

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	Sep/2014
Título		INFORME MENSUAL DE ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES GALERAS, CUMBAL, DOÑA JUANA, AZUFRAL, LAS ÁNIMAS, CHILES Y CERRO NEGRO. AGOSTO DE 2014.
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.	Agosto de 2014.
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		
Descriptor de tema	Palabra o frase común que describe aspectos temáticos del conjunto de datos	Descriptor primarios: -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, cono 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		
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.	Capas de información. 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\2014\ago
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 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/2014.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 20 00 92
Correo electrónico		cliente@sgc.gov.co



**INFORME MENSUAL DE ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES
GALERAS, CUMBAL, DOÑA JUANA, AZUFRAL, LAS ÁNIMAS, CHILES Y
CERRO NEGRO
AGOSTO DE 2014**

Edición:

GRUPO DE TRABAJO OBSERVATORIO PASTO

San Juan de Pasto, septiembre de 2014

República de Colombia
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA
SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	2
1. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN GALERAS – AGOSTO DE 2014	4
1.1. RED DE VIGILANCIA	4
1.2. SISMOLOGÍA	12
1.3. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA	18
1.3.1. Inclínometría Electrónica	18
1.3.2. Estaciones GNSS Permanentes	23
1.4. GEOQUÍMICA	27
1.4.1. Mediciones de Dióxido de Azufre SO ₂	27
1.4.2. Mediciones del gas Radón – Rn ₂₂₂	29
1.4.3. Flujo de CO ₂ difuso en el suelo	32
1.4.4. Trampa Alcalina	33
1.4.5. Muestreo de aguas en fuentes termales – Volcán Galeras	35
1.5. ACTIVIDAD SUPERFICIAL Y CAMBIOS GEOMORFOLÓGICOS	41
1.6. CONCLUSIONES	43
2. ACTIVIDAD DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CUMBAL – AGOSTO DE 2014	44
2.1. RED DE VIGILANCIA	44
2.2. SISMOLOGÍA	45
2.3. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA	50
2.4. ACTIVIDAD SUPERFICIAL	52
2.5. CONCLUSIONES	54
3. ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO – AGOSTO DE 2014	55
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	55
3.2. RED DE VIGILANCIA	55
3.3. SISMOLOGÍA	59
3.4. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA	61
3.5. GEOQUÍMICA	64
3.5.1. Flujo de CO ₂ difuso en el suelo	64
3.5.2. Muestreo de aguas en fuentes termales – Volcán Chiles	67
3.6. ACTIVIDAD SUPERFICIAL	72
3.7. CONCLUSIONES	72
4. ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES LAS ÁNIMAS, DOÑA JUANA Y AZUFRAL – AGOSTO DE 2014	73
4.1. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN LAS ÁNIMAS	74
4.1.1. Ubicación Geográfica	74
4.1.2. Red de vigilancia	74
4.1.3. Sismología	76
4.1.4. Deformación Volcánica	77
4.1.5. Actividad Superficial	79
4.1.6. Conclusiones	79
4.2. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN DOÑA JUANA	79
4.2.1. Red de vigilancia	79
4.2.2. Sismología	81
4.2.3. Deformación Volcánica	82
4.2.4. Actividad Superficial	84

4.2.5.	Conclusiones	84
4.3.	ACTIVIDAD DEL VOLCÁN AZUFRAL	84
4.3.1.	Red de vigilancia	84
4.3.2.	Sismología	87
4.3.3.	Deformación Volcánica	88
4.3.3.1.	Inclinometría Electrónica	88
4.3.3.2.	Medición Electrónica de Distancias – E.D.M.	90
4.3.4.	Geoquímica	90
4.3.4.1.	Registro de temperatura del domo Mallama en el volcán Azufral	90
4.3.5.	Actividad Superficial y Cambios Geomorfológicos	91
4.3.6.	Conclusiones	94

TABLAS

Pág.

Tabla 1.	Estaciones sísmicas y acústicas que conformaron las redes del volcán Galeras durante el mes de agosto de 2014.	5
Tabla 2.	Inclinómetros electrónicos telemétricos que conformaron la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras durante el mes de agosto de 2014.	5
Tabla 3.	Estaciones GNSS permanentes telemétricas que forman parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras durante el mes de agosto de 2014.	6
Tabla 4.	Estaciones que conforman la red de instrumentos ScanDOAS del proyecto NOVAC en el volcán Galeras.	8
Tabla 5.	Estaciones que monitorean las variaciones del campo eléctrico y magnético ocasionadas por la actividad del volcán Galeras.	8
Tabla 6.	Estaciones para el monitoreo de gas Radón instaladas sobre la vía de acceso a Galeras (Línea Galeras).	9
Tabla 7.	Estaciones instaladas por el sector de Barranco (Línea Barranco) para el monitoreo de gas Radón en el volcán Galeras.	9
Tabla 8.	Ubicación geográfica de las fuentes termales en el Volcán Galeras.	10
Tabla 9.	Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Galeras, entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2014, incluyendo el mes objeto de evaluación, resaltado en color azul.	12
Tabla 10.	Energía liberada de ondas de cuerpo por los diferentes tipos de eventos volcánicos, ocurridos en Galeras, entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2014, tomando periodos mensuales, incluyendo el mes objeto de evaluación, resaltado en color azul.	14
Tabla 11.	Emisiones de SO ₂ del volcán Galeras (cuantificadas en términos de flujo de emisión) registradas durante el mes de agosto de 2014, por las estaciones ScanDOAS y MobileDOAS (Proyecto NOVAC).	28
Tabla 12.	Flujo del gas Radón (Rn-222) en suelo (Línea Galeras) – agosto de 2014.	31
Tabla 13.	Flujo del gas Radón (Rn-222) en suelo (Línea Barranco) – agosto de 2014.	31
Tabla 14.	Flujo de CO ₂ difuso en suelo-Volcán Galeras- agosto 2014.	33
Tabla 15.	Composición Química de gases condensables - gases de origen volcánico - Volcán Galeras.	35
Tabla 16.	Imágenes fotográficas de las fuentes termales de la zona de influencia del volcán Galeras - Agosto 2014.	35
Tabla 17.	Clasificación de aguas termales de acuerdo a la temperatura.	39
Tabla 18.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del complejo volcánico Cumbal durante el mes de agosto de 2014.	45

