado, con variaciones día noche menores a los 100 nT. La componente norte-sur (N), muestra una ligera tendencia descendente que entre marzo y junio de 2015 acumula una variación de cercana a los 200 nT, con variaciones día noche de alrededor de 25 nT. La componente este-oeste (E), muestra un comportamiento estable, con variaciones día noche menores a los 75 nT (Figura 40).



Figura 40. 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 marzo y junio de 2015.

Respecto a la estación de campo electromagnético Cráter no se presenta un gráfico debido al corto tiempo que lleva reinstalada.

- **Registro eléctrico y magnético del sismo VT de Galeras del 25 de junio de 2015, a las 9:01 p.m., - ML 3,3**

La Figura 41 muestra el registro sísmico del evento tipo VT ocurrido el 25 de junio de 2015 a las 9:01 p.m.

El evento fue registrado por la estación de monitoreo electromagnético Frailejón (Figura 42), de la red de Galeras, al mismo tiempo que los registros de las estaciones sísmicas, lo que hace suponer un proceso de generación relacionado con condiciones de presión o deformación de la roca, que conllevó a la generación de efectos eléctricos y magnéticos. La estación Cráter no muestra cambios o están embebidos dentro de los pulsos de ruido que presenta.

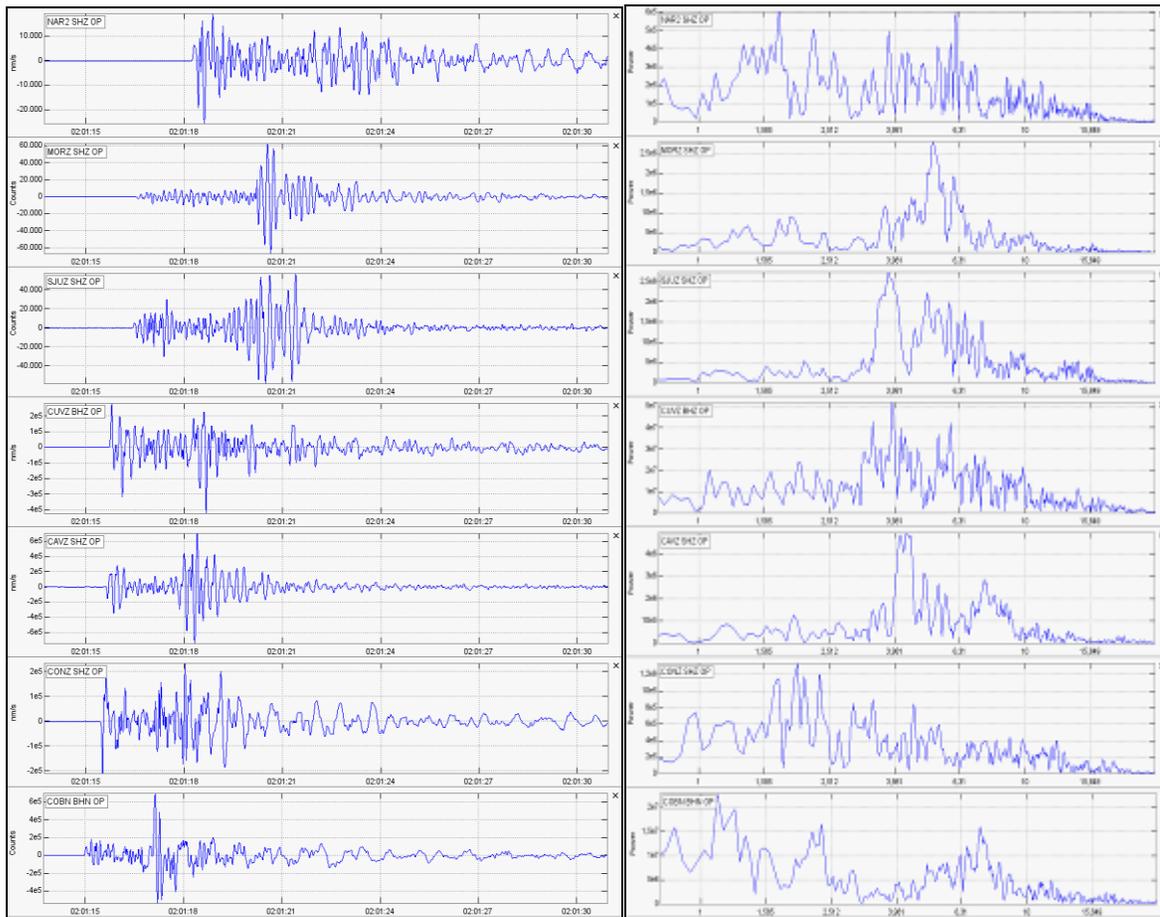


Figura 41. Sismogramas del evento tipo VT registrado el 25 de junio de 2015 a las 9:01 p.m.

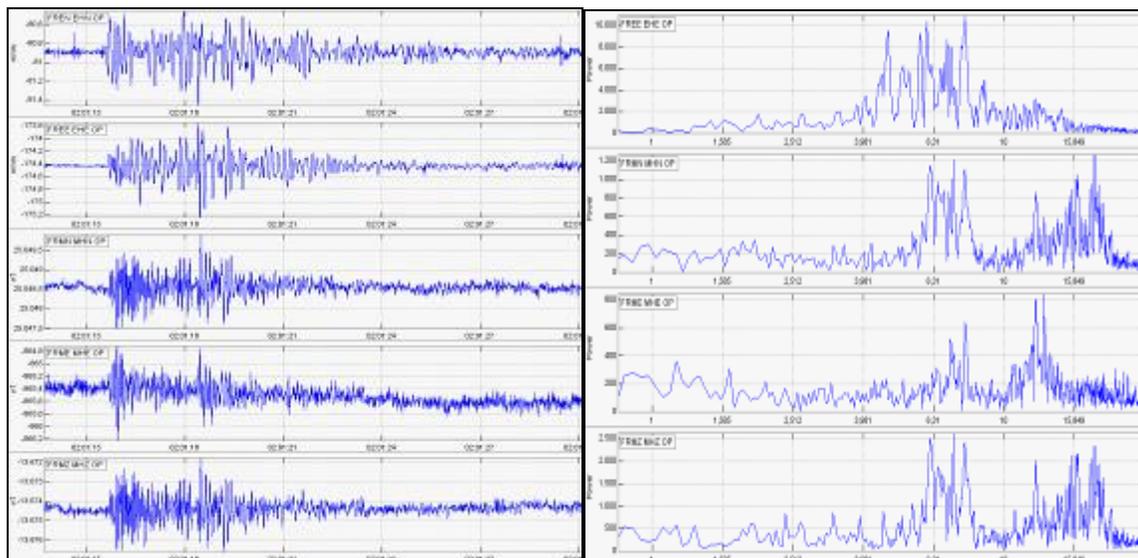


Figura 42. Registro eléctrico y Magnético por la estación Frailejón del evento VT registrado el 25 de junio 2015 a las 9:01 p.m.

Se está analizando el hecho que el movimiento del suelo genere un movimiento del sensor magnético; ya que de acuerdo con los valores de anomalía asociados con el sismo (Tabla 15), se observa que la mayor variación del campo magnético se obtiene en la dirección Z.

Tabla 15. Variaciones temporales y en frecuencia, de los registros de la estación Frailejón asociados con el sismo VT del 25 de junio en la zona de influencia de Galeras.

	FEN	FEE	FMN	FME	FMZ
	mV/m	mV/m	nT	nT	nT
Variación máxima	0.9	1.5	2.0	1.4	4.3
Banda Frecuencias Hz	3.2 - 8.7	3.2 - 8.7	5.5 - 9.2	5.5 - 9.2	5.5 - 9.2
			11.5 - 20.5	11.5 - 20.5	11.5 - 20.5

1.6. ACTIVIDAD SUPERFICIAL Y CAMBIOS GEOMORFOLÓGICOS

La actividad superficial se documentó a partir de observaciones directas hacia la cima desde la sede del OVSP, por reportes de las comisiones de personal en campo, de la comunidad o las autoridades y por videos e imágenes de las cámaras instaladas en el OVSP, Consacá y Bruma.

Condiciones favorables de clima permitieron observar emisiones de gases los días 7, 11, 13 y 16 de junio, la mayor parte del mes no fue posible obtener registro debido a la alta nubosidad presente en la cima volcánica. La dispersión de las columnas de gases fue variable debido a la acción de los viento. Los principales focos de emisión continúan ubicados en el cráter principal, sector norte y occidente del cono volcánico. En las Figuras 43 a 46 se presentan algunas imágenes asociadas a procesos de emisión de gases en Galeras.

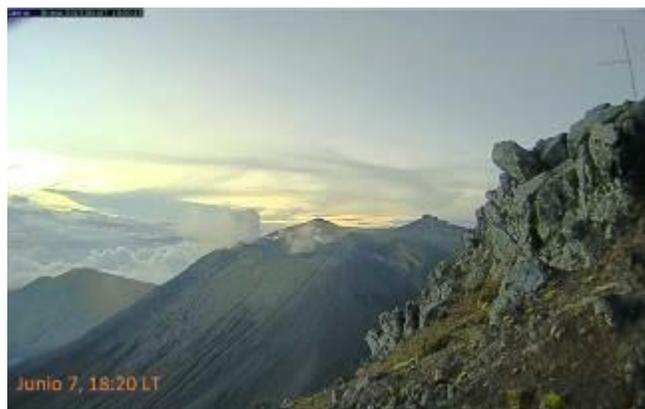


Figura 43. Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 7 de junio de 2015, en horas de la tarde, capturada desde la cámara ubicada en el sector de Bruma.



Figura 44. Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 11 de junio de 2015, en horas de la tarde 4:32 p.m. y 4:54 p.m., capturada desde la cámara de Bruma.



Figura 45. Imágenes de las emisiones de gases del volcán Galeras, capturadas el 13 de junio de 2015, a las 5:28 p.m. y 5:47 p.m., desde la cámara de Bruma.



Figura 46. Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 16 de junio de 2015, en horas de la tarde 5:57 p.m., capturada desde la cámara ubicada en el sector de Bruma.

1.7. CONCLUSIONES

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 COMPLEJO VOLCÁNICO CUMBAL – JUNIO DE 2015

2.1. RED DE VIGILANCIA

En la Figura 47 se puede apreciar la disposición de la red de vigilancia del complejo volcánico Cumbal que consta de cuatro estaciones para monitorear su sismicidad (dos sensores de banda ancha y dos de corto periodo), cuatro estaciones para el seguimiento de la deformación cortical del edificio volcánico y un sensor de presión acústica. Adicionalmente, se tiene una cámara de video permanente para observación y seguimiento de la actividad superficial, instalada en el municipio de Cumbal. De igual forma se cuenta con el registro de la estación Cumbal, muy cerca de la Laguna de Cumbal, estación de monitoreo de la red de la RSNC (Figura 47).

En la Tabla 16, se consigna el nombre de cada estación con sus características. En la Figura 48 se muestra el porcentaje de funcionamiento de las estaciones.

También se cuenta con una red de muestreo de gases en fumarola y aguas en fuentes termales (Figura 47).

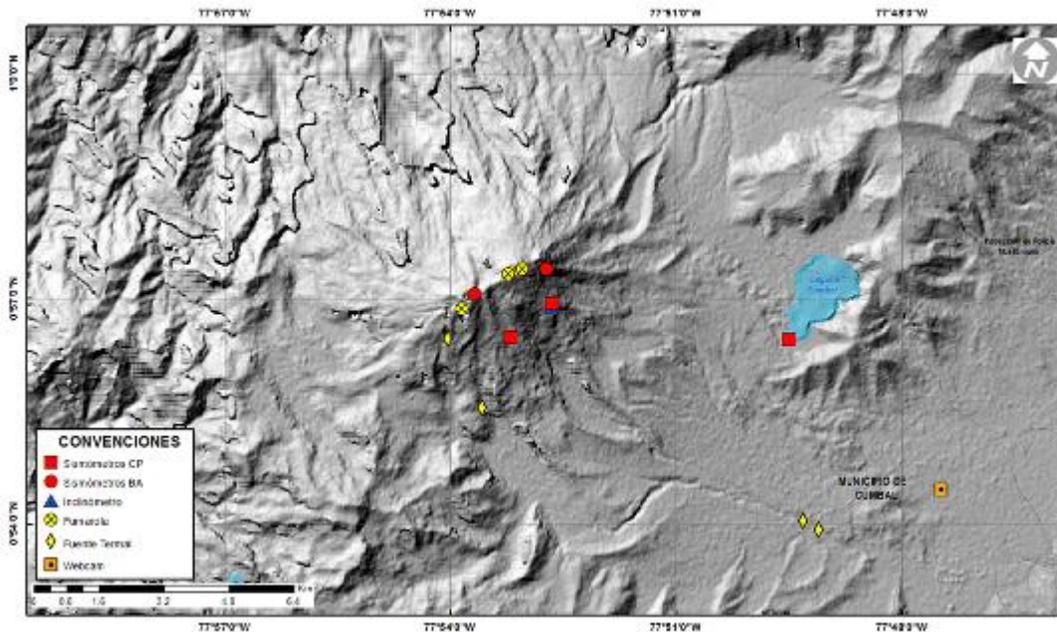


Figura 47. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de vigilancia del complejo volcánico Cumbal, durante el mes de junio de 2015.

Las estaciones de la red instalada para el monitoreo del volcán Cumbal, durante el mes de junio de 2015, tuvieron un porcentaje de funcionamiento del 66% (Figura 48).

Tabla 16. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del complejo volcánico Cumbal durante el mes de junio 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	Vertical	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

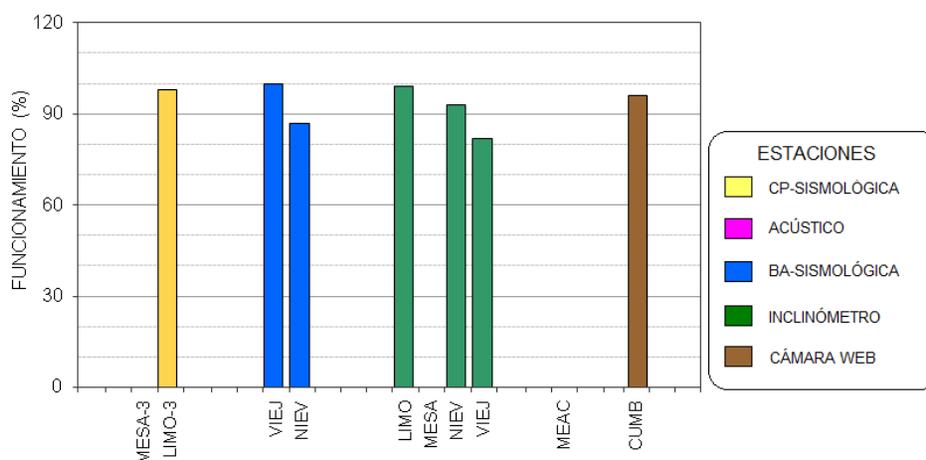


Figura 48. Porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico Cumbal durante el mes de junio de 2015.

2.2. SISMOLOGÍA

En general en junio de 2015 se presentó un marcado descenso del 58.8% en el número total de sismos volcánicos, pasando de 2407 a 991 eventos (Tabla 17, Figura 49). El mayor descenso en ocurrencia se observó para los sismos tipo LPS con un 67.8%, seguido en disminución por los eventos asociados con fractura de roca y posterior movimiento de fluido (HYB) con un 61.2% (Figura 50). De igual forma los eventos asociados con movimiento de fluidos al interior del volcán de fuente persistente mostraron descenso en su número, de 47 a 27 sismos. Hubo predominio de la sismicidad tipo HYB con un 58% del total de eventos sísmicos, seguido por un 20% de los sismos asociados con fractura de roca (VT) y un 3% de los eventos tipo LPS (Figura 51). En el periodo evaluado se presentaron cuatro eventos Largo Periodo tipo Tornillo (Tabla 17).

Tabla 17. Número de eventos volcánicos por tipo registrados entre marzo y junio de 2015, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo						TOTAL
	vt	lps	tre	hyb	tor	vol	
01-mar-15 a 31-mar-15	55	300	11	235	17	1	619
01-abr-15 a 30-abr-15	36	254	13	172	6	2	483
01-may-15 a 31-may-15	295	565	47	1492	7	1	2407
01-jun-15 a 30-jun-15	199	182	27	579	4	0	991

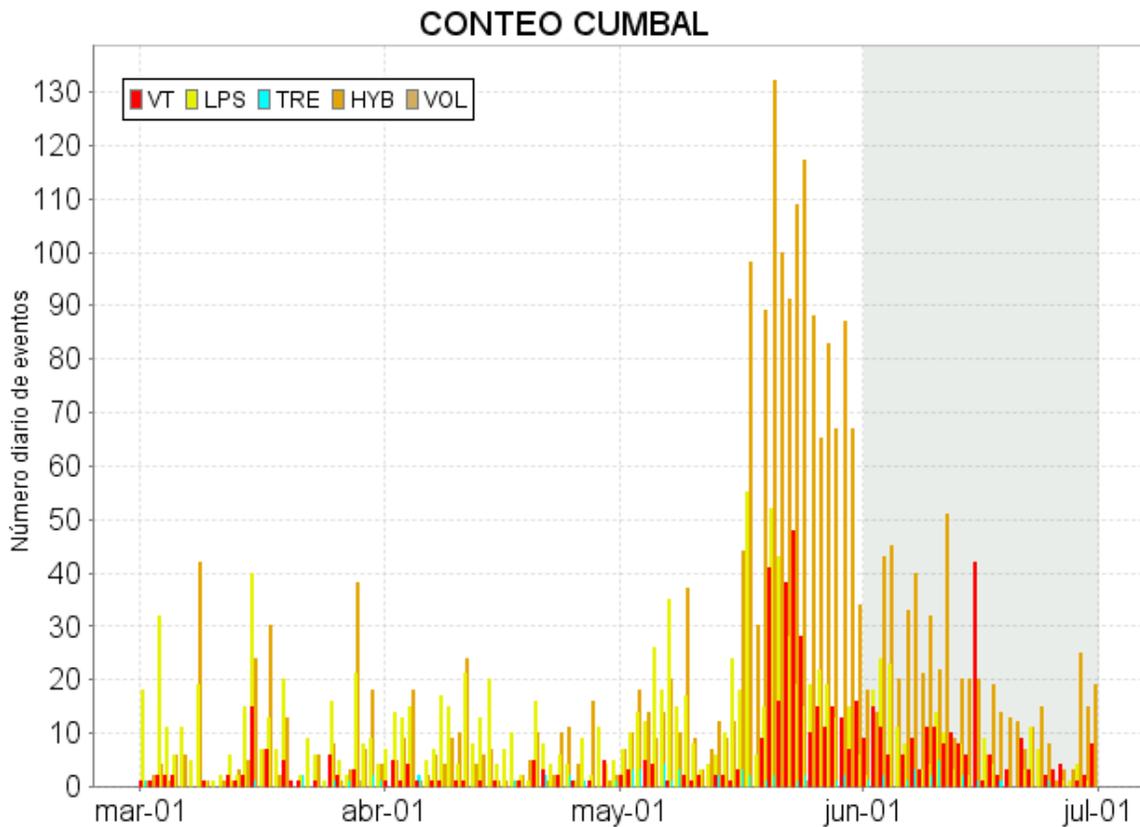


Figura 49. Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para los meses entre marzo y junio de 2015.