Tabla 19.	Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Cumbal, entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2014, incluyendo los registros clasificados como volcánicos, se resalta en color azul el mes objeto de evaluación.	46
Tabla 20.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante el mes de agosto de 2014.	56
Tabla 21.	Ubicación geográfica (WGS84) de las fuentes termales del área de influencia del volcán Chiles.	58
Tabla 22.	Número de eventos volcánicos por tipo, para el volcán Chiles, ocurridos entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2014, el mes objeto de evaluación, resaltado en color azul.	59
Tabla 23.	Flujo de CO ₂ difuso en suelo de la zona de influencia del volcán Chiles - Agosto 2014.	66
Tabla 24.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Las Ánimas durante el mes de agosto de 2014.	75
Tabla 25.	Número de eventos volcánicos por tipo, para el volcán Las Ánimas, ocurridos entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2014, incluyendo los registros clasificados como Volcánicos y el mes objeto de evaluación, resaltado en color azul.	76
Tabla 26.	Estaciones que conforman la red de vigilancia del volcán Doña Juana.	80
Tabla 27.	Número de eventos volcánicos por tipo, para el volcán Doña Juana, ocurridos entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2014, incluyendo los registros clasificados como Volcánicos y el mes objeto de evaluación, resaltado en color azul.	81
Tabla 28.	Estaciones instaladas en el volcán Azufral.	85
Tabla 29.	Número de eventos volcánicos por tipo, para el volcán Azufral, ocurridos entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2014, incluyendo los registros clasificados como Volcánicos y el mes objeto de evaluación, resaltado en color azul.	87
Tabla 30.	Variación de temperaturas en Domo Mallama del volcán Azufral.	91

FIGURAS

Pág.

Figura 1	Mapa de localización de las estaciones sísmicas y de sensores acústicos que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de agosto de 2014.	6
Figura 2	Mapa de localización de las estaciones de deformación volcánica, inclinómetros y GNSS que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de agosto de 2014.	7
Figura 3	Mapa de localización y orientación de las componentes de las estaciones de inclinometría instaladas en Galeras.	7
Figura 4	Mapa de localización de las estaciones campo eléctrico y magnético, flujos de lodos, ScanDOAS, climatológica y cámaras web que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de agosto de 2014.	8
Figura 5	Mapa de localización de las estaciones instaladas en Galeras para el monitoreo de gas Radón.	9
Figura 6	Localización de los puntos materializados para mediciones EDM en el volcán Galeras. Los triángulos de color naranja indican la ubicación de las Bases de medición 1, 2, 3, 4 y 5, los círculos de color verde indican la ubicación de los prismas reflectores.	10
Figura 7	Mapa de localización de las fuentes termales perteneciente a la zona de influencia del Volcán Galeras.	11
Figura 8	Histograma del porcentaje de funcionamiento durante el mes de agosto de 2014, de las estaciones telemétricas que conformaron las redes de monitoreo telemétrico del volcán Galeras.	11

Figura 9	Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Galeras, entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.	13
Figura 10	Relación porcentual para Galeras, que compara el número de eventos por tipo ocurridos durante el mes de agosto de 2014, con respecto al mes de julio de 2014.	13
Figura 11	Relación porcentual para Galeras, que compara el número de eventos por tipo ocurridos entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2014, tomando periodos mensuales.	14
Figura 12	Energía diaria liberada por los eventos volcánicos ocurridos en Galeras entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2014. La ordenada se muestra en términos de la raíz cuadrada del valor de la energía en ergios.	15
Figura 13	Relación porcentual para Galeras, que compara la energía diaria liberada de eventos por tipo ocurridos durante el mes de agosto de 2014, con respecto al mes de julio de 2014.	15
Figura 14	Relación porcentual de la energía sísmica liberada por los eventos de Galeras, registrados entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2014, tomando periodos mensuales.	16
Figura 15	Sismograma de la estación sísmica Anganoy ANGV, resaltando el enjambre sísmico ocurrido el 21 de agosto de 2014, entre las 12 y 22 horas, con un total de 249 eventos.	16
Figura 16	Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y el 31 de agosto de 2014. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2 km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4200 msnm).	17
Figura 17	Relaciones porcentuales por rangos de magnitud local (izquierda) y por rangos de profundidad (derecha) para los sismos localizados durante el mes de agosto de 2014.	18
Figura 18	Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Cráter, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero de 2014 y el 31 de agosto de 2014.	19
Figura 19	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Cobanegra, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero de 2014 y el 31 de agosto de 2014.	19
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 febrero de 2014 y el 31 de agosto de 2014.	20
Figura 21	Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero de 2014 y el 31 de agosto de 2014.	20
Figura 22	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero de 2014 y el 31 de agosto de 2014.	21
Figura 23	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Urcunina, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero de 2014 y el 31 de agosto de 2014.	21
Figura 24	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Arlés, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero de 2014 y el 31 de agosto de 2014.	22
Figura 25	Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Huairatola, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero de 2014 y el 31 de agosto de 2014.	22
Figura 26	Ubicación de las estaciones GNSS instaladas en Galeras respecto al GNSS QUIL ubicado en el aeropuerto Antonio Nariño.	23

Figura 27	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cráter instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre diciembre de 2013 y el 31 de agosto de 2014.	24
Figura 28	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cóndor instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre diciembre de 2013 y el 31 de agosto de 2014.	24
Figura 29	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 31 de agosto de 2014.	25
Figura 30	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Barranco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre diciembre de 2013 y el 31 de agosto de 2014.	25
Figura 31	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Chiguaco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre mayo y agosto de 2014.	26
Figura 32	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Ingenio instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre junio y agosto de 2014.	26
Figura 33	Flujo de emisión de SO ₂ registrado desde el 1 de abril hasta el 31 de agosto de 2014, por los instrumentos ScanDOAS y MobileDOAS en Galeras. Se resalta en gris el mes evaluado.	27
Figura 34	Flujo de emisión de SO ₂ , dirección y velocidad del viento para el mes de agosto de 2014.	28
Figura 35	Velocidad y dirección del viento para el mes de agosto de 2014.	28
Figura 36	Concentraciones de gas radón en las estaciones ubicadas en la línea Barranco del Volcán Galeras en el periodo junio – agosto de 2014.	30
Figura 37	Concentraciones de gas radón en las estaciones ubicadas en la línea Galeras, del Volcán Galeras en el periodo junio – agosto de 2014.	30
Figura 38	Flujo de radón periodo enero - agosto 2014.	32
Figura 39	Mapa del recorrido para el muestreo de flujo de CO ₂ difuso en suelo perteneciente a la zona de influencia del Volcán Galeras. Agosto 2014.	32
Figura 40	Flujo de CO ₂ difuso en suelo, sector LAVAS 1 (imagen – parte superior derecha) y PARQUES (imagen – parte inferior izquierda) perteneciente a la zona de influencia del Volcán Galeras. Agosto 2014.	33
Figura 41	Mapa de localización de las estaciones trampa alcalina en el volcán Galeras.	34
Figura 42	Toma de muestras - estaciones Trampa Alcalina-Cima volcán Galeras.	34
Figura 43	Potencial de hidrógeno de las FT Volcán Galeras - Agosto 2014.	36
Figura 44	Variación del pH de las FT de Volcán Galeras - Agosto 2014.	37
Figura 45	Variación de concentración de bicarbonato en las FT de Volcán Galeras - Agosto 2014.	37
Figura 46	Variación de temperatura de las FT de Volcán Galeras - Agosto 2014.	38
Figura 47	Variación de Conductividad Eléctrica de las FT de Volcán Galeras - Agosto 2014.	38
Figura 48	Imagen térmica FT Rio Pasto - Volcán Galeras - Agosto 2014.	39
Figura 49	Imagen térmica FT Aguas Agrias - Volcán Galeras - Agosto 2014.	40
Figura 50	Imagen térmica FT Cehani - Volcán Galeras - Agosto 2014.	40
Figura 51	Imágenes de las emisiones de gases del volcán Galeras, capturadas el 1 de agosto de 2014 desde las cámaras de Barranco y Bruma, a las 7:12 a.m., y las 6:53 a.m.	41
Figura 52	Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas el 11 de agosto de 2014 desde la cámara de Barranco, al noroccidente del edificio volcánico.	41
Figura 53	Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas el 17 de agosto de 2014 desde las cámaras de Consacá y Barranco.	42
Figura 54	Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 24 de agosto de 2014, en horas de la tarde, capturada desde la cámara ubicada en el sector de Barranco, al noroccidente del edificio volcánico.	42
Figura 55	Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas en horas de la tarde el 31 de agosto de 2014 desde Barranco y Consacá, al noroccidente y occidente del edificio volcánico.	43