Comparación Mensual

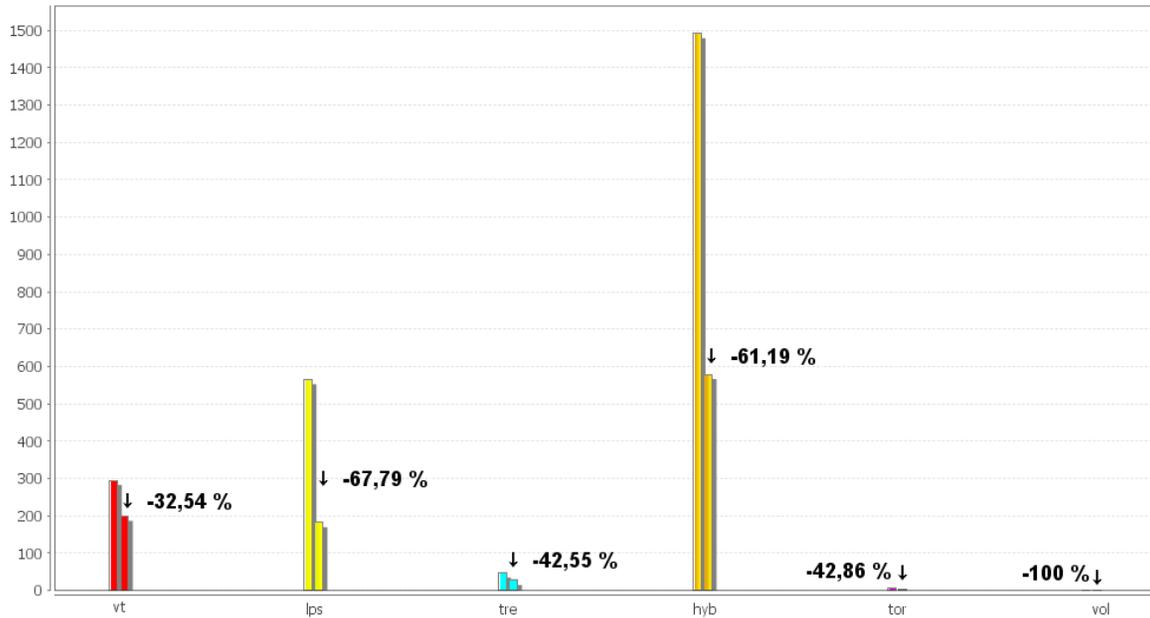


Figura 50. Comparación porcentual del número de eventos volcánicos por tipo ocurridos durante el mes de junio (barras de la derecha) respecto al mes de mayo (barras de la izquierda).

Relación Porcentual Mensual

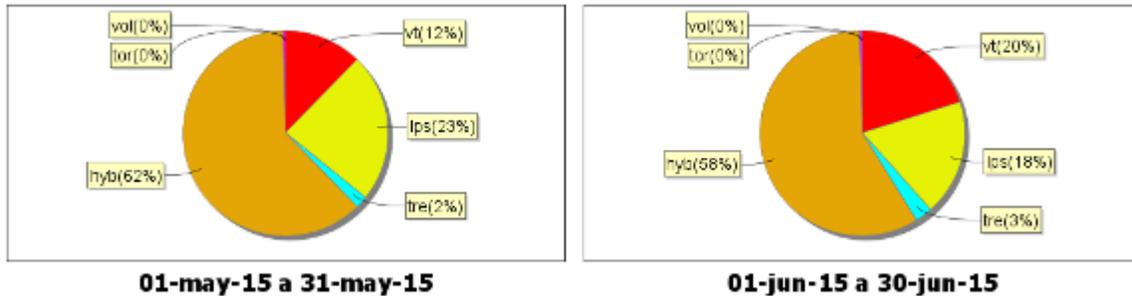


Figura 51. Porcentajes de ocurrencia sísmica mensual por tipo de evento en el volcán Cumbal para mayo y junio de 2015.

Fue posible localizar 20 sismos, de los cuales 13 fueron asociados con fractura de roca y 7 fueron eventos Híbridos. La gran mayoría de eventos se ubicó en inmediaciones de los dos conos activos del complejo volcánico de Cumbal, La Plazuela (sector nororiente) y Mundo Nuevo al sur, con profundidades entre 1 y 2.3 km. La magnitud local estuvo entre 0 y 1.5 en la escala de Richter, cerca del 75% mostro magnitud menor a 1 (Figura 52). Algunos pocos se localizaron de manera dispersa, con profundidades entre 4.8 y 14.7 km. Ningún sismo se reportó sentido.

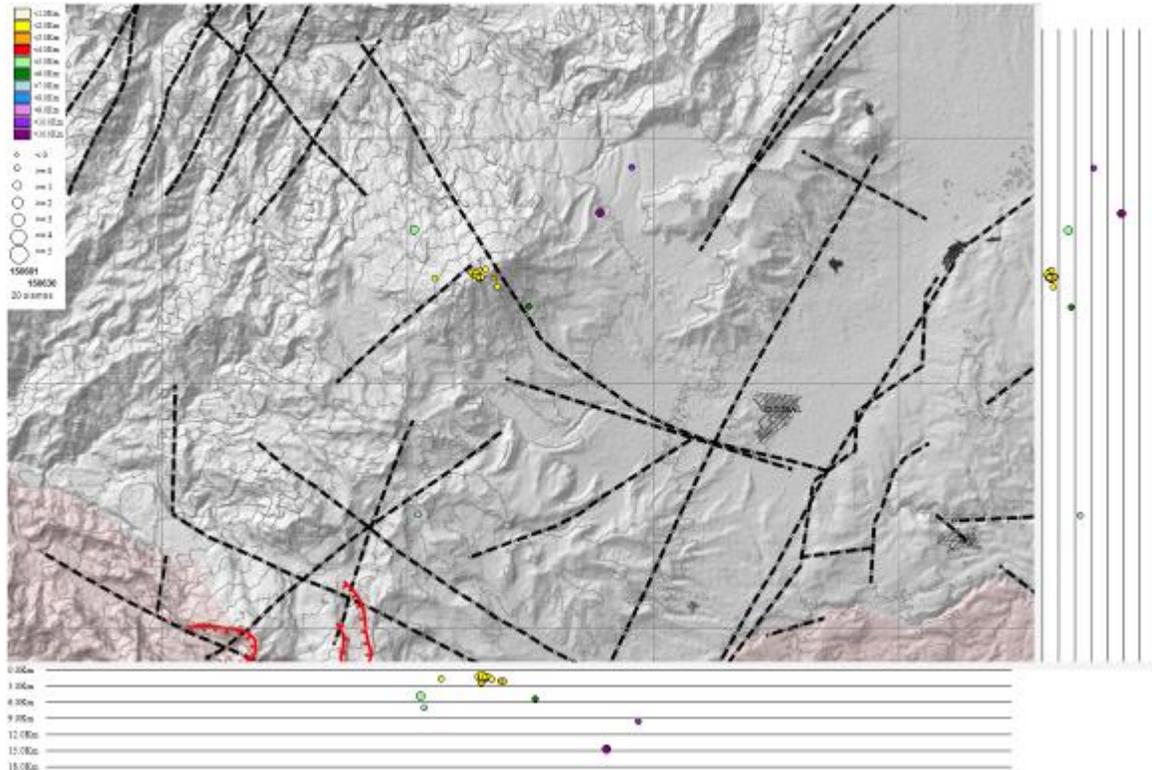


Figura 52. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y el 30 de junio de 2015. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 3 km de profundidad respecto a la cima volcánica (4760 msnm).

De la sismicidad presente en el complejo volcánico de Cumbal, se destaca la ocurrencia de los eventos de Largo Periodo tipo Tornillo (TOR), los cuales presentaron frecuencias dominantes entre 1.12 y 3.94 Hz (Figura 53), y duraciones entre 35 y 63 segundos. En las Figuras 54 y 55 se presentan a manera de ejemplo, el registro de los eventos TOR ocurridos el 2 y el 3 de junio de 2015.

Se resalta que, hasta la fecha este tipo de eventos no muestran en sus parámetros evaluados una correlación con procesos de presurización del sistema volcánico.

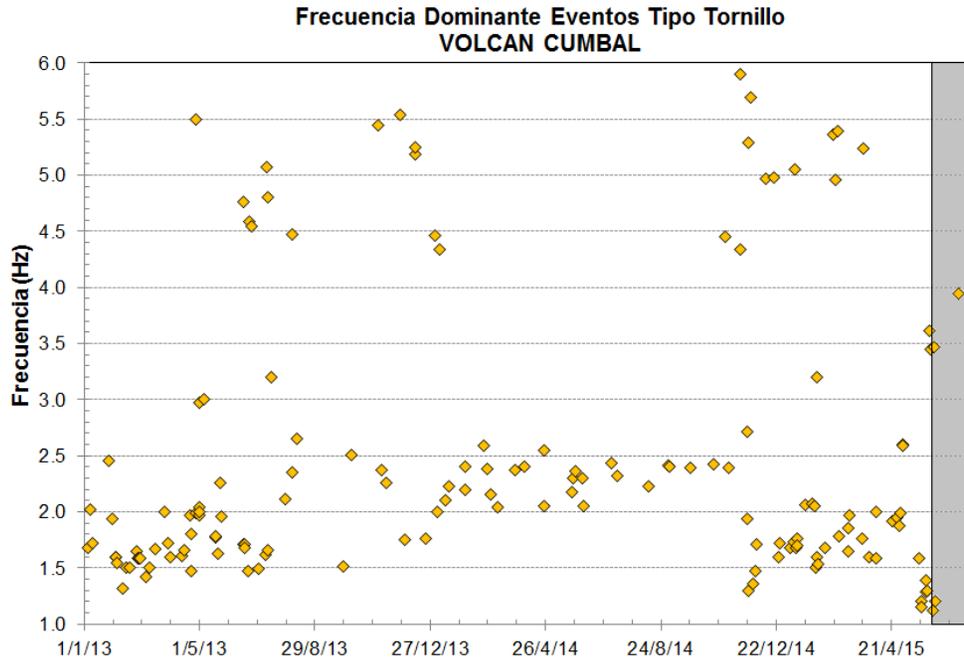


Figura 53. Frecuencias mostradas por los eventos tipo TOR registrados por las estaciones sísmicas instaladas en el complejo volcánico de Cumbal, entre el 1 de enero de 2013 y el 30 de junio de 2015, resaltando los eventos registrados en el mes de junio de 2015 en el recuadro gris.

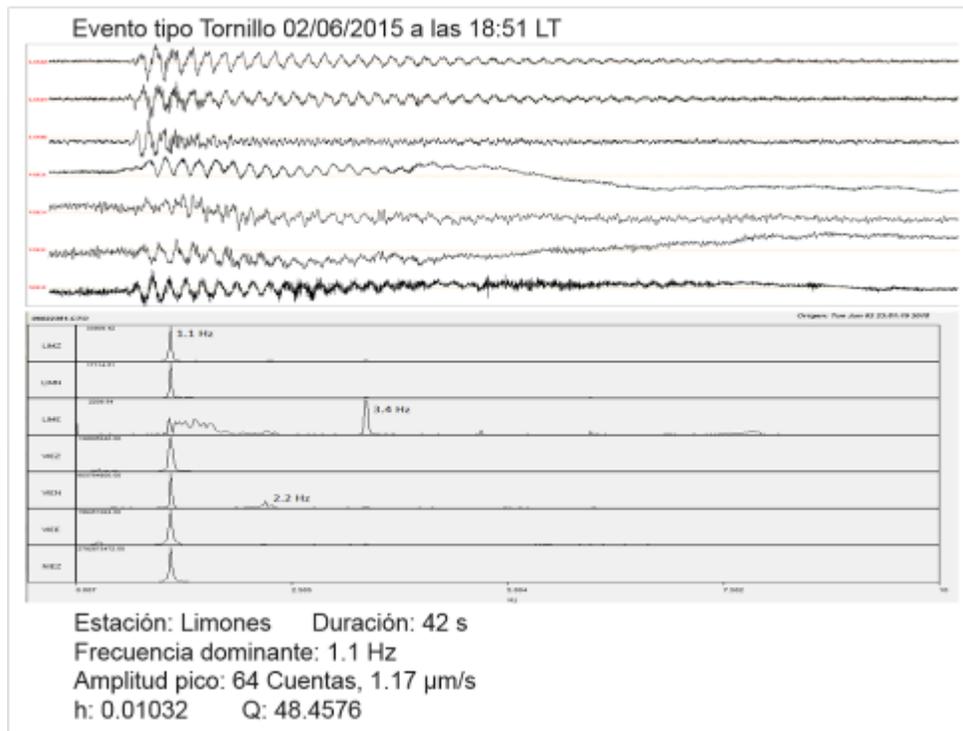


Figura 54. Sismogramas y espectros en frecuencia del sismo tipo TOR, ocurrido en Cumbal, el 2 de junio de 2015 a las 6:51 p.m., registrando 42 segundos de duración.

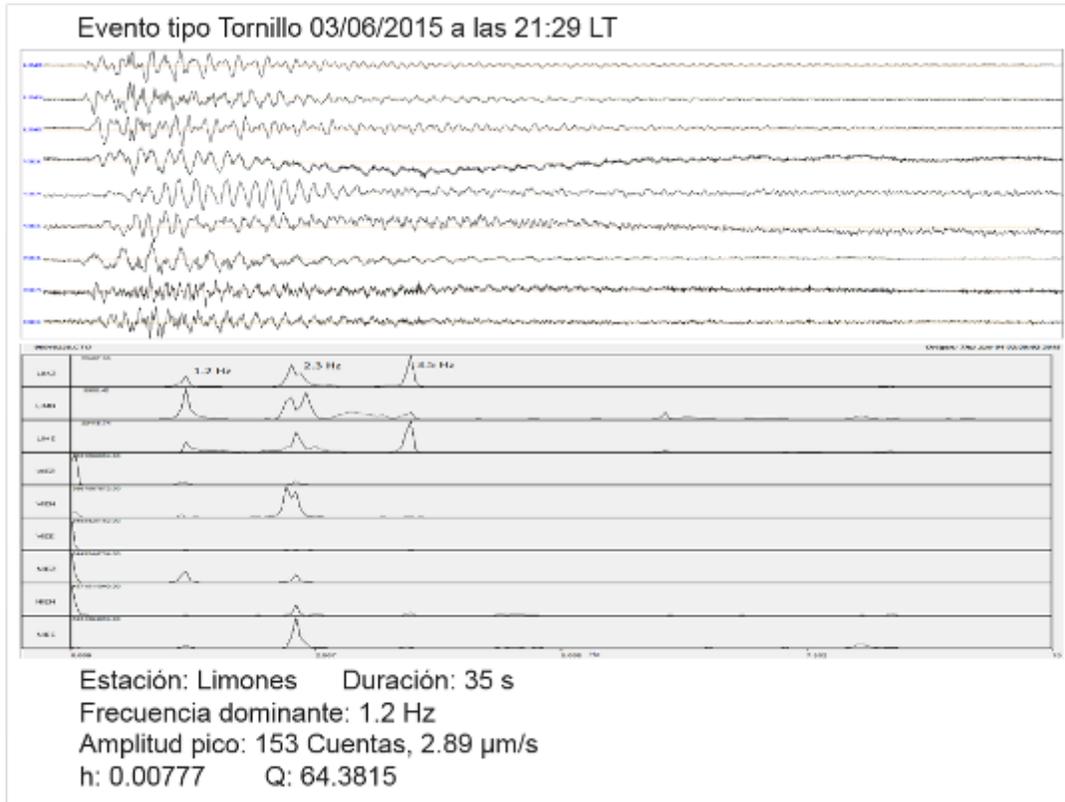


Figura 55. Sismogramas y espectros en frecuencia del sismo tipo TOR, ocurrido en Cumbal, el 3 de junio de 2015 a las 9:29 p.m., registrando 35 segundos de duración.

2.3. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA

En cuanto a los procesos de deformación del edificio volcánico se observó estabilidad en las componentes de inclinación Norte y Este de los inclinómetros Limones y Nieve (Figuras 56 y 57), en este último se observa al final del mes un registro anómalo en sus componentes, aún sin determinar la causa.

Se observa un comportamiento descendente en la componente de inclinación Norte del equipo Punta Vieja, comportamiento semejante al registrado por el sensor de temperatura, mientras que en su componente Este se presenta estabilidad (Figura 58).