Figura 56	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de vigilancia del complejo volcánico Cumbal, durante el mes de agosto de 2014.	44
Figura 57	Porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico Cumbal durante el mes de agosto de 2014.	45
Figura 58	Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Cumbal, entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.	46
Figura 59	Relación porcentual para Cumbal, que compara el número de eventos volcánicos por tipo ocurridos durante el mes de agosto de 2014, con respecto al mes de julio de 2014.	47
Figura 60	Relación porcentual para Cumbal, que compara el número de eventos por tipo ocurridos entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2014, tomando periodos mensuales.	47
Figura 61	Frecuencias mostradas por los eventos tipo TOR registrados por la estación sismológica La Mesa, instalada en el complejo volcánico de Cumbal, entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de agosto de 2014, resaltando los eventos registrados en el mes de agosto de 2014 en el recuadro gris.	48
Figura 62	Sismogramas, espectros y espectrogramas en frecuencia del sismo tipo TOR, ocurrido en Cumbal, el 6 de agosto de 2014 a las 5:41 p.m., registrando 48 segundos de duración.	48
Figura 63	Sismogramas, espectros y espectrogramas en frecuencia del sismo tipo TOR, ocurrido en Cumbal, el 11 de agosto de 2014 a las 2:49 p.m., registrando 141 segundos de duración.	49
Figura 64	Sismograma de la estación sísmica La Mesa, perteneciente a la red de monitoreo del Complejo Volcánico Cumbal, en la imagen se resalta el enjambre de sismos presentado el 30 de agosto de 2014.	49
Figura 65	Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y el 31 de agosto de 2014 en el complejo volcánico de Cumbal. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 3 km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4760 msnm).	50
Figura 66	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro electrónico La Mesa, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero y el 31 de agosto de 2014.	51
Figura 67	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura y voltaje del inclinómetro Limones, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero y el 31 de agosto de 2014.	51
Figura 68	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 febrero y el 31 de agosto de 2014.	52
Figura 69	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 febrero y el 31 de agosto de 2014.	52
Figura 70	Imágenes del Complejo Volcánico Cumbal, capturadas desde el municipio de Cumbal, el 1 de agosto de 2014 en horas de la mañana, en las fotografías se observa emisión de gases desde el campo fumarólico El Verde.	53
Figura 71	Imagen del Complejo Volcánico Cumbal, capturada desde el municipio de Cumbal, el 23 de agosto de 2014, a las 6:16 de la mañana, en la fotografía se observa emisión de gases desde el campo fumarólico El Verde.	53
Figura 72	Imagen del Complejo Volcánico Cumbal, capturada desde el municipio de Cumbal, el 31 de agosto de 2014, en horas de la mañana, en la fotografía se observa emisión de gases desde el campo fumarólico El Verde.	54
Figura 73	Localización de los volcanes Chiles y Cerro Negro (izquierda) e imágenes de los mismos (derecha).	55

Figura 74	Estaciones sísmicas y de deformación cortical para los volcanes Chiles y Cerro Negro del lado Colombiano.	56
Figura 75	Mapa de localización de las fuentes termales pertenecientes a la zona de influencia de los Volcanes Chiles y Cerro Negro, resaltando la fuente Baño Grande, por la ubicación de la estación permanente para el monitoreo de la temperatura.	57
Figura 76	Mapa de localización de las fuentes termales pertenecientes a la zona de influencia del Volcán Chiles.	57
Figura 77	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 agosto de 2014.	59
Figura 78	Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Chiles entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.	60
Figura 79	Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo de Chiles y Cerro Negro, en el mes de agosto de 2014, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.	60
Figura 80	Localización epicentral del sismo de fractura registrado el 9 de agosto, a las 6:30 a.m., el cual fue reportado como sentido, por habitantes del resguardo indígena de Chiles.	61
Figura 81	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro electrónico Chiles, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 6 de noviembre de 2013 y el 31 de agosto de 2014.	62
Figura 82	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro electrónico El Morro, instalado en el volcán Chiles, para el periodo comprendido entre el 6 de noviembre de 2013 y el 31 de agosto de 2014.	62
Figura 83	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro electrónico Cerro Negro, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 16 de diciembre de 2013 y el 31 de agosto de 2014.	63
Figura 84	Componentes de inclinación Norte y Este, de los inclinómetros electrónicos Cerro Negro y Cerro Negro paralelo, instalados en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de junio y el 31 de agosto de 2014.	64
Figura 85	Mapa del recorrido para el muestreo de flujo de CO ₂ difuso en suelo en el campo fumarólico perteneciente a la zona de influencia del Volcán Chiles. Agosto 2014.	65
Figura 86	Mapa del recorrido para el muestreo de flujo de CO ₂ difuso en suelo en el campo fumarólico perteneciente a la zona de influencia del Volcán Chiles, sector conocido como El Hondón. Agosto 2014.	65
Figura 87	Mapa del recorrido para el muestreo de flujo de CO ₂ difuso en suelo en el campo fumarólico perteneciente a la zona de influencia del Volcán Chiles, sector de Lagunas Verdes. Agosto 2014.	66
Figura 88	Potencial de hidrógeno de las FT del Volcán Chiles - agosto 2014.	67
Figura 89	Imagen térmica de la FT Baño Grande Volcán Chiles - Agosto 2014.	68
Figura 90	Imagen térmica de la FT Aguas Hediondas Volcán Chiles - Agosto 2014.	68
Figura 91	Imagen térmica de la Fuente de aguas sector Lagunas Verdes Volcán Chiles - Agosto 2014.	69
Figura 92	Imagen térmica de la FT Río Blanco Volcán Chiles - Agosto 2014.	70
Figura 93	Variación de temperatura en las FT de Volcán Chiles - Agosto 2014.	70
Figura 94	Variación del pH en las FT de Volcán Chiles - Agosto 2014.	71
Figura 95	Variación de la conductividad eléctrica en las FT de Volcán Chiles - Agosto 2014.	71
Figura 96	Variación de la concentración de bicarbonato en las FT de Volcán Chiles - Agosto 2014.	72