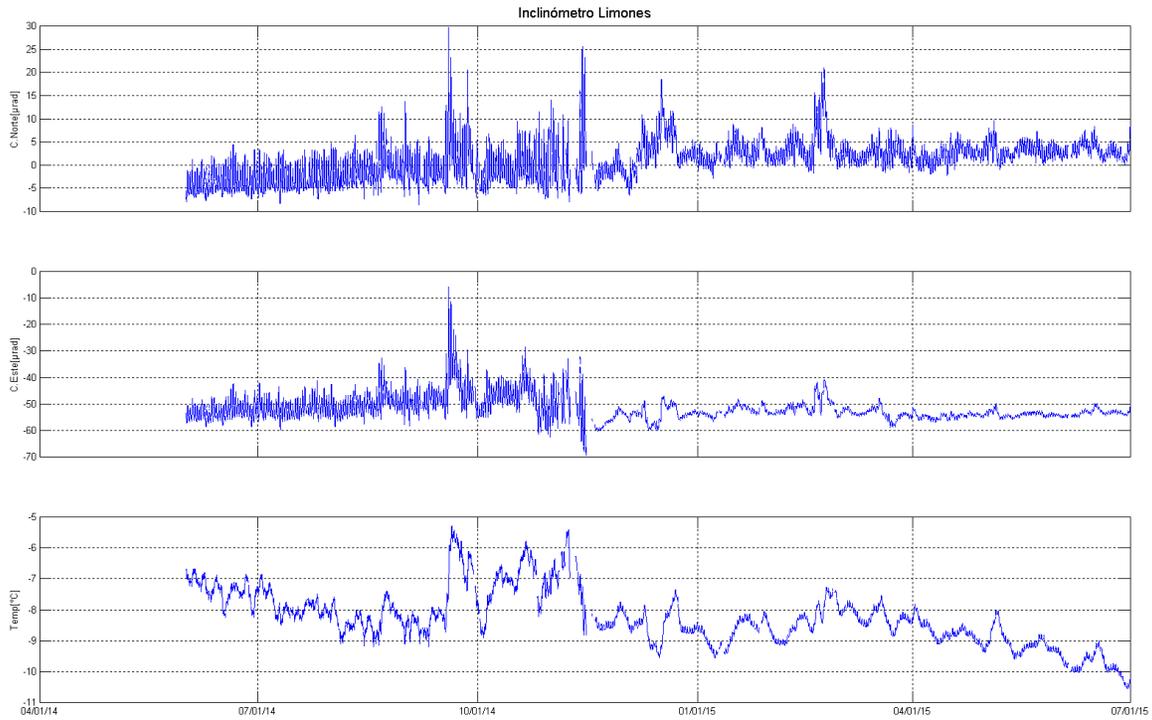


Figura 56. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Limones, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.

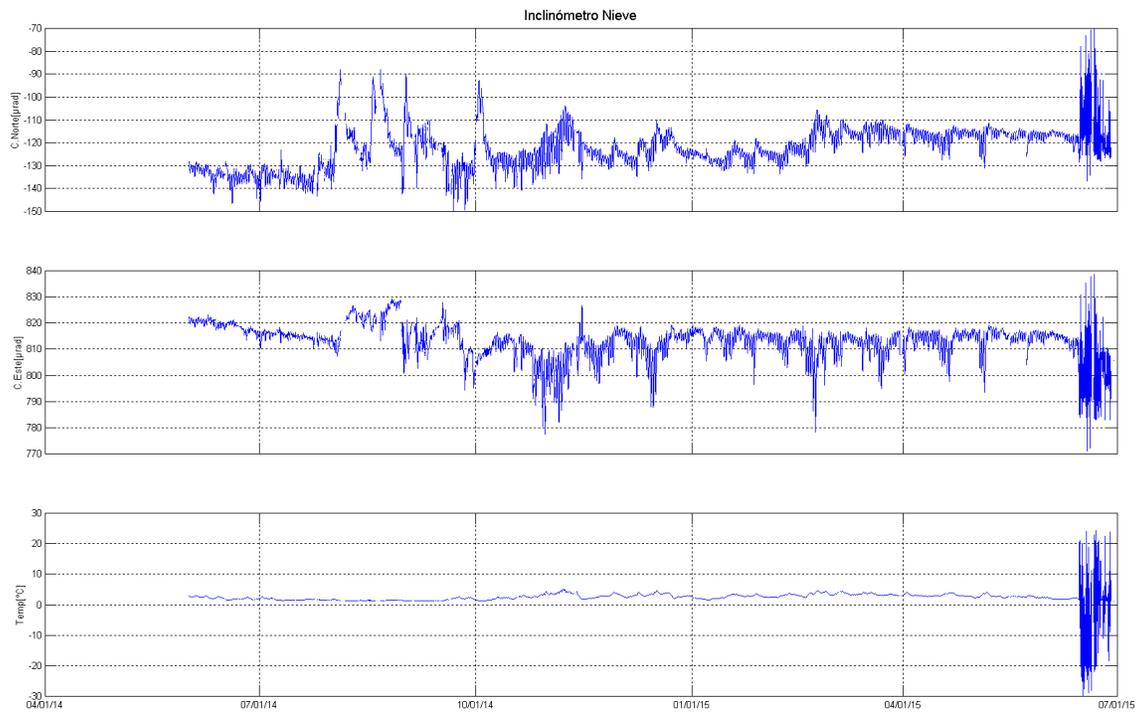


Figura 57. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro electrónico La Nieve, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.

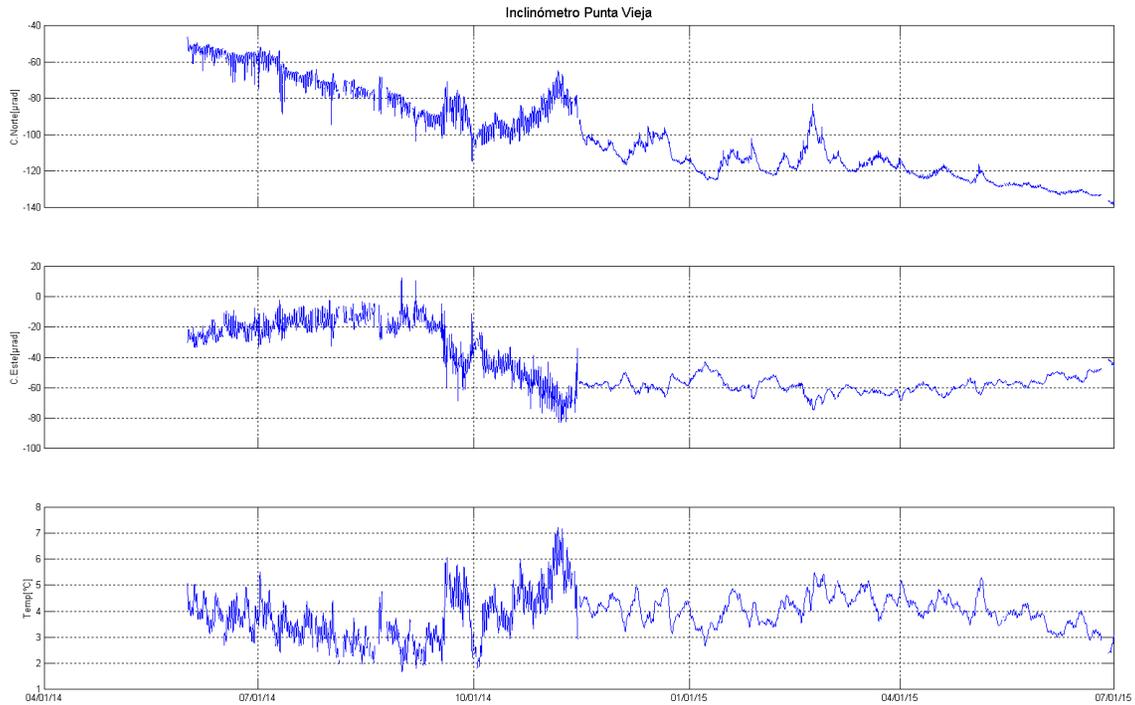


Figura 58. Componentes de inclinación Norte, Este, temperatura del inclinómetro electrónico Punta Vieja, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.

2.4. ACTIVIDAD SUPERFICIAL

Debido a la alta nubosidad imperante en la zona del Complejo Volcánico de Cumbal, fue posible evidenciar emisión de gases tan solo el día 13 de junio de 2015, en horas de la tarde, con alturas de columna y dispersión variables por acción de los vientos (Figura 59).

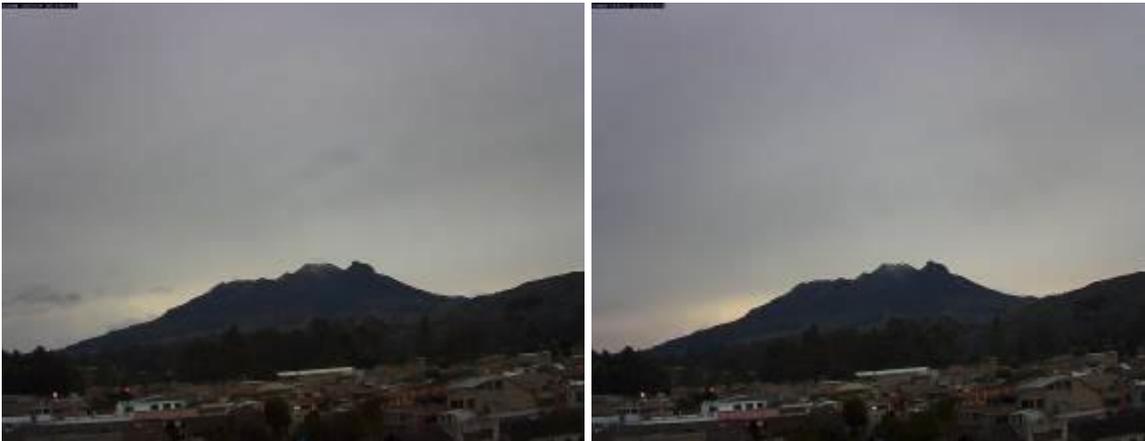


Figura 59. Emisión de gases desde el campo fumarólico El Verde, 13 de junio de 2015, 6:01 y 6:06 de la tarde.

2.5. CONCLUSIONES

- La actividad que viene mostrando Cumbal se caracteriza por fluctuaciones en los niveles de ocurrencia y energía de la sismicidad, y registro eventual de enjambres asociados con procesos predominantemente hidrotermales.

La evaluación del proceso volcánico durante el mes de junio de 2015 permitió, que la actividad del complejo volcánico Cumbal permaneciera en **NIVEL AMARILLO** ■ (III): “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”.

3. ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO JUNIO 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 60).

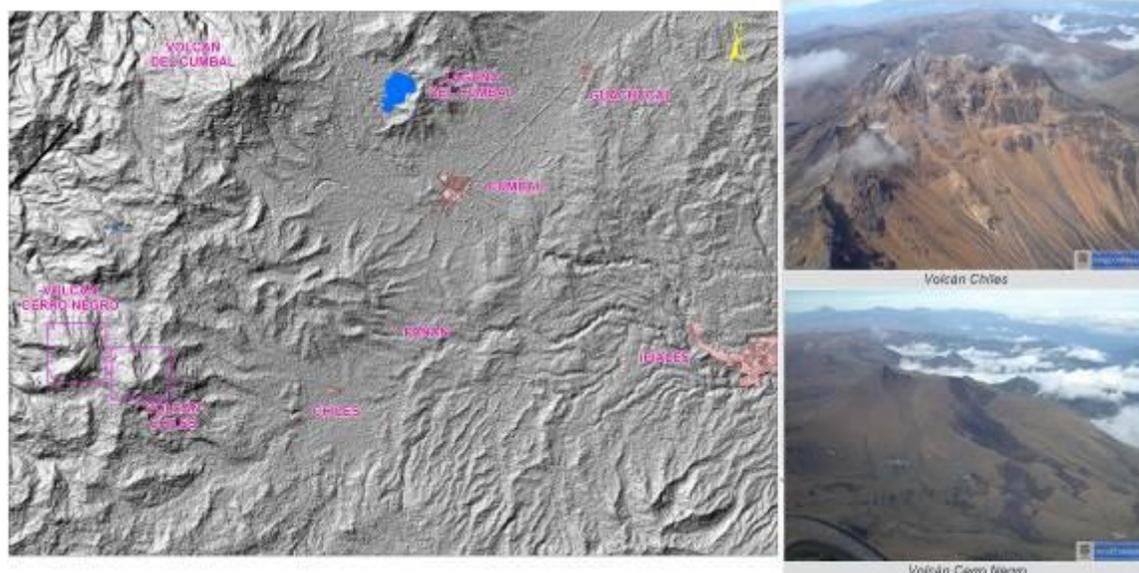


Figura 60. Localización de los volcanes Chiles y Cerro Negro (izquierda) e imágenes de los mismos (derecha).

3.2. RED DE VIGILANCIA

Se resalta que desde el pasado 15 de abril, se adiciono a la red de monitoreo, una estación sísmica de banda ancha (conocida como Termale), ubicada muy próxima a la estación térmica, en el sector de Baño Grande, así la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro está conformada por siete estaciones sísmicas de banda ancha y tres inclinómetros electrónicos (Figura 61, Tabla 18). Una estación permanente telemétrica para el seguimiento de la temperatura en la fuente termal Baño Grande, ubicada en cercanías del cabildo Indígena de Chiles (Figura 61) y una red de muestreo de aguas en fuentes termales y fuentes frías (Figura 61, Tabla 19).

De igual forma se cuenta con un sensor de presión acústica, ubicado en cercanías de la estación sísmica Canguil y una cámara Web instalada en la población de Nazate (Figura 61).

Se resalta que el día domingo 21 de diciembre de 2014 hacia las 8:25 a.m., el sensor sísmico de la estación El Morro registró señales asociadas con pisadas en el sitio de la estación, posteriormente hacia las 8:36 a.m. en sede no se recibe la señal sísmica, únicamente la señal portadora del radio, finalmente a las 8:49 a.m. se pierde totalmente la señal de la estación.

En el periodo evaluado, las estaciones de la red instalada para el monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro tuvieron un funcionamiento promedio del 71% (Figura 62).

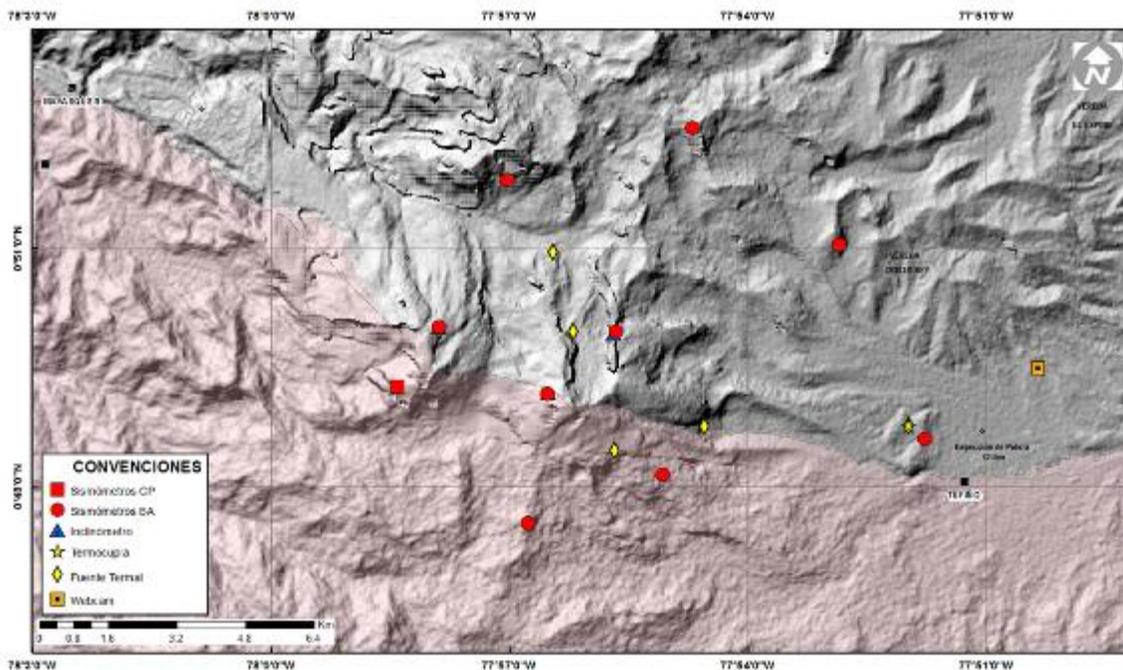


Figura 61. Estaciones sísmicas y de deformación cortical para los volcanes Chiles y Cerro Negro del lado Colombiano.

Tabla 18. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante el mes de junio de 2015.

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

Tabla 19. 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

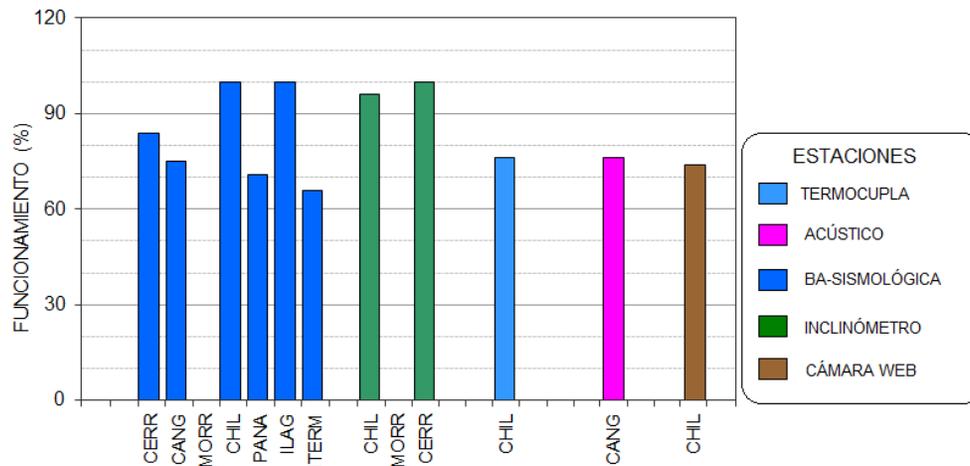


Figura 62. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante el mes de junio de 2015.

3.3. SISMOLOGÍA

Tomando en cuenta el periodo desde que se inició la vigilancia instrumental de la actividad volcánica en la zona de influencia de Chiles y Cerro Negro con la instalación permanente de instrumentación especializada en noviembre 5 de 2013, hasta el 30 de junio de 2015, se han registrado en total 537.071 sismos, la gran mayoría presentados en el periodo de mayor sismicidad, que va desde septiembre 29 de 2014 hasta abril 30 de 2015 con 432.560 sismos, en los últimos meses se nota la clara tendencia descendente con algunas fluctuaciones en la ocurrencia sísmica diaria (Figura 63).