Figura 97	Imagen en la cual se aprecia la localización de algunos volcanes del sur de Colombia, entre ellos están Galeras, Doña Juana, Azufral, Cumbal, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro, monitoreados por el OVSP - Servicio Geológico Colombiano.	73
Figura 98	Localización del volcán Las Ánimas (izquierda) e imagen del costado occidental del volcán (derecha).	74
Figura 99	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante el mes de agosto de 2014.	75
Figura 100	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante agosto de 2014.	76
Figura 101	Localización epicentral e hipocentral del sismo de fractura registrado por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Las Ánimas, en el mes de agosto de 2014, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2 km., de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.	77
Figura 102	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro electrónico Petroglifo, instalado en el volcán Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero y el 31 de agosto de 2014.	78
Figura 103	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 febrero y el 31 de agosto de 2014.	78
Figura 104	Orientación y magnitud de los vectores resultantes calculados teniendo en cuenta las variaciones registradas por las componentes de los sensores de Inclinometría electrónica.	79
Figura 105	Mapa de localización de las estaciones que conforman la red de monitoreo del volcán Doña Juana.	80
Figura 106	Histograma del porcentaje de funcionamiento durante el mes de agosto de 2014, de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Doña Juana.	81
Figura 107	Localización epicentral e hipocentral del sismo de fractura registrado por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Doña Juana, en el mes de agosto de 2014, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2 km., de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.	82
Figura 108	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Florida, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero y el 31 de agosto de 2014.	83
Figura 109	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura y voltaje del inclinómetro Lavas, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero y el 31 de agosto de 2014.	83
Figura 110	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de agosto de 2014.	85
Figura 111	Mapa de localización de los puntos materializados para mediciones EDM, en el volcán Azufral. Las figuras de color amarillo indican la ubicación de las Base 1, 2, 3 y 4, los círculos de color verde indican la ubicación de los prismas reflectores.	86
Figura 112	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de agosto de 2014.	86
Figura 113	Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Azufral entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.	87
Figura 114	Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Azufral, en el mes de agosto de 2014, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2 km., de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.	88

Figura 115	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Chaitán, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero y el 31 de agosto de 2014.	89
Figura 116	Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro La Roca, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero y el 31 de agosto de 2014.	89
Figura 117	Mapa de localización del campo fumarólico Domo Mallama perteneciente a la zona de influencia del Volcán Azufral.	90
Figura 118	Variación de temperatura campo fumarólico Domo Mallama perteneciente a la zona de influencia del Volcán Azufral. Junio - Agosto 2014.	91
Figura 119	Imagen de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, capturada el 1 de agosto de 2014 a las 7:26 a.m., por la cámara instalada hacia el sector sur, en la fotografía se observa salida de gases de uno de los domos.	92
Figura 120	Imágenes de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, capturadas el 21 de agosto de 2014 en horas de la mañana por la cámara instalada hacia el sector sur, en las fotografías se observa salida de gases de uno de los domos.	92
Figura 121	Imagen de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, capturada el 28 de agosto de 2014 a las 8:36 de la mañana por la cámara instalada hacia el sector sur, en la fotografía se observa salida de gases de uno de los domos.	93
Figura 122	Imágenes de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, capturadas el 31 de agosto de 2014 en horas de la mañana por la cámara instalada hacia el sector sur, en las fotografías se observa salida de gases de uno de los domos.	93

INTRODUCCIÓN

Durante el mes de agosto de 2014, el Servicio Geológico Colombiano - Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto, continuó con la tarea institucional de vigilar la actividad de los volcanes Galeras, Cumbal, Azufral, Doña Juana, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro. Se toman 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 se realizaron muestreos periódicos de otros parámetros geofísicos y geoquímicos, de importancia para la evaluación de la actividad.

El estado y características de un volcán pueden variar a través del tiempo, y es por ello que surge el monitoreo volcánico, el cual consiste en la vigilancia y estudio de los cambios ocurridos en diferentes fases 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 agosto de 2014, 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 agosto de 2014, la actividad sísmica de Galeras fue dominada por eventos relacionados con fracturamiento de roca y posterior movimiento de fluidos (Híbridos - HYB). En comparación con el mes anterior, para este periodo se observó un pequeño descenso en ocurrencia total de sismicidad y de igual forma descenso en la energía liberada, reflejado principalmente en los sismos 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 ascenso cercano al 75.3%.

La gran mayoría de sismicidad de fractura (sismos Volcano-tectónicos, VT) se ubicaron de manera dispersa alrededor del edificio volcánico, con magnitudes entre -0.1 y 1.4 en la escala de Richter, el 84% de los eventos presentaron magnitudes menores de 1.

Teniendo en cuenta el registro de los sensores utilizados para el monitoreo de la deformación del edificio volcánico, tres de ellos muestran cambios simultáneos desde el mes de julio, tendencias ascendentes en sus componentes.

En el transcurso del periodo evaluado se obtuvieron 5 mediciones de emisiones de Dióxido de Azufre (SO₂) a la atmósfera, con valores en el rango bajos para Galeras. El valor máximo de flujo de SO₂ del periodo evaluado, fue de 433 Tn/día, registrado el 29 de agosto de 2014.

Respecto a la actividad superficial, teniendo en cuenta la información que aportan 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 movimiento de fluidos al interior del edificio volcánico. En relación con el mes anterior, se observó un ligero incremento en la ocurrencia de la sismicidad. En este mes se registraron tres eventos de Largo Periodo tipo Tornillo, (TOR), asociados con movimiento de fluidos, donde las características físicas y geometría de la cavidad propician una gran duración con un contenido frecuencial monocromático, cuyas frecuencias dominantes estuvieron entre 2.25 y 2.36 Hz.

La mayor parte de la sismicidad de fractura localizada se ubicó en inmediaciones de los cráteres Mundo Nuevo (al sur) y La Plazuela (al norte), con magnitudes entre -0.2 y 1.6 en la escala de Richter.