La sismicidad en el mes de junio de 2015 disminuyó cerca del 30% del número registrado en mayo, pasando de 3123 a 2176 sismos, todos ellos asociados con fractura de roca (VT) (Tabla 20, Figura 64). Se resalta el día 14 de junio por la ocurrencia de 878 sismos.

Tabla 20. Número de eventos volcánicos por tipo para el complejo volcánico de Chiles – Cerro Negro registrados entre marzo y junio de 2015, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo				
	vt	lps	tre	hyb	TOTAL
01-mar-15 a 31-mar-15	12584	0	0	0	12584
01-abr-15 a 30-abr-15	7692	0	0	0	7692
01-may-15 a 31-may-15	3123	0	0	0	3123
01-jun-15 a 30-jun-15	2176	0	0	0	2176

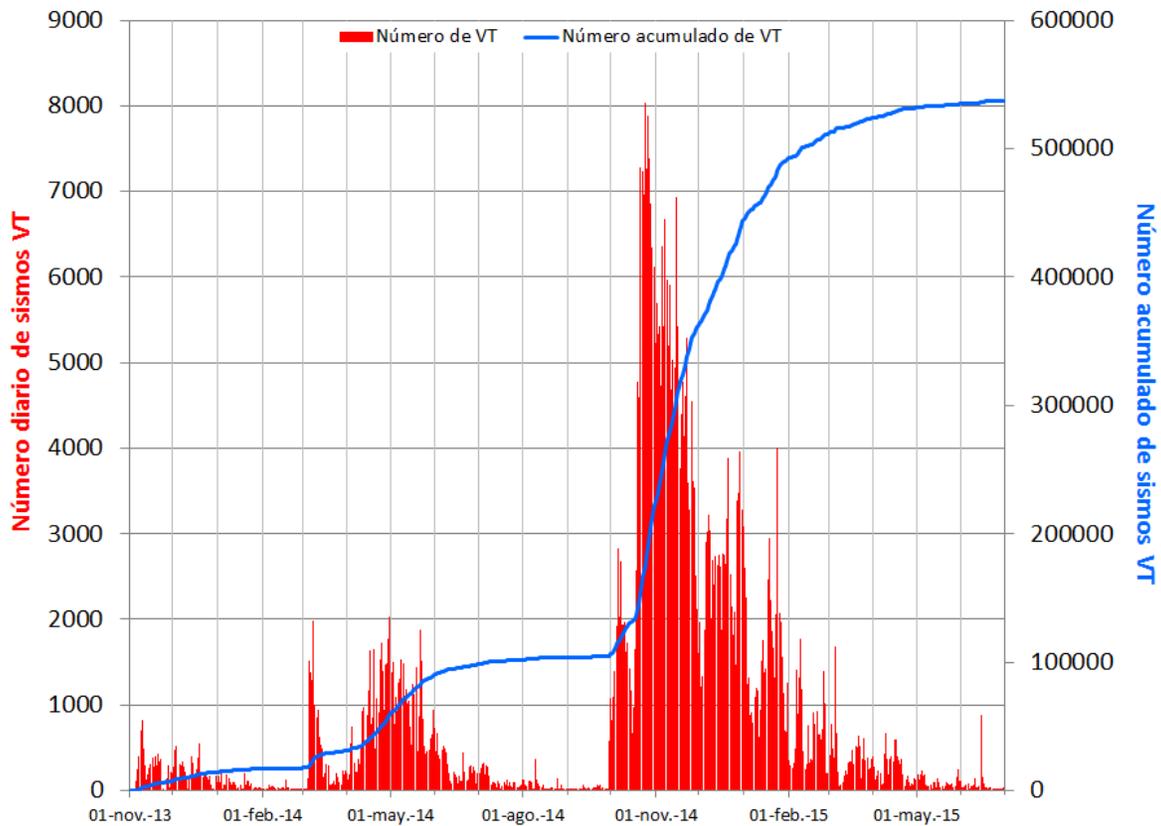


Figura 63. Número diario y acumulado de sismos VT, ocurridos en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro entre noviembre 1 de 2013 y junio 30 de 2015.

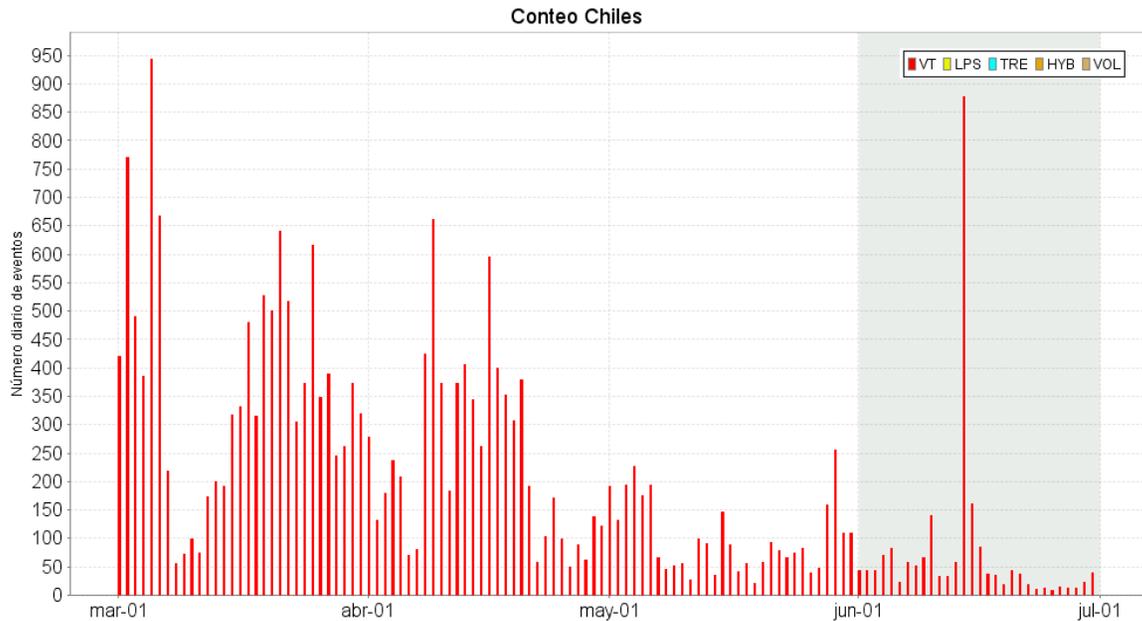


Figura 64. Número diario de sismos VT, ocurridos en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro entre los meses de marzo y junio de 2015.

En junio fue posible obtener una solución de localización para 166 sismos VT, la gran mayoría ubicados en distancias entre 0.2 y 9 km al suroccidente del volcán Chiles (Figura 65). Las profundidades de los sismos oscilaron entre 1 y 8.4 km, de los cuales 136 menores a 5 km. En general, la magnitud local de los sismos localizados de Chiles – Cerro Negro fluctuó entre -0.2 y 3.3 en la escala de Richter, haciendo una selección por magnitud local se tiene que 80 sismos (48.2%) mostró magnitud local menor de 1, 71 sismos (42.8%) mostró magnitud local mayor de 1 y menor de 2 grados y 15 sismos (9%) mostraron magnitud local entre 2 y 3.3 en la escala de Richter. Ningún sismo se reportó sentido.

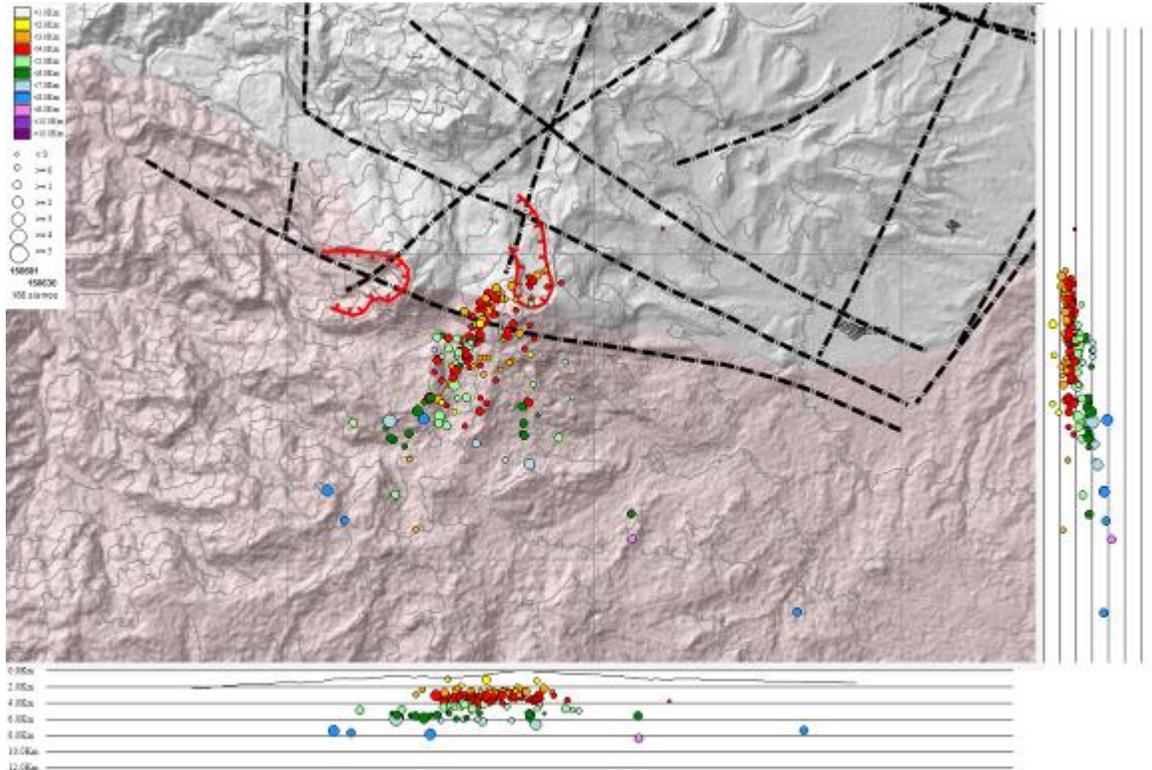


Figura 65. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura (VT) registrados en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro, en junio de 2015, en los cortes N-S (derecha) y E-W (abajo) cada línea representa 2 km de profundidad.

La energía liberada se ha estimado con base en la magnitud de los sismos, con lo cual, teniendo en cuenta el periodo desde el inicio de la vigilancia instrumental de la actividad en noviembre 5 de 2013 y el 30 de junio de 2015 se tiene un valor total de energía liberada de $1,048 \times 10^{20}$ ergios, para el periodo entre el 29 de septiembre de 2014 y el 30 de junio de 2015 se tiene un valor de energía de $9,8 \times 10^{19}$ ergios y para el mes de junio de 2015 se tiene una energía total liberada de 1.1×10^{16} ergios (Figura 66).

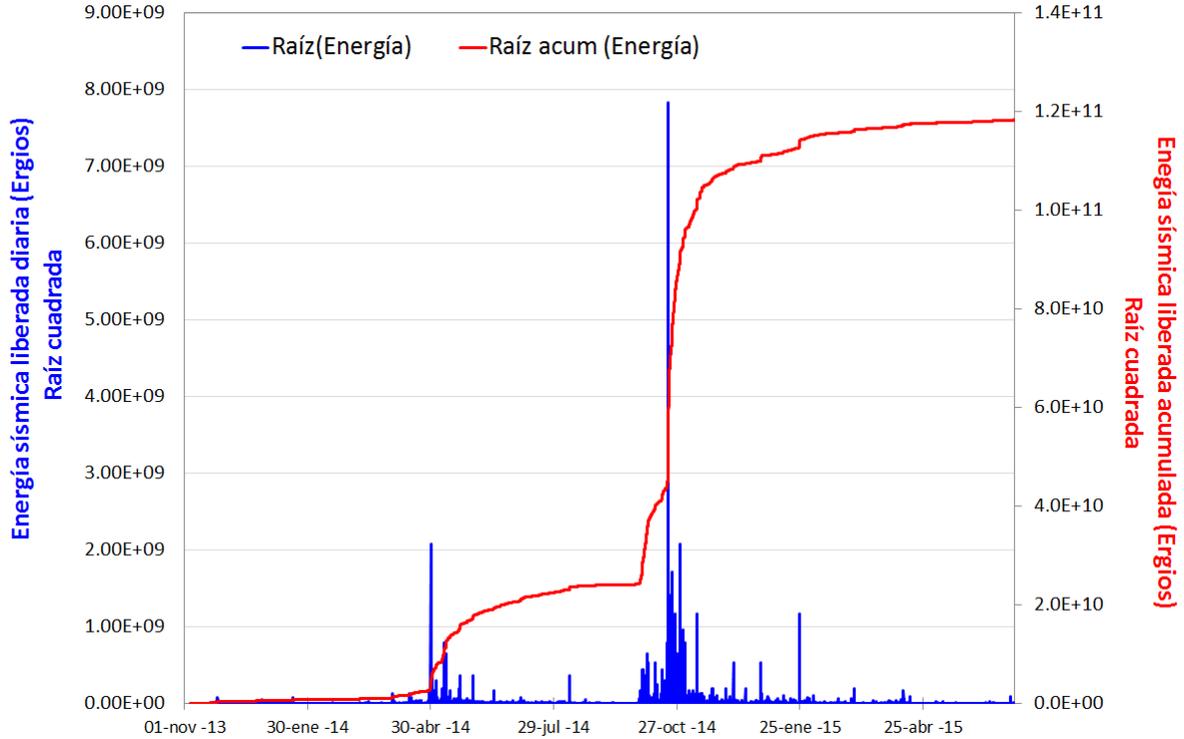


Figura 66. Energía diaria y energía acumulada, calculada a partir de la magnitud de los sismos VT ocurridos en Chile – Cerro Negro entre el 1 de noviembre de 2013 y el 30 de junio de 2015. La energía diaria se expresa en términos de su raíz cuadrada, al igual que la energía acumulada.

3.4. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA

Las tendencias se reportan para el periodo posterior al cambio brusco presentado en los sensores de medición de la deformación en superficie del edificio volcánico (octubre 20 de 2014, sismo Mw 5,6). Para el inclinómetro de Chiles se observa estabilidad en sus registros, tanto en la componente de inclinación Norte, como en la Este (Figura 67).

El inclinómetro Cneg2 paralelo al inclinómetro Cerro Negro (sensor ubicado a 6m del otro inclinómetro), siguió mostrando el comportamiento ascendente en la componente de inclinación Este, acumulando cerca de 580 μ rad desde el 20 de agosto de 2014; por su parte la componente Norte muestra estabilidad en su registro (Figura 68).

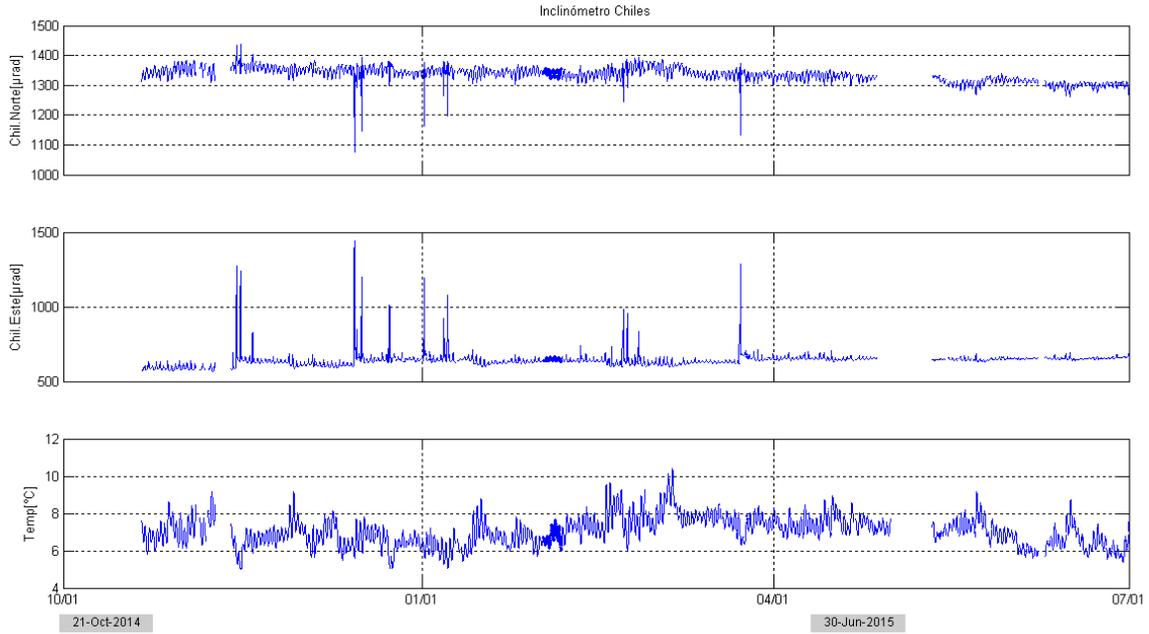


Figura 67. Componentes de inclinación Norte y Este, y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Chiles, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 21 de octubre de 2014 y el 30 de junio de 2015.

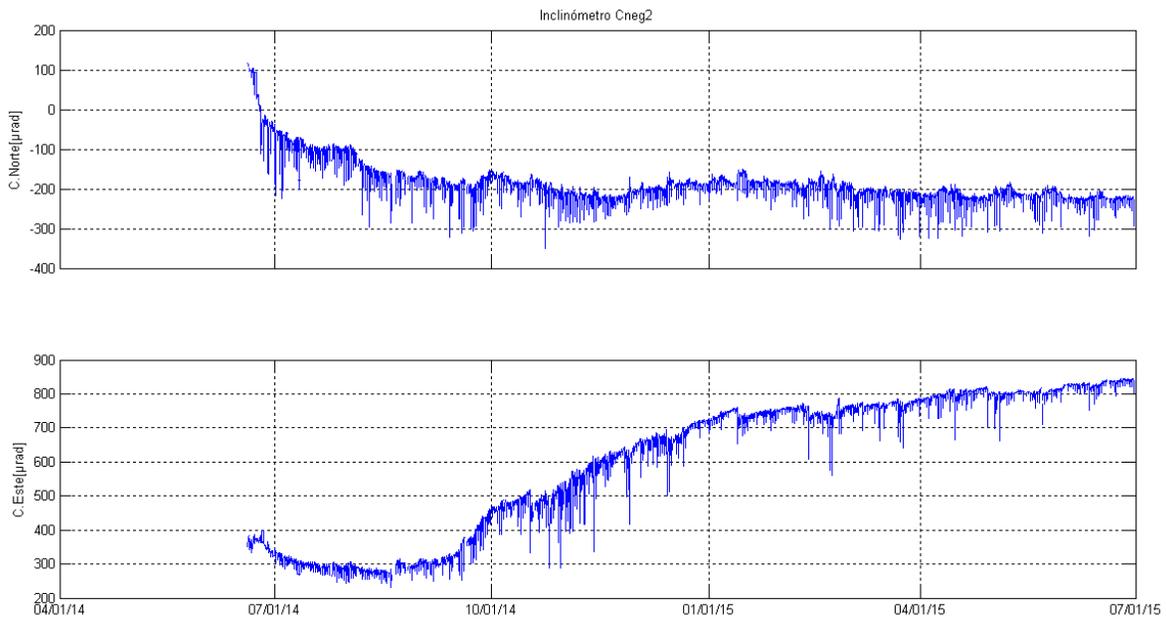


Figura 68. Componentes de inclinación Norte y Este, del inclinómetro electrónico Cerro Negro paralelo Cneg2, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.

3.5. GEOQUÍMICA

3.5.1. Muestreo de aguas en fuentes termales - Volcán Chiles

El volcán Chiles cuenta con una red actual de monitoreo de 8 fuentes termales (FT), entre las que se encuentran: FT Baño Grande (A), FT Aguas Hediondas (B), FT Lagunas Verdes (C), FT Río Blanco (D), FT el Hondón (E), FT Bañeario (F), FT La Calera (G), FT El Infiernillo (H), (Tabla 19). Los parámetros fisicoquímicos y muestras para análisis permitirán su caracterización y comprensión desde el punto de vista geoquímico para este complejo volcánico.

En la Figura 69 se presentan las variaciones de pH (indica la acidez o basicidad del agua), en el cual se evidencia estabilidad en la acidez de sus aguas desde agosto de 2014 hasta junio de 2015, en comparación con el cambio presentado en mayo de 2014, sólo se presenta un pequeño incremento en la fuente termal Aguas Hediondas para el 3 de junio de 2015. Así, el manantial con más acidez es para la que recibe el nombre de Lagunas Verdes, seguida de Aguas Hediondas y Río Blanco; las demás fuentes termales presentan pH casi neutro. Lo anterior debido a su naturaleza química en la que la acidez para el caso de manantiales de origen volcánico se ve influenciada por la cantidad de sulfatos u otros componentes propios del sistema.

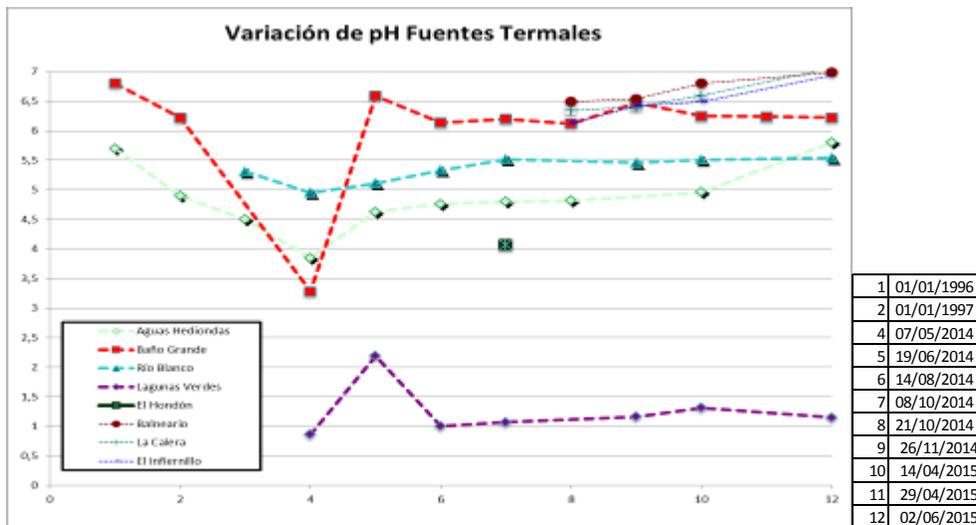


Figura 69. Comportamiento del pH de las FT Volcán Chiles - junio de 2015.

Con respecto a la temperatura, se observa que no hay cambios relevantes desde septiembre de 2014 a junio de 2015 (Figura 70). Los manantiales termales de la zona de influencia del volcán Chiles, se encuentran entre las llamadas aguas hipotermales (Lagunas Verdes, Río Blanco), aguas mesotermales (El Infiernillo, Baño Grande, Bañeario, La Calera) y aguas hipotermales (Aguas Hediondas).

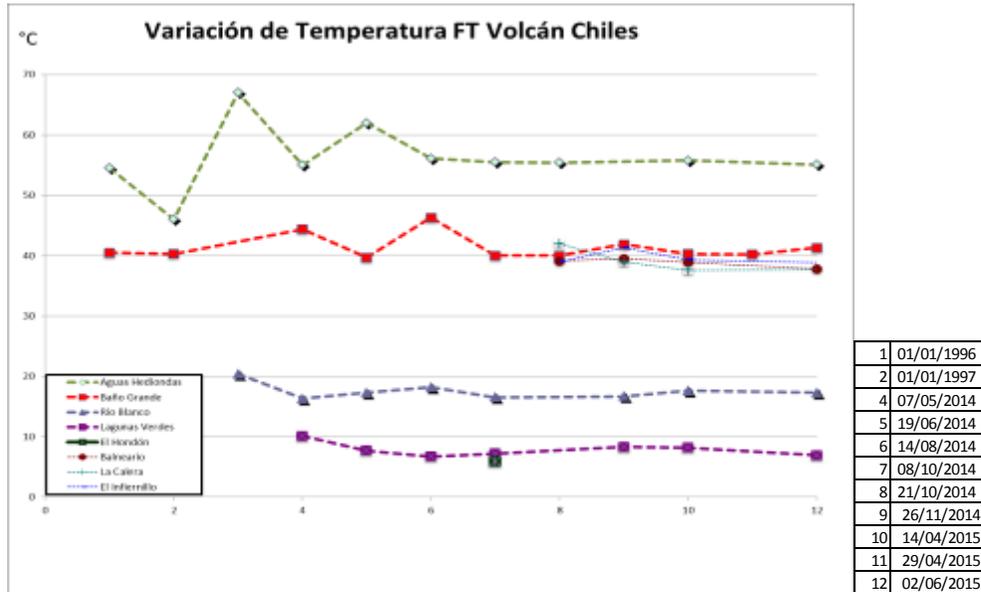


Figura 70. Variación de temperatura de las FT Volcán Chiles – junio de 2015.

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

- **Fuente termal Baño Grande**

Tipo de surgencia: manantial termal.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra para el mes de junio entre los 35 y 45°C, por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como mesotermal. Presenta una conductividad eléctrica de 1,6mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio (Figura 71).

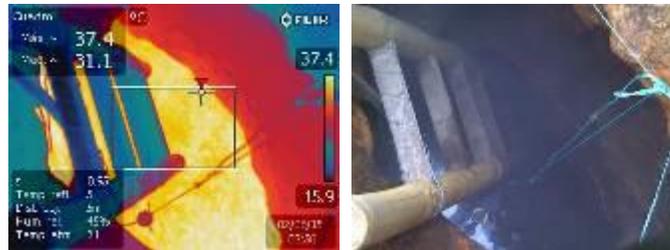


Figura 71. Imagen térmica FT Baño Grande junio 2015.

- **Fuente termal Balneario**

Tipo de surgencia: manantial termal.

Área termal: puede ser clasificada según su temperatura como mesotermal. Presenta una conductividad eléctrica de 1,6mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio (Figura 72).

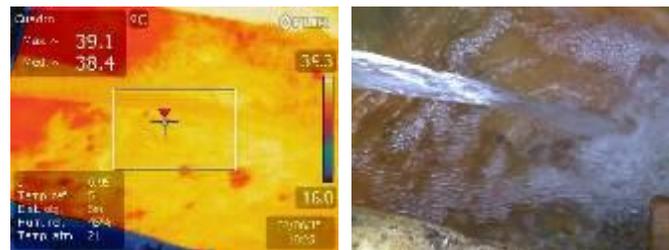


Figura 72. Imagen térmica FT Balneario junio 2015.

- Fuente termal La Calera

Tipo de surgencia: manantial termal.

Área termal: puede ser clasificada según su temperatura como mesotermal. Presenta una conductividad eléctrica de 1,58mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio (Figura 73).

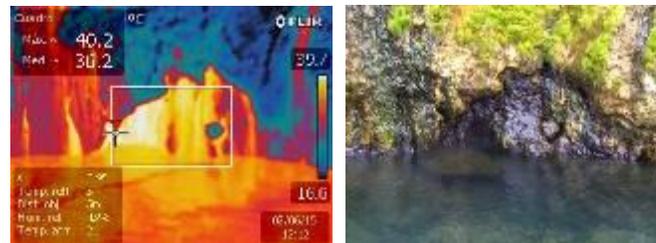


Figura 73. Imagen térmica FT La Calera junio 2015.

- Fuente termal El Infiernillo

Tipo de surgencia: manantial termal.

Área termal: puede ser clasificada según su temperatura como mesotermal. Presenta una conductividad eléctrica de 1,7mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio (Figura 74).

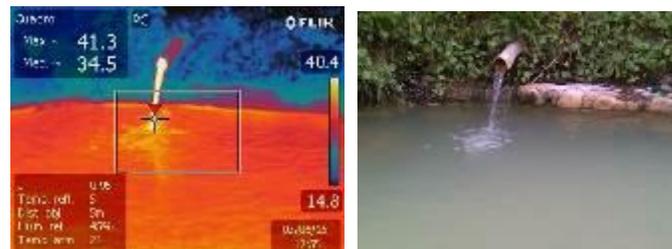


Figura 74. Imagen térmica FT El Infiernillo junio 2015.

- **Fuente termal Rio Blanco**

Tipo de surgencia: manantial termal.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal es menor a los 20°C. Presenta una conductividad eléctrica de 1,5mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio (Figura 75).

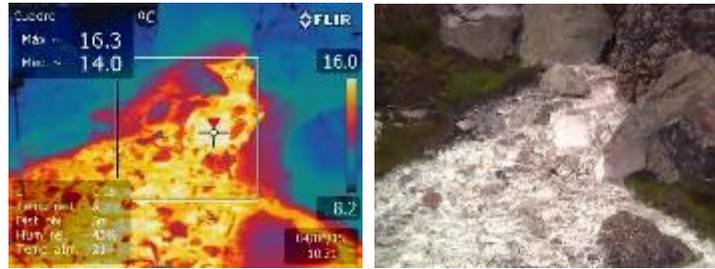


Figura 75. Imagen térmica FT Rio Blanco junio 2015.

- **Fuente termal Aguas Hediondas**

Tipo de surgencia: manantial termal.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra en el rango entre 45°C y 100°C, por lo que se puede considerar como un agua hipertermal. Presenta una conductividad eléctrica de 1,9mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio (Figura 76).

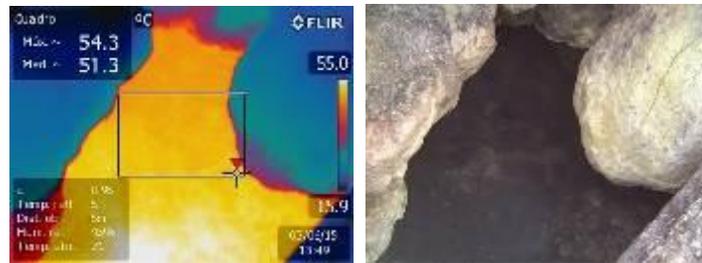


Figura 76. Imagen térmica FT Aguas Hediondas junio 2015.

- **Fuente termal Lagunas Verdes**

Tipo de surgencia: manantial termal.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal es menor a los 20°C. Presenta una conductividad eléctrica de 44,99mS/cm (25°C), que refleja la presencia de abundantes sales solubles en el medio (Figura 77).

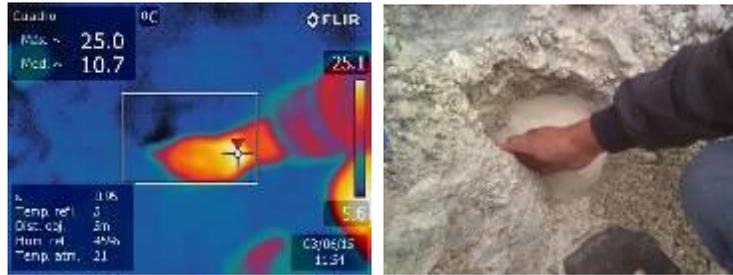


Figura 77. Imagen térmica FT Lagunas Verdes junio 2015.

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, se debe tener en cuenta que durante este mes no fue posible realizar el muestreo de la FT El Hondón; y se tomaron dos mediciones en la FT Baño Grande, gracias a una visita de campo para realizar la re-instalación de la termocupla ubicada en este punto.

La conductividad eléctrica de la mayoría de los manantiales termales es baja, lo que significa que existen pocas sales disueltas en estas aguas, éstas se encuentran entre valores de 1 a 2 mS/cm, sin embargo como puede observarse en la Figura 78, el manantial Lagunas Verdes presenta una alta conductividad eléctrica en comparación con los demás manantiales.

El manantial Lagunas Verdes, no es propiamente una fuente de origen volcánico, sin embargo el grupo técnico del área de geoquímica decide realizar seguimiento y monitoreo a estas aguas debido a su composición química que al parecer se ve afectada por su ubicación en las antiguas fumarolas pertenecientes al volcán Chiles y se ve reflejada en la conductividad, en la cantidad de sales solubles en ella, puede deberse como tal al arrastre de minerales durante su camino a la superficie apoyada en su alta acidez que favorece este proceso.

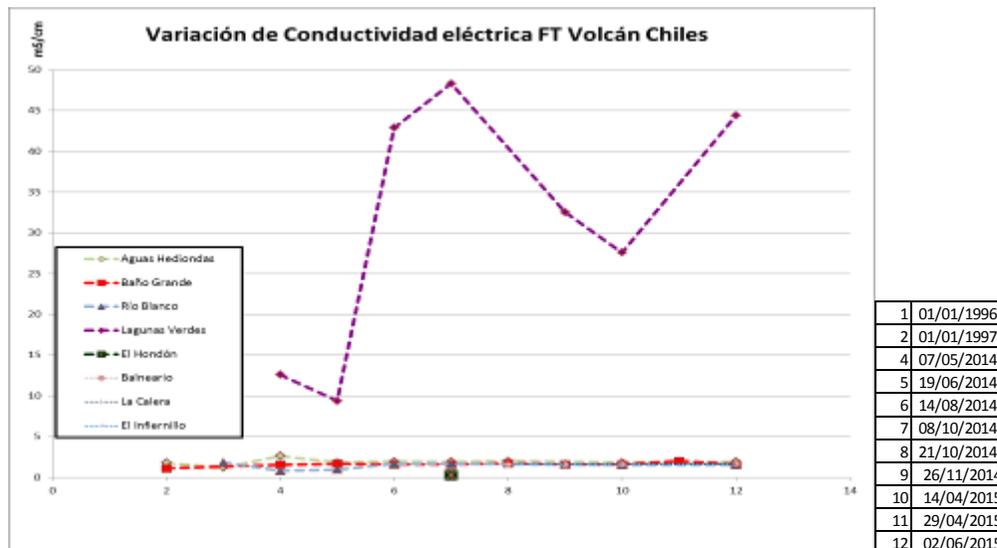


Figura 78. Comportamiento de la Conductividad Eléctrica de las FT Volcán Chiles junio de 2015.

3.5.2. Registro de temperatura – Estación Térmica Chiles

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 de la fuente termal donde se realizan los muestreos periódicos, 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 de 2015.

En la Figura 79, 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), con un promedio de 42,9°C (Tabla 21). 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.

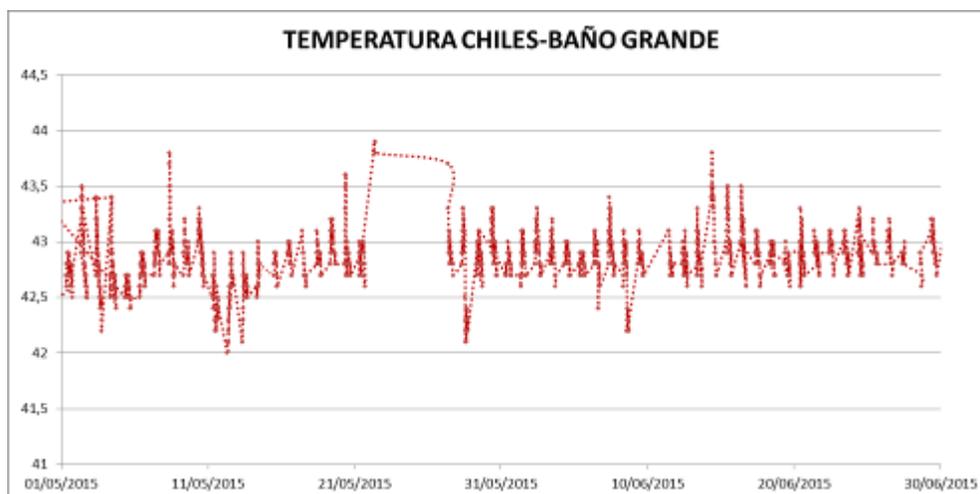


Figura 79. Variación de temperatura FT Baño Grande perteneciente a la zona de influencia del Volcán Chiles – junio 2015.

Tabla 1. Valores de temperatura filtrados en FT Baño Grande en el área de influencia del volcán Chiles – junio 2015.

VALOR	Temp. (°C)
Mínimo	42,2
Máximo	43,8
Promedio	42,9

3.6. ACTIVIDAD SUPERFICIAL

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

3.7. CONCLUSIONES

- Aunque la sismicidad ha venido mostrando una disminución gradual, se mantienen valores altos de ocurrencia, asociados con una posible intrusión de magma en profundidad y que se reitera, no se ha manifestado aún en superficie, por lo cual el sistema volcánico está lejos de retornar a un estado de equilibrio.