Para los días 1, 23 y 31 de agosto, fue posible observar emisiones 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 agosto de 2014 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 sismos, la mayoría de los eventos localizados se ubicaron principalmente hacia el sector suroccidente del edificio volcánico, con magnitudes entre 0.1 y 4.0 en la escala de Richter. Se resalta el sismo ocurrido el 9 de agosto, a las 6:30 a.m., el cual fue reportado como sentido por habitantes del resguardo indígena de Chiles.

El inclinómetro Cerro Negro, continúa con la tendencia ascendente en sus dos componentes, Norte y Este.

La evaluación del proceso volcánico durante el mes de agosto de 2014 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”**.

Con respecto al volcán Las Ánimas, para el periodo evaluado se registró un sismo asociado a fracturamiento de la roca, con una magnitud local de 0.6 en la escala de Richter. Continúa el comportamiento ascendente en las componentes Norte y Este del inclinómetro Petroglifo y en menor cuantía en Altamira.

En cuanto a la actividad del volcán Doña Juana, se registro un sismo relacionado con fracturamiento de roca al interior del edificio volcánico, con magnitud local de 0.8 en la escala de Richter.

En relación al volcán Azufra, predominaron los sismos clasificados como VT, y en comparación con el mes anterior, la sismicidad del volcán presento un ascenso en ocurrencia, totalizando 7 eventos. De esta sismicidad se localizaron tres eventos con magnitudes entre 1.1 y 1.3 en la escala de Richter.

La mayor parte del 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, Azufra y Las Ánimas, estos se consideran en Nivel Verde ● (IV), “Volcán activo y comportamiento estable”.

1. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN GALERAS – AGOSTO DE 2014

1.1. RED DE VIGILANCIA

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

- Catorce estaciones sísmicas telemétricas: ocho de corto periodo (cinco triaxiales y tres de componente vertical) y seis de banda ancha triaxiales (Figura 1, Tabla 1).
- Tres sensores de presión acústicos, uno ubicado en el sector occidental, en el sitio de la estación sísmica de corto periodo Calabozo, otro 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 (Figura 1, Tabla 1).
- Ocho inclinómetros electrónicos con transmisión telemétrica (Figuras 2 y 3, Tabla 2).
- Seis estaciones GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite) telemétricas, ubicadas alrededor del cono activo (Figura 2, Tabla 3).
- Tres estaciones con transmisión telemétrica para la detección de emisiones de dióxido de azufre (SO₂), localizadas en el cuadrante noroccidental del edificio volcánico (Figura 4, Tabla 4).
- Tres sistemas de medición de variación del campo Magnético, Cráter, Frailejón y Barranco. Adicionalmente, las estaciones EM-Frailejón y EM-Barranco cuentan con sistemas de medición de variación de campo eléctrico (Figura 4, Tabla 5).
- Cuatro cámaras de video permanentes para observación y seguimiento de la actividad superficial, una instalada en la sede del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto, otra en el municipio de Consacá, otra instalada en el flanco norte de la cima de Galeras, en el sitio denominado Barranco Alto y la última Bruma, hacia el sector suroccidental del cono (Figura 4).
- Dos estaciones para monitoreo constante de flujos de lodos, con transmisión telemétrica, compuestas por un geófono y un pluviómetro, instaladas en la cuenca del río Mijitayo (Figura 4).
- Una estación climática, ubicada en el sitio de la estación sísmica Cráter-2 (Figura 4).
- 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 5).

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 6).

Por otra parte como complemento al monitoreo se cuenta con una red de muestreo de aguas en fuentes termales para Galeras (Tabla 8, Figura 7).

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 93%. En la Figura 8 se muestra el histograma de porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo telemétrico durante el mes de agosto de 2014.

Tabla 1. Estaciones sísmicas y acústicas que conformaron las redes del volcán Galeras durante el mes de agosto de 2014.

Estación	Código	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia al Cráter (Km)	Dirección Respecto al Cráter	Altitud (msnm)
Anganoy	ANGV	Analógica	Sismómetro Corto periodo	Vertical	0.8	E	4170
Cráter-2	CR2R	Digital	Sismómetro banda Ancha	Triaxial	1.5	S	4048
Cufiño-BB	CUVZ	Digital	Sismómetro banda Ancha	Triaxial	1.9	ENE	3800
Urcunina	URCR	Digital	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	2.3	ESE	3494
Cobanegra-3	COB3	Analógica	Sismómetro Corto periodo	Vertical	3.9	SSE	3625
Arlés	ARLZ	Digital	Sismómetro banda Ancha	Triaxial	4.0	NW	3450
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 agosto de 2014.

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 agosto de 2014.