La evaluación del proceso volcánico durante el mes de junio 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. ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES LAS ÁNIMAS, DOÑA JUANA Y AZUFRAL – JUNIO DE 2015

El Servicio Geológico Colombiano ha venido monitoreando de manera permanente la actividad de otros volcanes activos de Nariño, como son Doña Juana, Azufral y Las Ánimas (Figura 80), en busca de estimar un nivel base de actividad, hacer seguimiento de sus manifestaciones y en caso necesario, poder establecer situaciones anómalas y la posibilidad de ocurrencia de eventos eruptivos.

La información obtenida por los diferentes métodos de vigilancia, se viene analizando de manera permanente con el fin de obtener un conocimiento del fenómeno volcánico e identificar oportunamente un posible cambio en la actividad y realizar el diagnóstico del nivel de actividad.

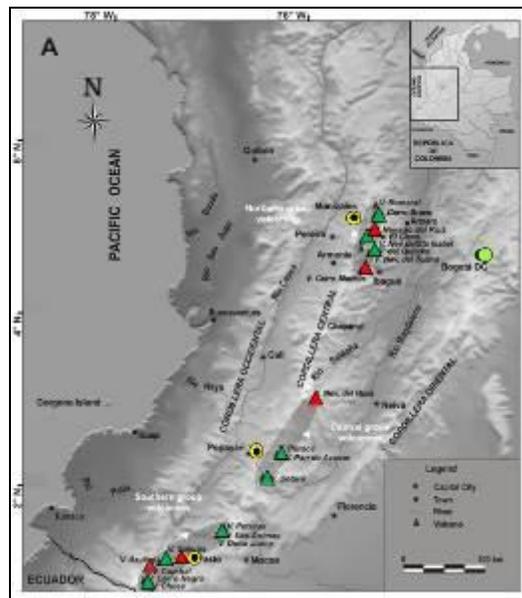


Figura 80. Imagen de la localización de las tres provincias volcánicas de Colombia, se observa en el sur a Galeras, Doña Juana, Azufral, Cumbal, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro, monitoreados por el OVSP - SGC.

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 81).

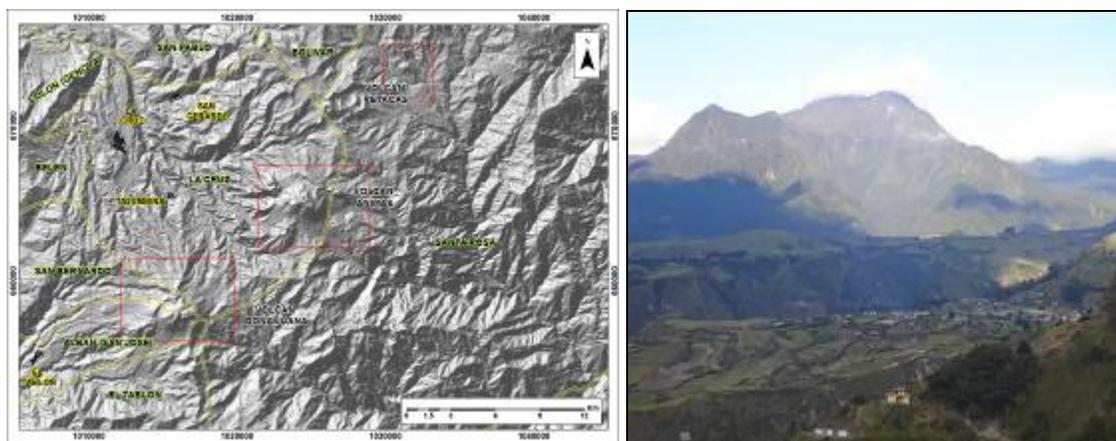


Figura 81. Localización del volcán Las Ánimas (izquierda) e imagen del costado occidental del volcán (derecha).

4.1.2. Red de vigilancia

Actualmente la red de monitoreo del volcán Las Ánimas está conformada por tres estaciones sísmicas y dos inclinómetros electrónicos localizados en los puntos Altamira, Petroglifo y El Troje sobre su costado occidental (Tabla 22, Figura 82). Es de resaltar que la estación Altamira (sísmica y de deformación), se encuentra ubicada en los límites de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas.

Tabla 22. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Las Ánimas durante el mes de junio 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

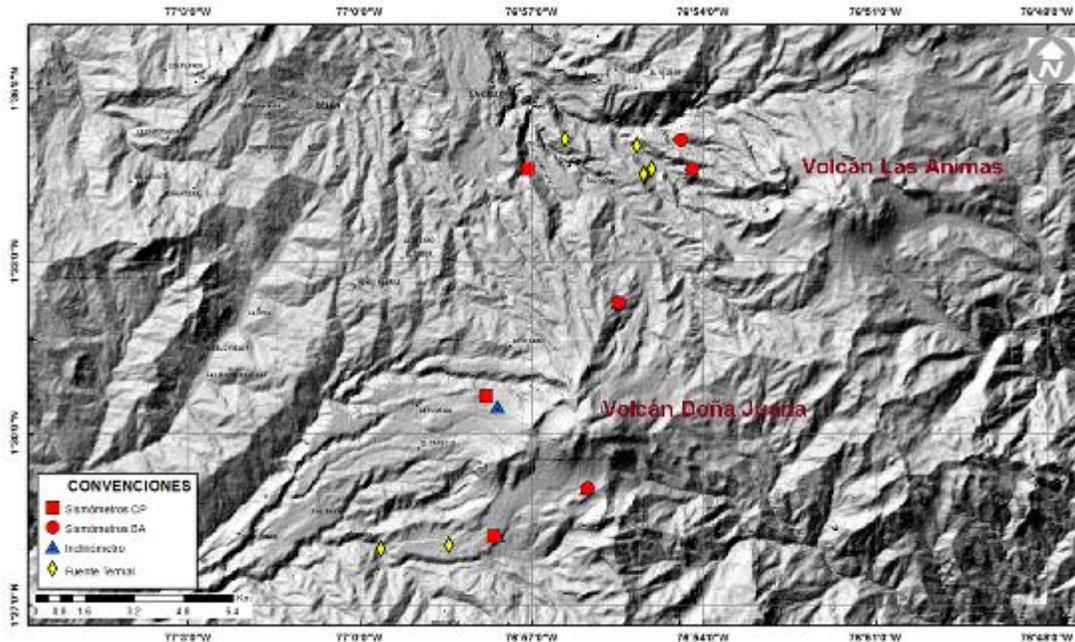


Figura 82. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante el mes de junio de 2015.

En el periodo evaluado, la red de estaciones instaladas para el monitoreo del volcán Las Ánimas presentó un funcionamiento promedio del 91%, no se alcanzó un 100% debido a problemas de radio enlace (Figura 83).

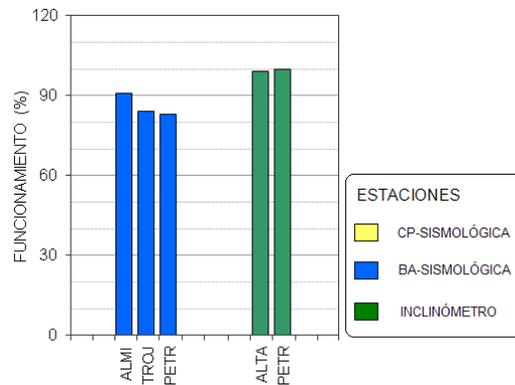


Figura 83. Porcentaje de funcionamiento de las estaciones de la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante junio de 2015.

4.1.3. Sismología

La sismicidad en la zona de influencia del volcán Las Ánimas permaneció en niveles muy bajos, en junio se registraron tres sismos asociados con fractura de roca (VT), los cuales se localizaron de manera dispersa, las profundidades oscilaron entre 3.4 y 10 km y las magnitudes fluctuaron entre 0.7 y 2.1 en la escala de Richter (Tabla 23, Figura 84).

Tabla 23. Número de eventos volcánicos por tipo para el volcán Las Ánimas registrados entre marzo y junio de 2015, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo				
	vt	lps	tre	hyb	TOTAL
01-mar-15 a 31-mar-15	5	0	0	0	5
01-abr-15 a 30-abr-15	1	0	0	0	1
01-may-15 a 31-may-15	3	0	0	0	3
01-jun-15 a 30-jun-15	3	0	0	0	3

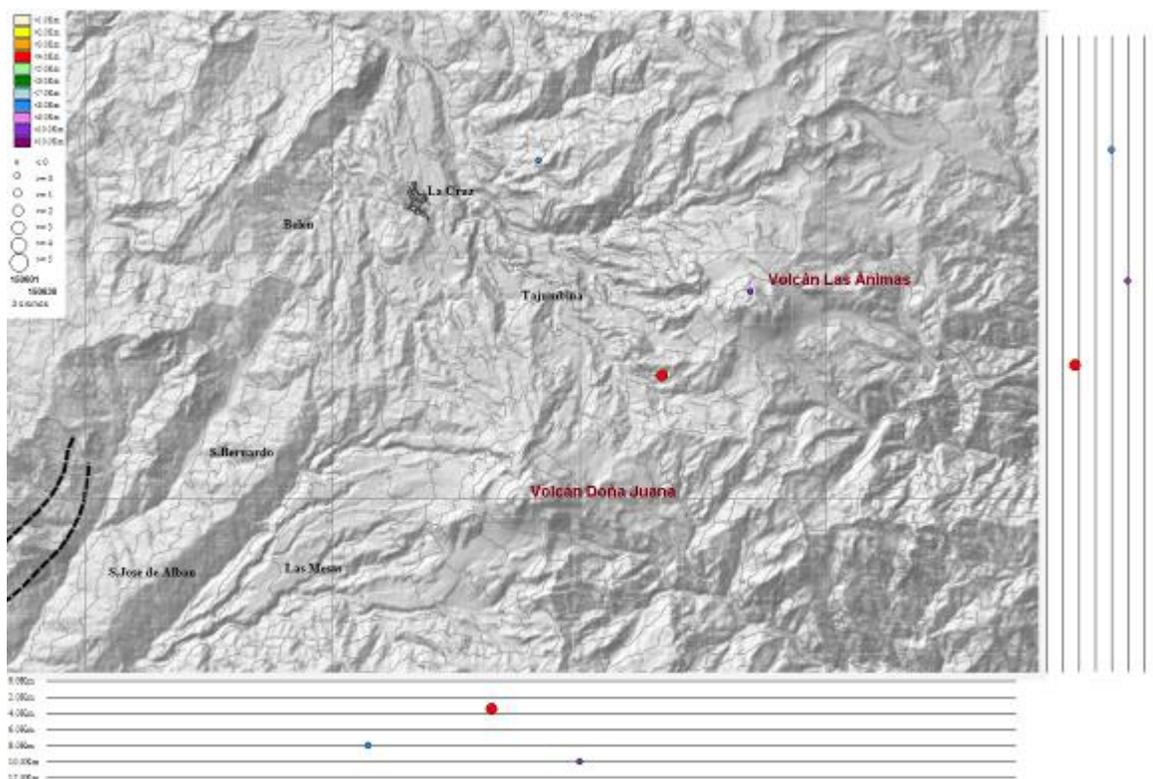


Figura 84. Localización epicentral e hipocentral de los sismos registrados en Las Ánimas, en el mes de junio de 2015, en los cortes N-S (derecha) y E-W (abajo) cada línea representa 2 km de profundidad.

4.1.4. Deformación Volcánica

Respecto a los cambios registrados por las estaciones de Inclínometría, continua el comportamiento ascendente en la componente Norte del inclinómetro Altamira, alcanzando desde el 26 de septiembre de 2014, una variación de 105 μ rad, mientras que su componente de inclinación Este muestra estabilidad desde el 25 de febrero de 2015 (Figura 85). En cuanto al inclinómetro Petroglifo, no se observan cambios para el periodo evaluado, las variaciones presentes, son similares a las reportadas por el sensor de la temperatura (Figura 86).

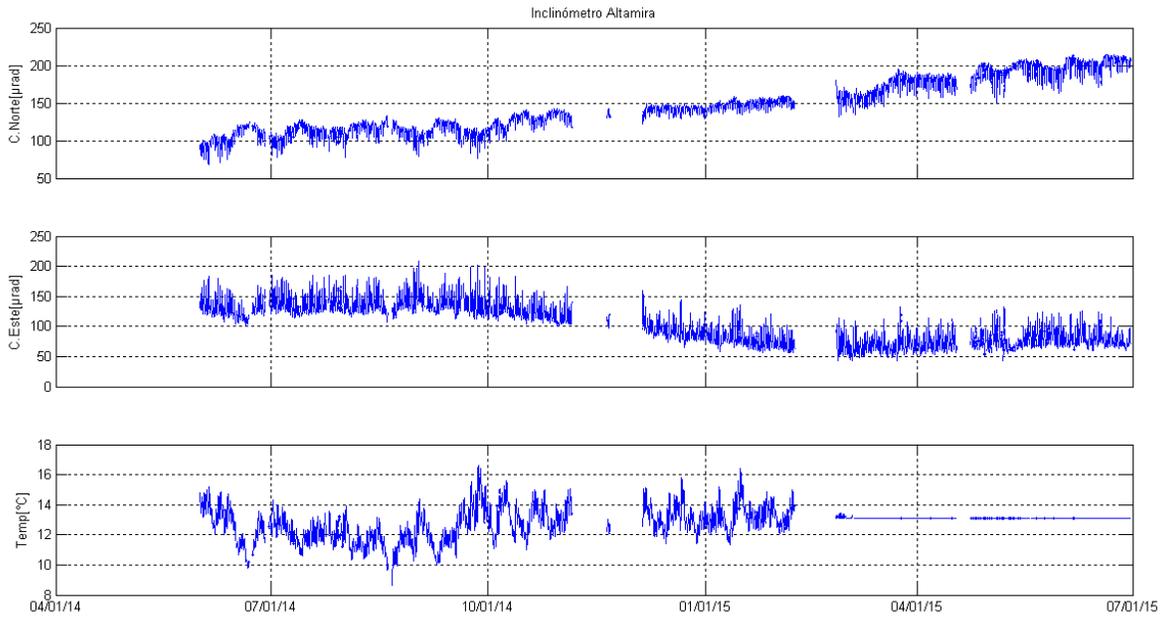


Figura 85. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Altamira, instalado en el límite entre los volcanes Doña Juana y Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.

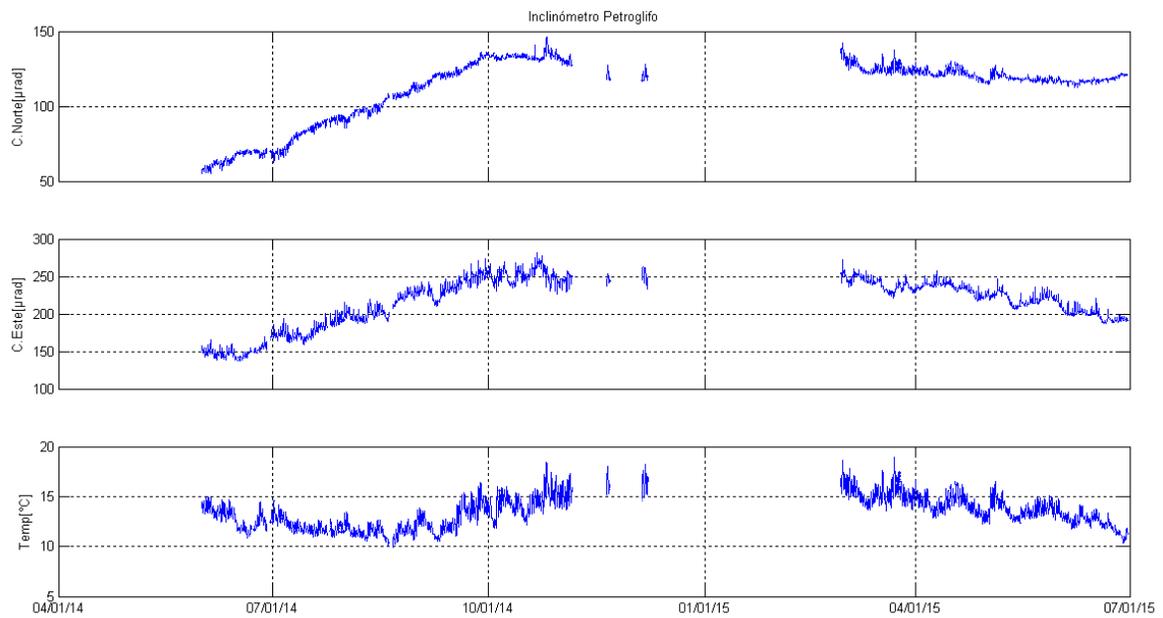


Figura 86. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Petroglifo, instalado en el volcán Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.

4.1.5. Actividad Superficial

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

4.1.6. Conclusiones

La evaluación de la actividad volcánica de Las Ánimas durante el mes de junio de 2015 permitió establecer el **NIVEL VERDE** (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”.

4.2. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN DOÑA JUANA

4.2.1. Red de vigilancia

La red de vigilancia del volcán Doña Juana consta de dos estaciones de corto periodo y una de banda ancha para monitorear sismicidad y tres estaciones para monitorear la deformación cortical del edificio volcánico, adicionalmente se cuenta con la señal digital de la estación La Cruz, que pertenece a la Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC) (Figura 87, Tabla 24). Para el mes de junio de 2015 las estaciones presentaron un funcionamiento del 75% (Figura 88). La estación sísmica Lavas presentó problemas en el sistema de adquisición.

Tabla 24. Estaciones que conforman la red de vigilancia del volcán Doña Juana.