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

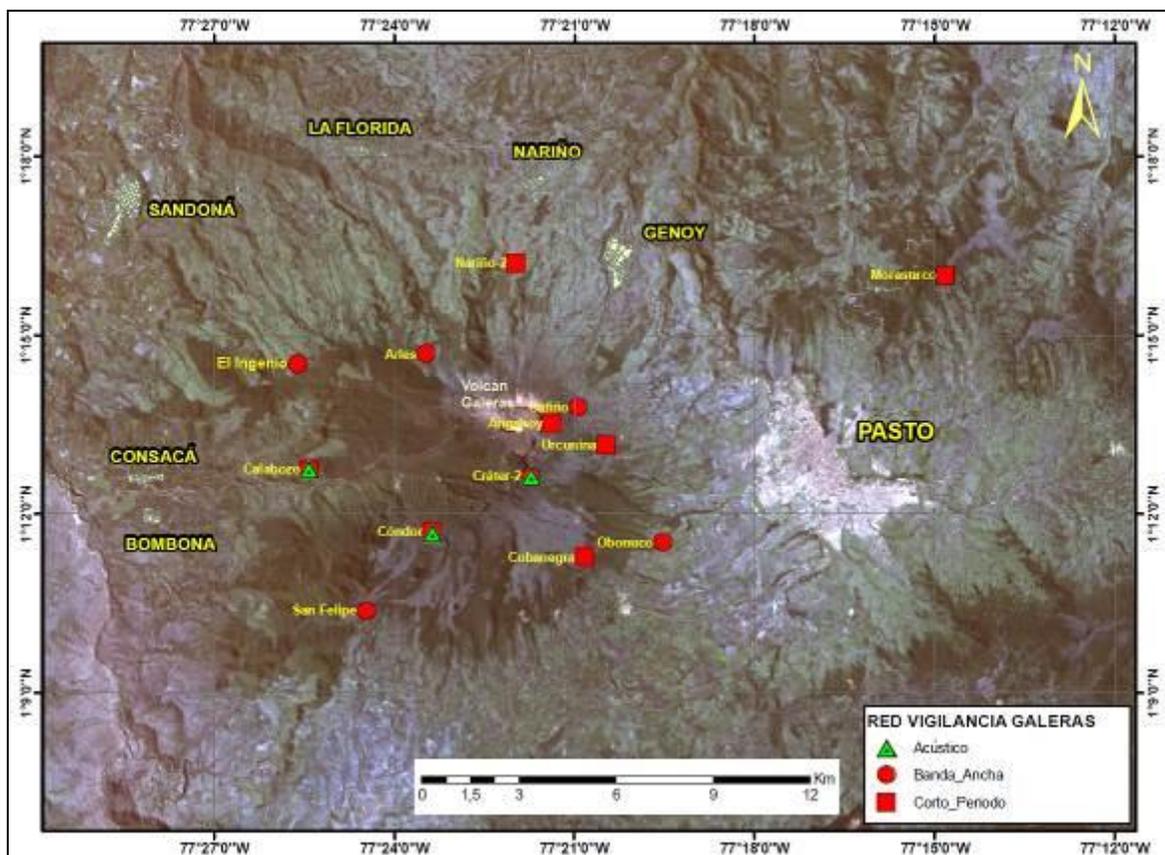


Figura 1. Mapa de localización de las estaciones sísmicas y de sensores acústicos que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de agosto de 2014.

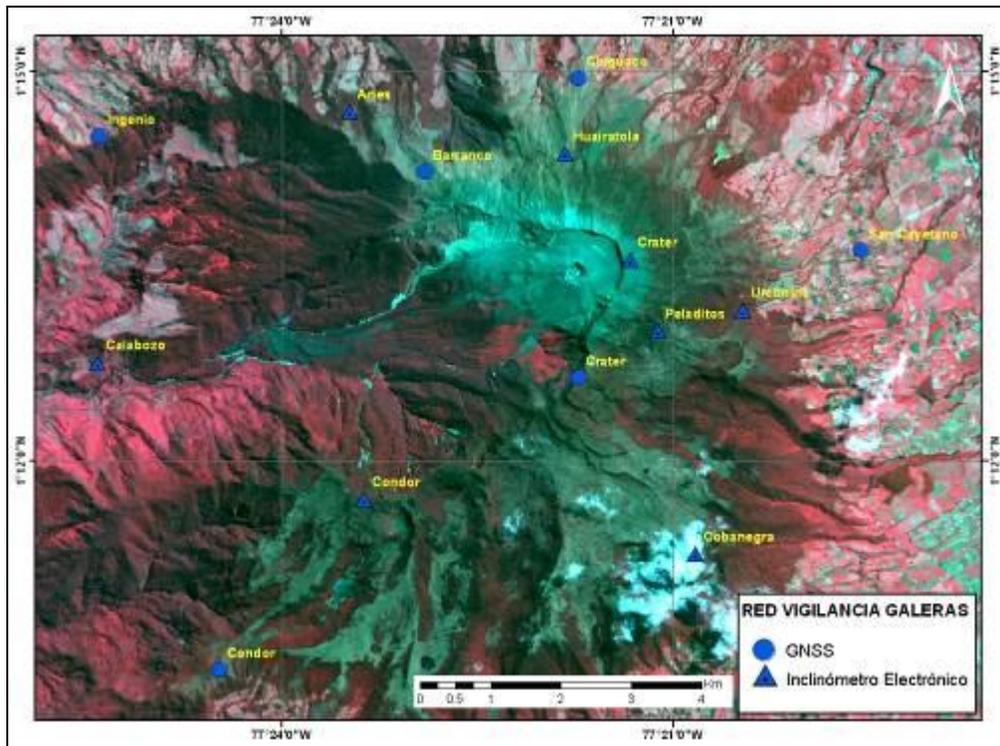


Figura 2. Mapa de localización de las estaciones de deformación volcánica, inclinómetros y GNSS que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de agosto de 2014.