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

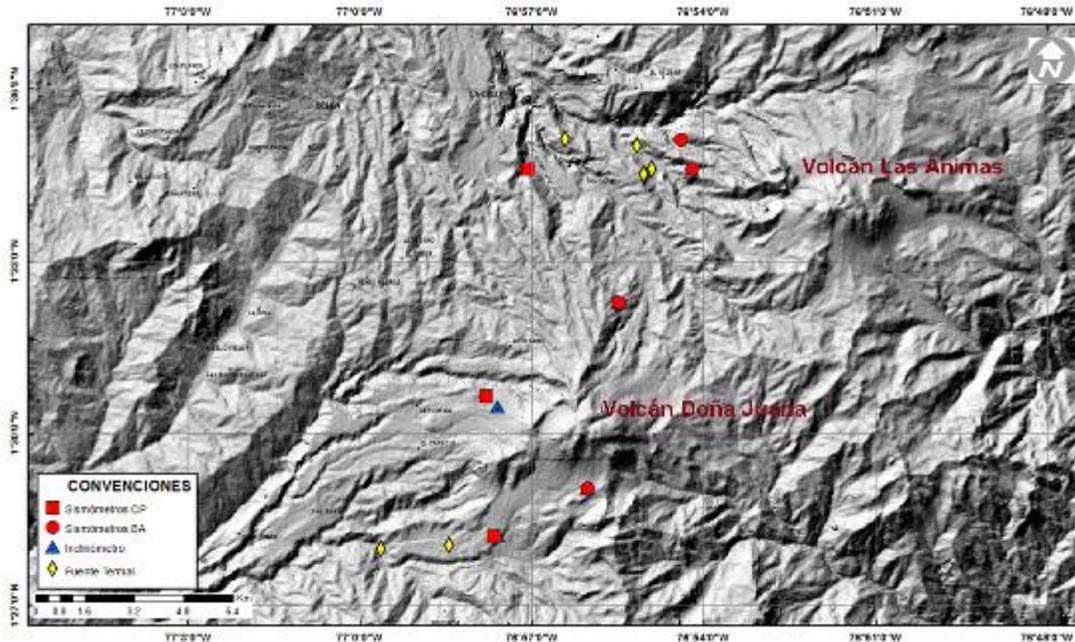


Figura 87. Mapa de localización de las estaciones que conforman la red de monitoreo del volcán Doña Juana.

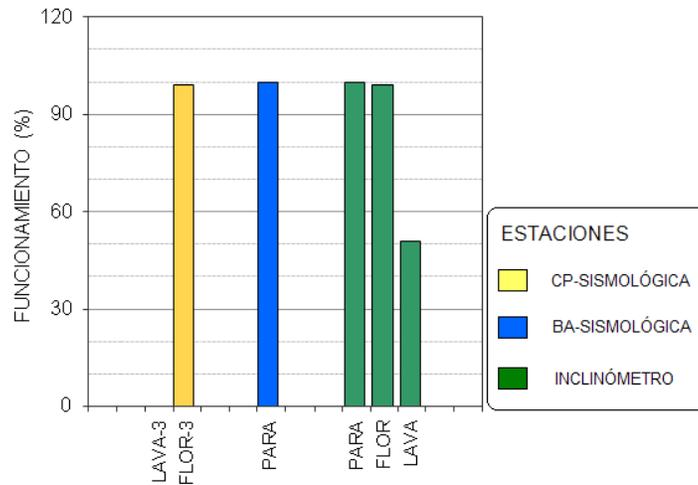


Figura 88. Funcionamiento de las estaciones de la red de monitoreo del volcán Doña Juana en junio de 2015.

4.2.2. Sismología

En el periodo evaluado se tuvo registro de un evento, asociado a fractura de roca – VT (Tabla 25, Figura 89), el cual se localizó hacia el sector suroriente del volcán Doña Juana, a 10 km de profundidad y magnitud local de 0.7 en la escala de Richter (Figura 90).

Tabla 25. Número de eventos volcánicos por tipo para el volcán Doña Juana registrados entre marzo y junio de 2015, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo				
	vt	lps	tre	hyb	TOTAL
01-mar-15 a 31-mar-15	0	0	0	0	0
01-abr-15 a 30-abr-15	2	0	0	0	2
01-may-15 a 31-may-15	0	0	0	0	0
01-jun-15 a 30-jun-15	1	0	0	0	1

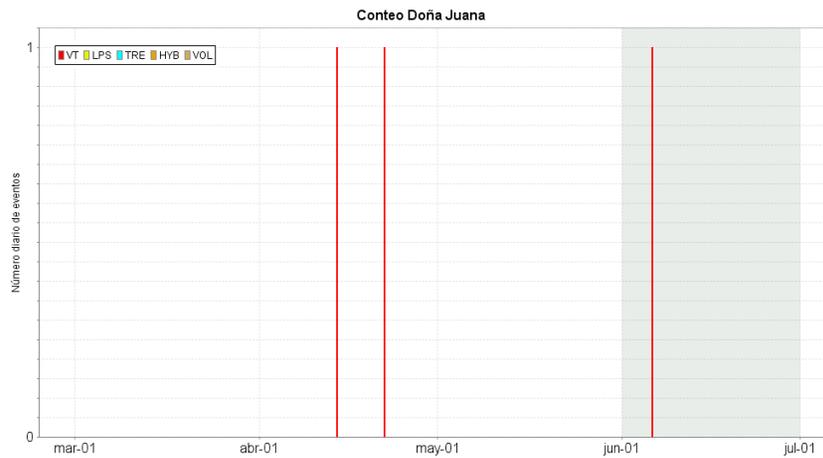


Figura 89. Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para los meses entre marzo y junio de 2015 para el volcán Doña Juana.

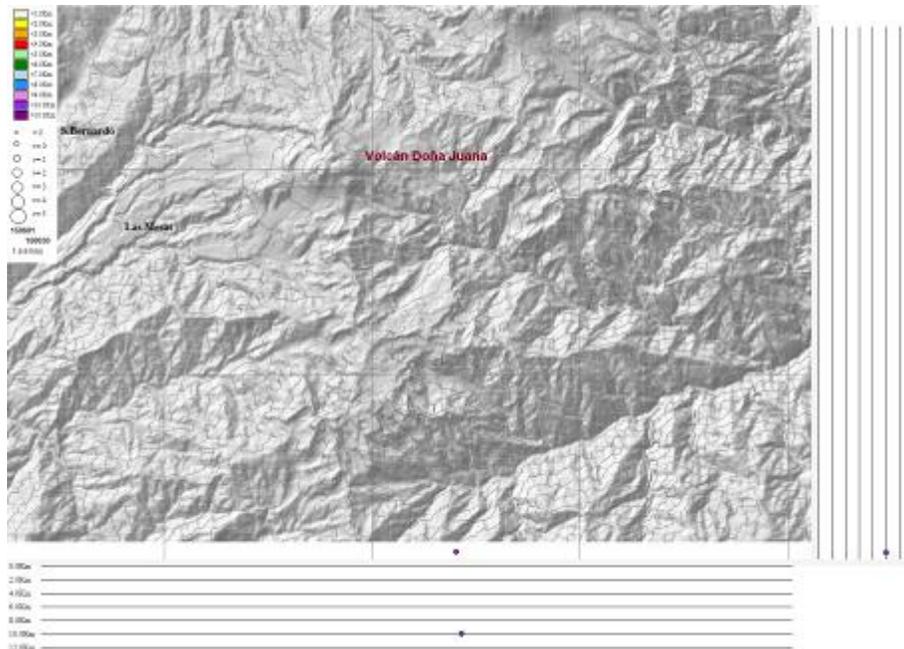


Figura 90. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT registrados entre el 1 y el 30 de junio de 2015. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2 km de profundidad.

4.2.3. Deformación Volcánica

Desde el cambio de sensor en la estación Páramo (abril 21), se observa un comportamiento ascendente en las componentes de inclinación Norte y Este, registrando 372 y 912 μrad respectivamente (Figura 91).

Con respecto al comportamiento de las componentes de inclinación del inclinómetro Florida, para el periodo evaluado se observa estabilidad en el registro (Figura 92).

De igual forma para el periodo evaluado se observó estabilidad en el registro de las componentes de inclinación de la estación Lavas (Figura 93).

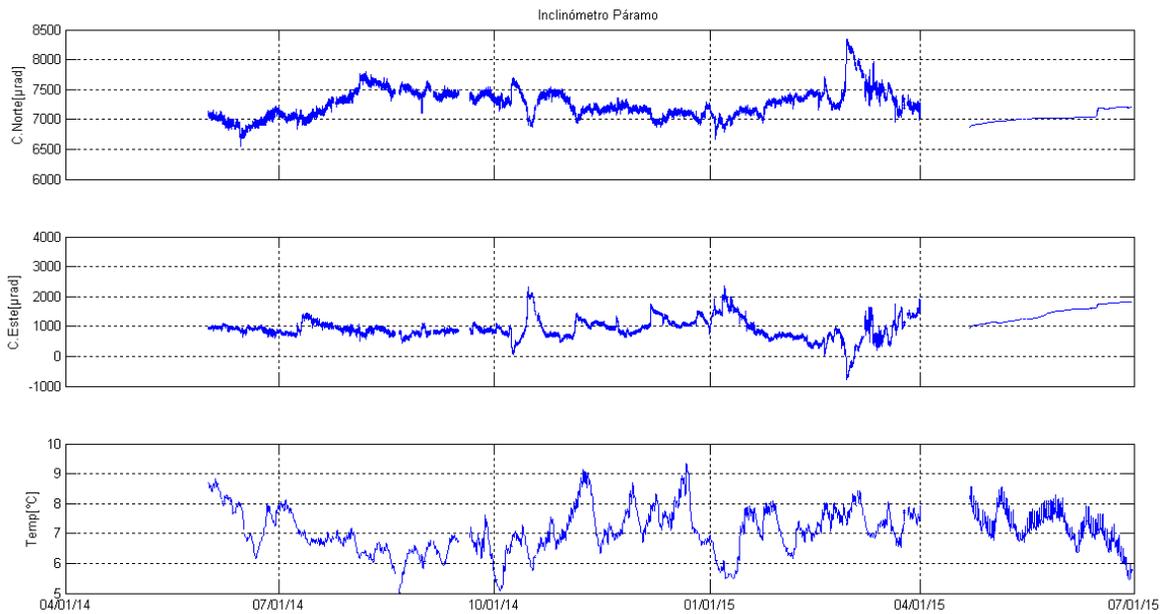


Figura 91. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Páramo, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.

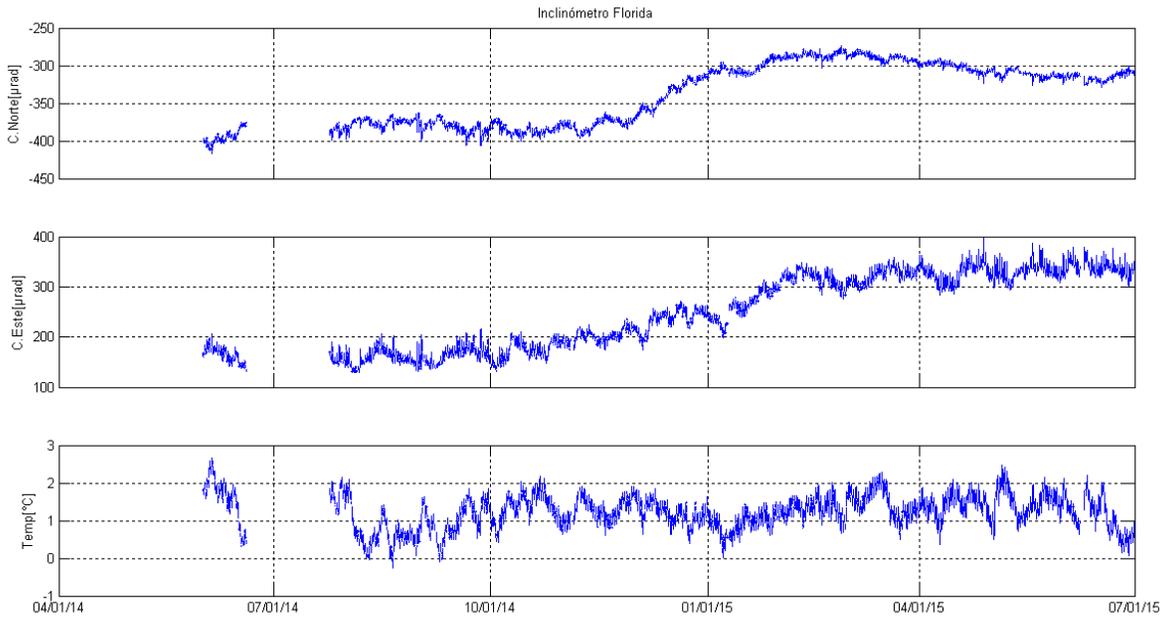


Figura 92. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Florida, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.

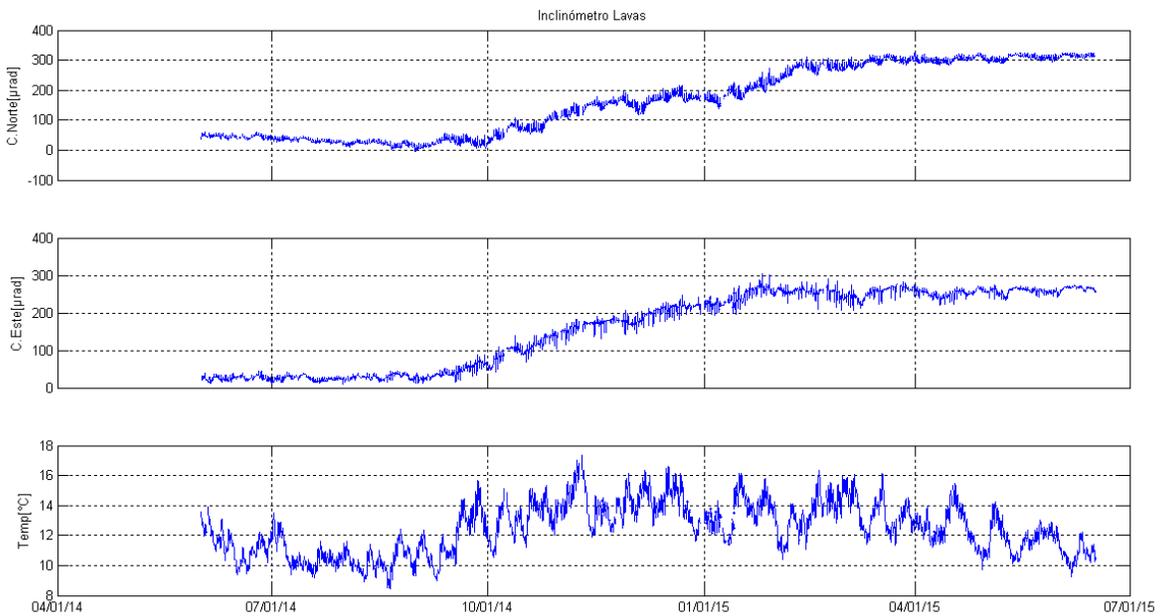


Figura 93. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Lavas, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.

4.2.4. Actividad Superficial

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

4.2.5. Conclusiones

- La evaluación de los parámetros monitoreados en Doña Juana durante junio de 2015, permitieron establecer el **NIVEL VERDE** (IV): “**Volcán activo y comportamiento estable**”.

4.3. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN AZUFRAL

4.3.1. Red de vigilancia

Las estaciones para vigilancia sísmica del volcán Azufral son La Roca, Chaitán, Laguna, Ventana y Lobo, las dos primeras cuentan además con inclinómetros electrónicos y Laguna con una cámara web para el seguimiento de la actividad superficial (Figuras 94 y 95, Tabla 26). Se tiene una estación climatológica cerca de la estación La Roca, sensores para medir velocidad y dirección del viento, temperatura ambiente, humedad relativa, precipitación, presión atmosférica y radiación solar. También hay una estación de medición de temperatura en una de las fumarolas del domo Mallama hacia el nororiente de la Laguna cratérica. Desde el pasado mes de marzo se cuenta con una estación GNSS, ubicada muy próxima a la estación multiparamétrica La Roca (Figura 95).

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 95).

En general, la red de monitoreo telemétrico del volcán Azufral alcanzó en promedio un porcentaje de funcionamiento del 89% para este mes (Figura 96).

Tabla 26. Estaciones instaladas en el volcán Azufral.

Estación	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia a la Laguna (Km)	Ubicación Respecto a la Laguna	Altitud (msnm)
La Roca	Análogica	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

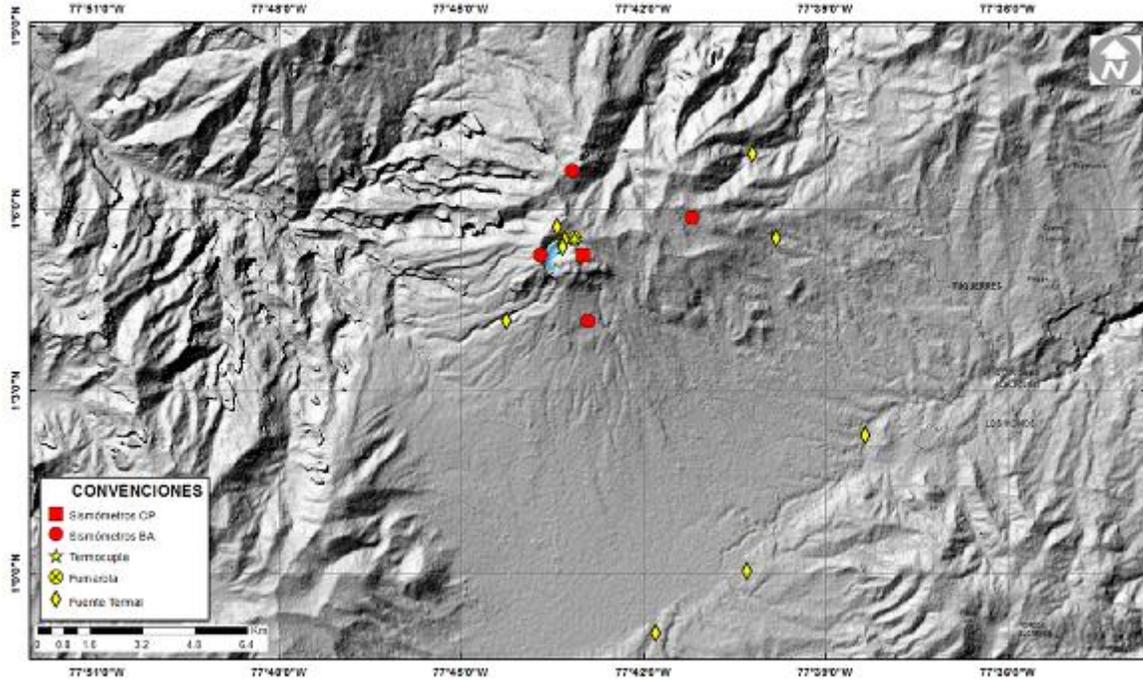


Figura 94. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo sísmico y geoquímico del volcán Azufral durante el mes de junio de 2015.

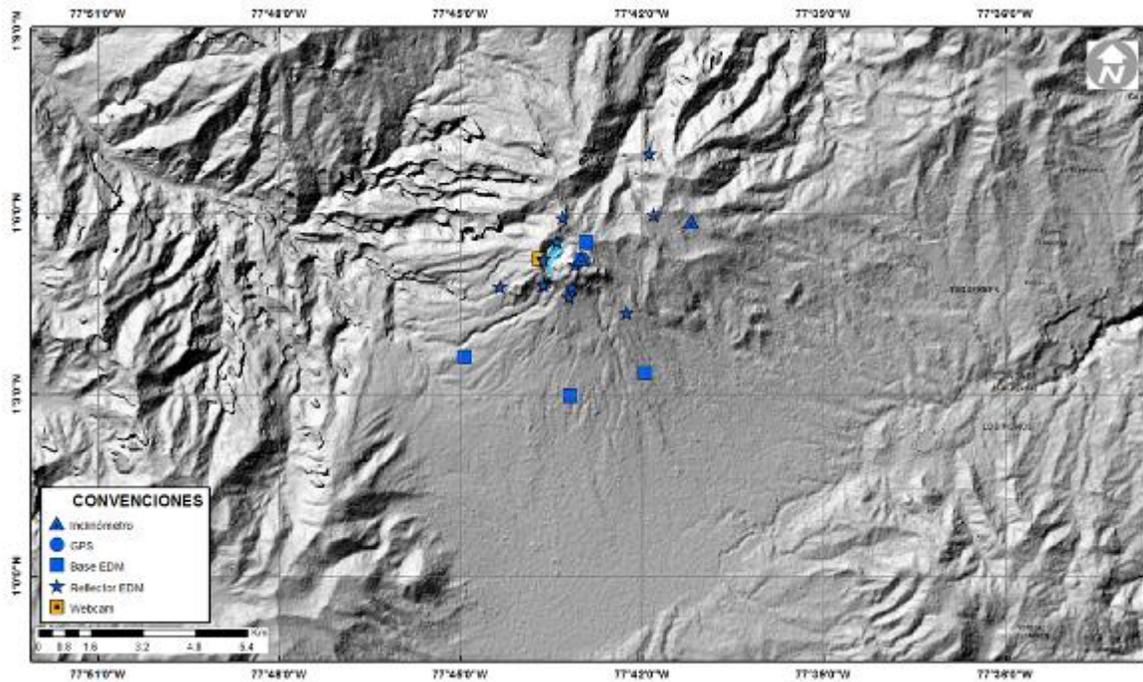


Figura 95. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo en deformación y cámara web del volcán Azufral durante el mes de junio de 2015.

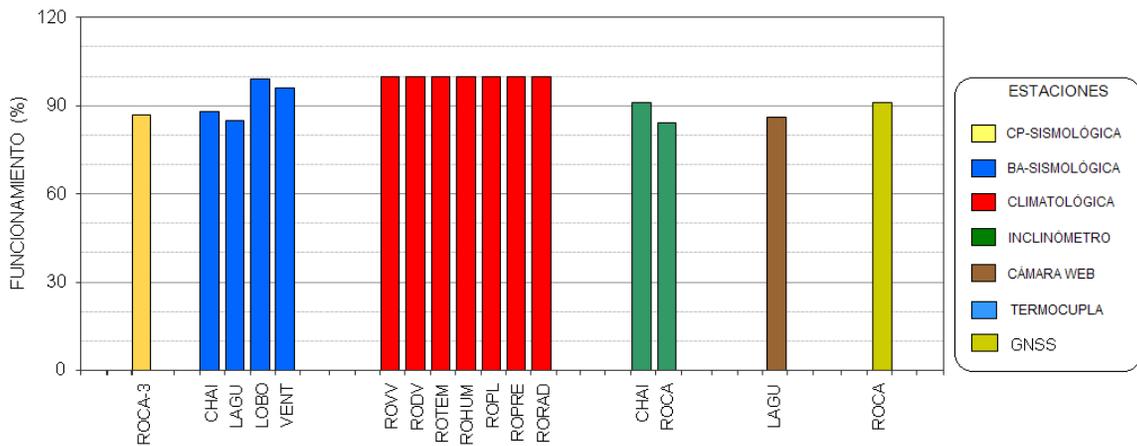


Figura 96. Porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de junio de 2015.

4.3.2. Sismología

La ocurrencia sísmica en Azufral continuó en niveles bajos y asociada con fractura de roca (VT). En comparación con el mes anterior se notó un incremento pasando de 1 a 7 sismos, de los cuales fue posible localizar tres que se ubicaron dispersos en la zona de influencia de Azufral, con profundidades entre 5 y 14 km y magnitudes locales entre 0.6 y 1.8 en la escala de Richter, ningún sismo se reportó sentido (Tabla 27, Figuras 97 y 98). El evento que presentó magnitud de 1.8, se registró el 22 de junio, a la 1:40 a.m.

Tabla 27. Número de sismos volcánicos por tipo registrados en el volcán Azufral entre marzo y junio de 2015, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo				
	vt	lps	tre	hyb	TOTAL
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
01-jun-15 a 30-jun-15	7	0	0	0	7

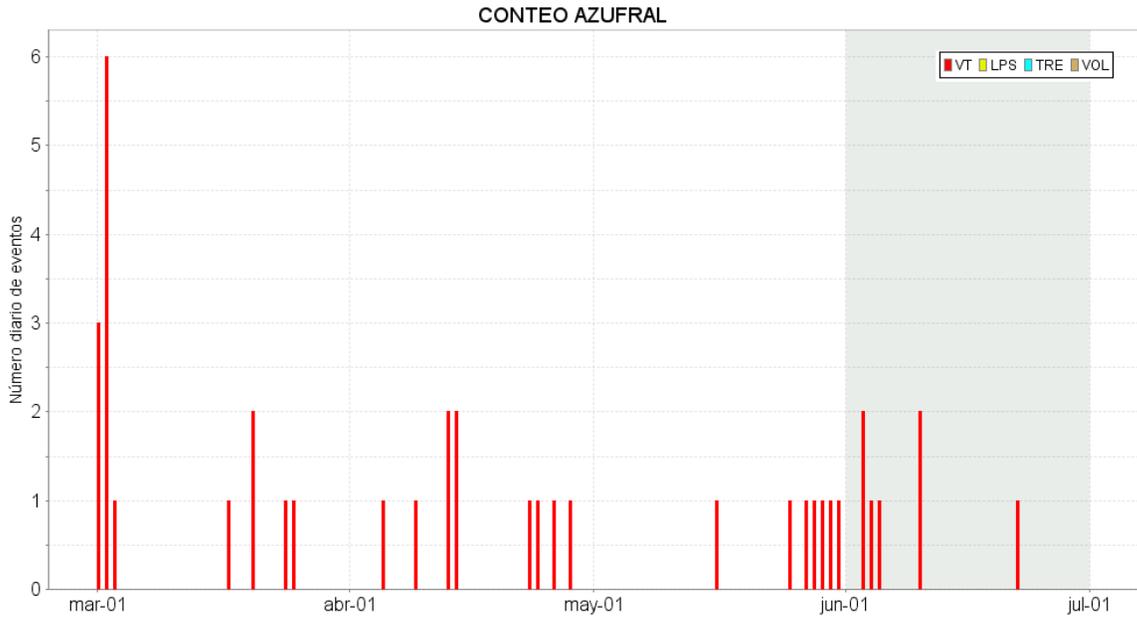


Figura 97. Número diario de sismos volcánicos registrados en el volcán Azufral entre marzo y junio de 2015.

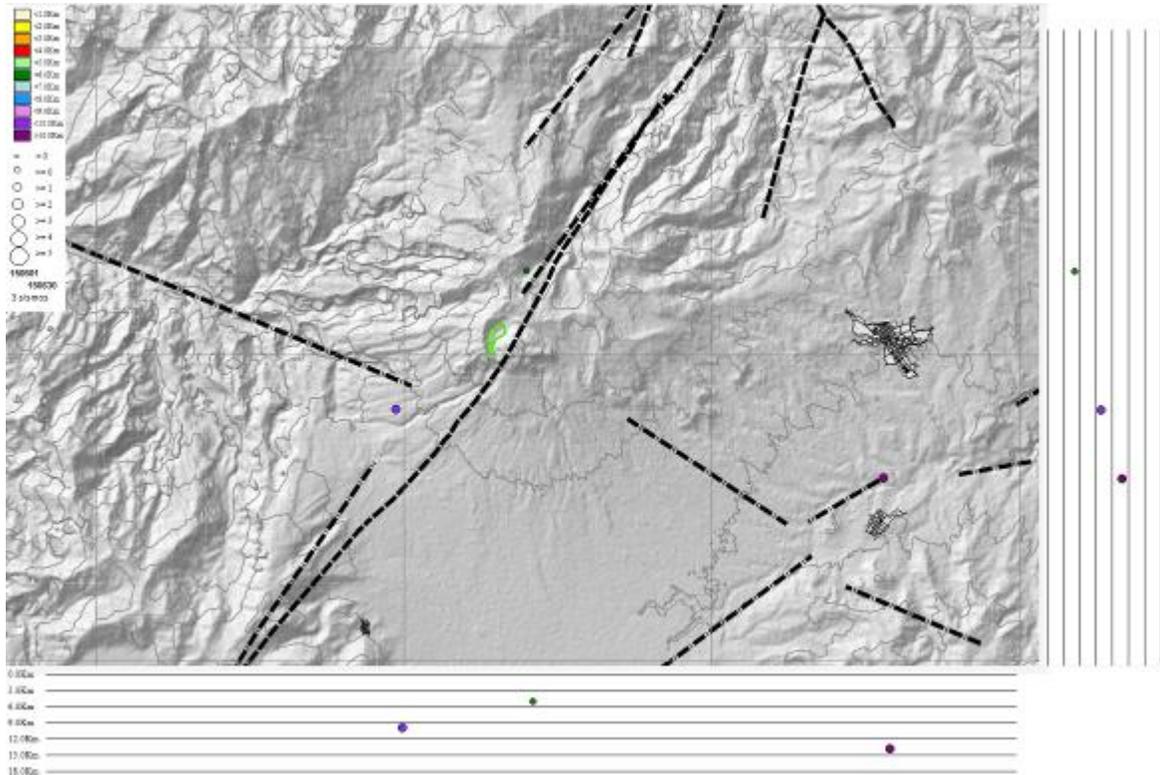


Figura 98. Localización epicentral e hipocentral de los sismos VT registrados en junio de 2015. En los cortes N-S (derecha) y E-W (abajo) cada línea representa 3 km de profundidad con respecto a la cima volcánica.

4.3.3. Deformación Volcánica

4.3.3.1. Inclínometría Electrónica

En cuanto a la deformación del edificio volcánico, se observó estabilidad en el registro de las componentes de inclinación del sensor Chaitán (Figura 99). Con respecto al inclinómetro La Roca, hacia finales del mes se observa un registro anómalo en sus dos componentes, el cual es objeto de estudio, pero no es asociado a actividad volcánica, al parecer por problemas con el inclinómetro o partes complementarias de la estación (Figura 100).

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

Para el periodo evaluado no se realizó ocupación de las Bases definidas para este tipo de mediciones.

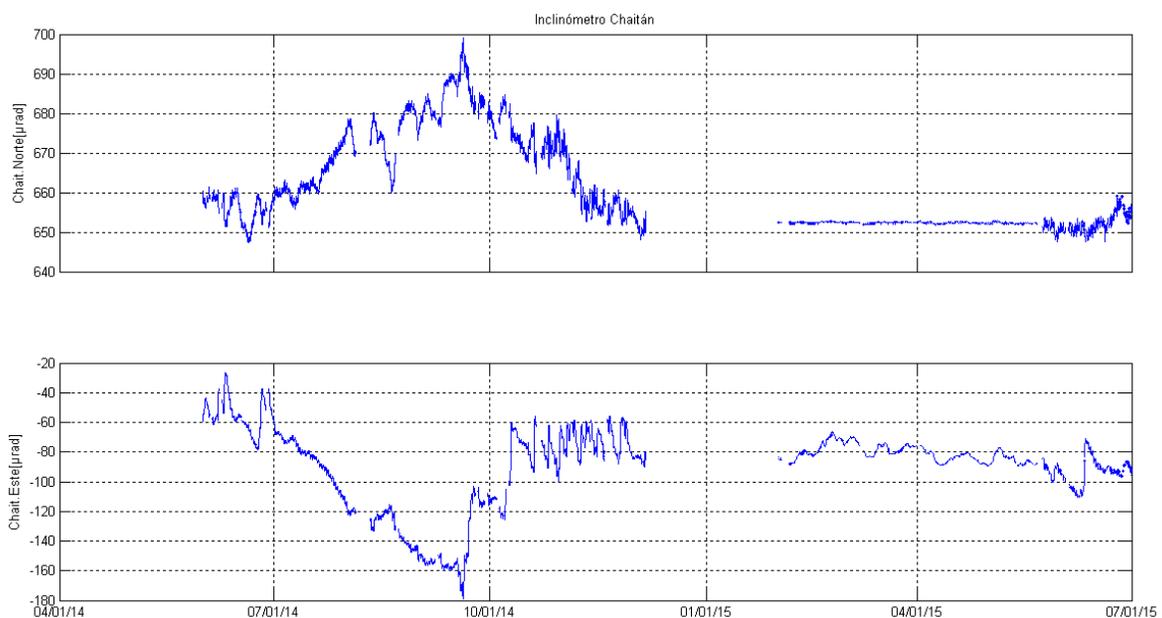


Figura 99. Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Chaitán, instalado en el volcán Azufra, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.

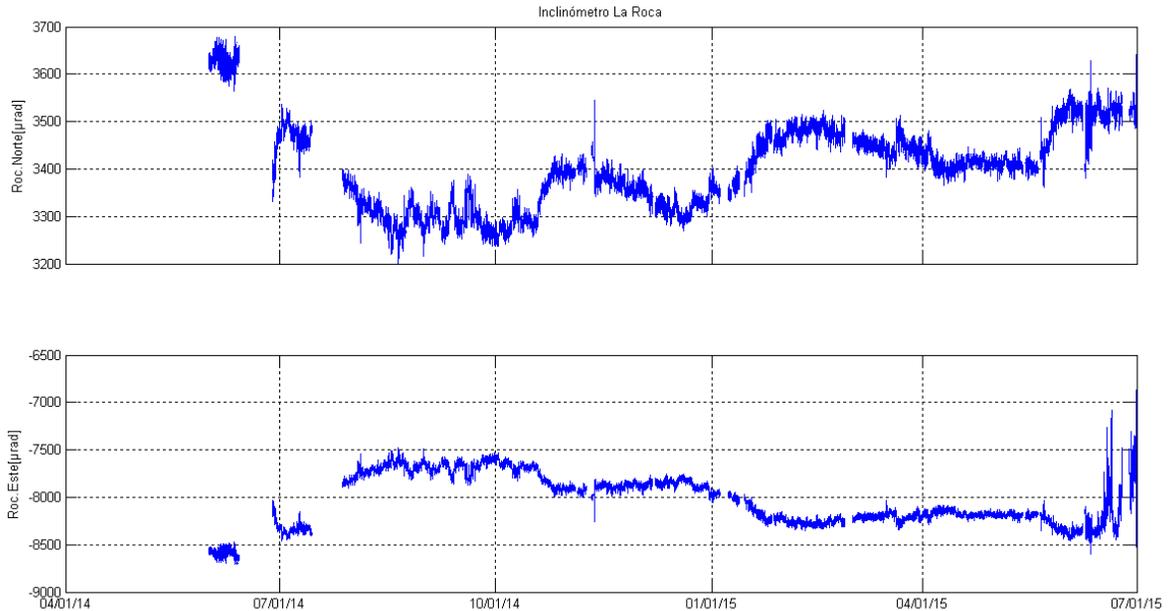


Figura 100. Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro La Roca, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 30 de junio de 2015.

4.3.4. Actividad Superficial y Cambios Geomorfológicos

Condiciones de clima favorables durante los días 2, 3, 6, 9, 12, 14, 16, 17, 29 y 30 de junio de 2015 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 de las fumarolas del domo Mallama ubicado al nororiente de la Laguna Verde.

En las Figuras 101 a 103 se presentan algunas imágenes con procesos de emisión de gases en Azufral.



Figura 101. Emisión de gases del domo Mallama, 6 de junio de 2015 a las 4:03 p.m.

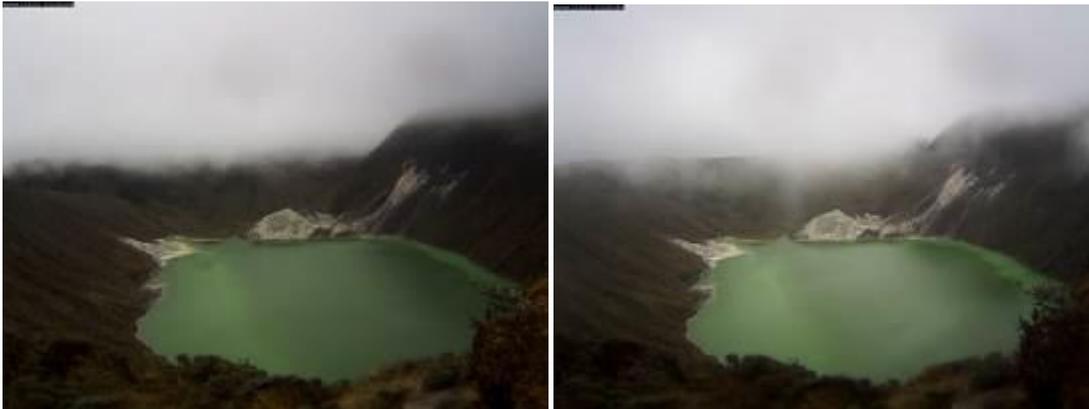


Figura 102. Emisión de gases desde el domo Mallama, 9 de junio de 2015, 12:53 p.m. y 1:33 p.m.



Figura 103. Emisión de gases del domo Mallama, 14 de junio de 2015 a las 8:38 a.m.

4.3.5. Conclusiones

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