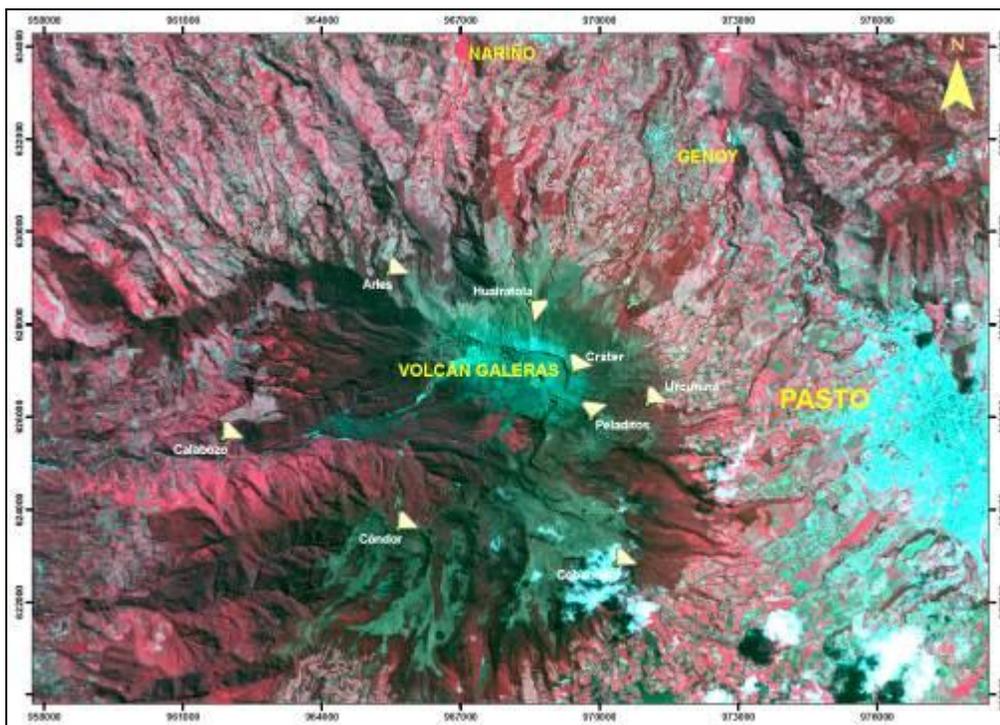


Figura 3. Mapa de localización y orientación de las componentes de las estaciones de inclinometría instaladas en Galeras.

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

Estación	Distancia al cráter (km)	angulo 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

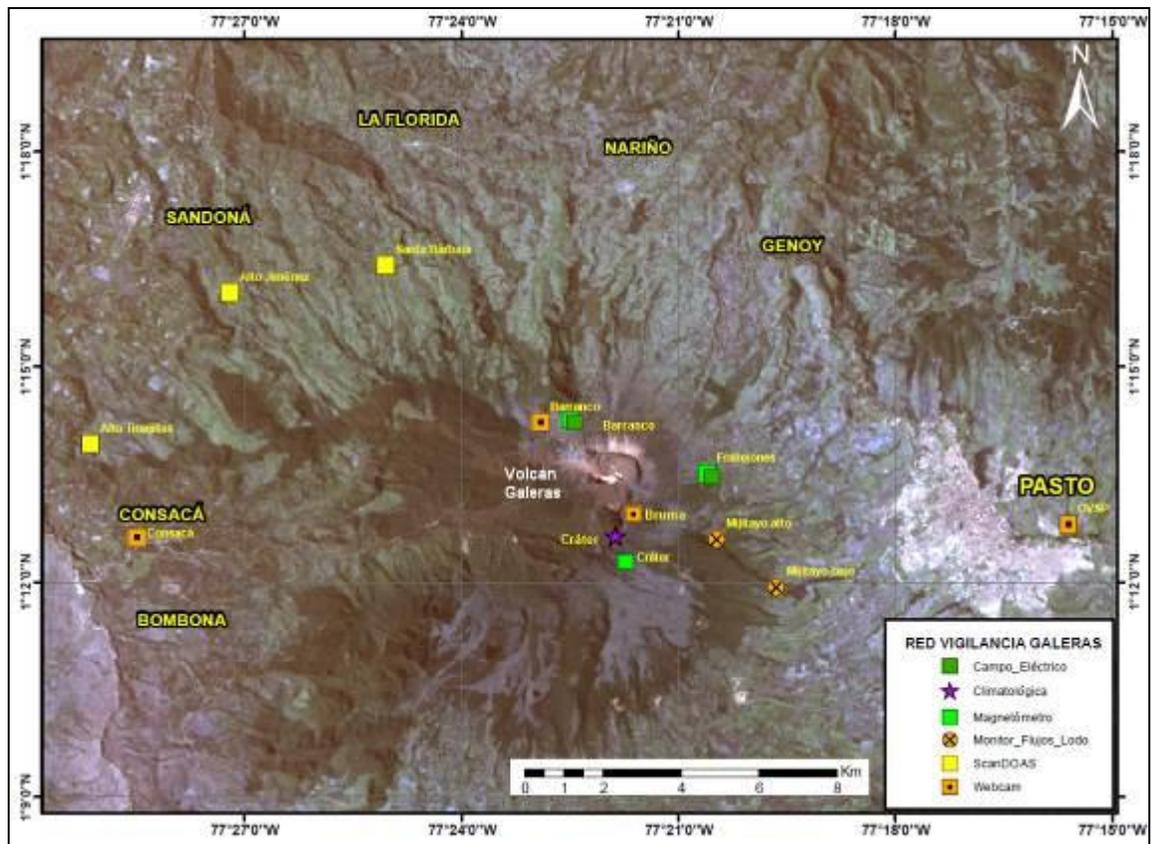


Figura 4. Mapa de localización de las estaciones campo eléctrico y magnético, flujos de lodos, ScanDOAS, climatológica y cámaras web que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de agosto de 2014.

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

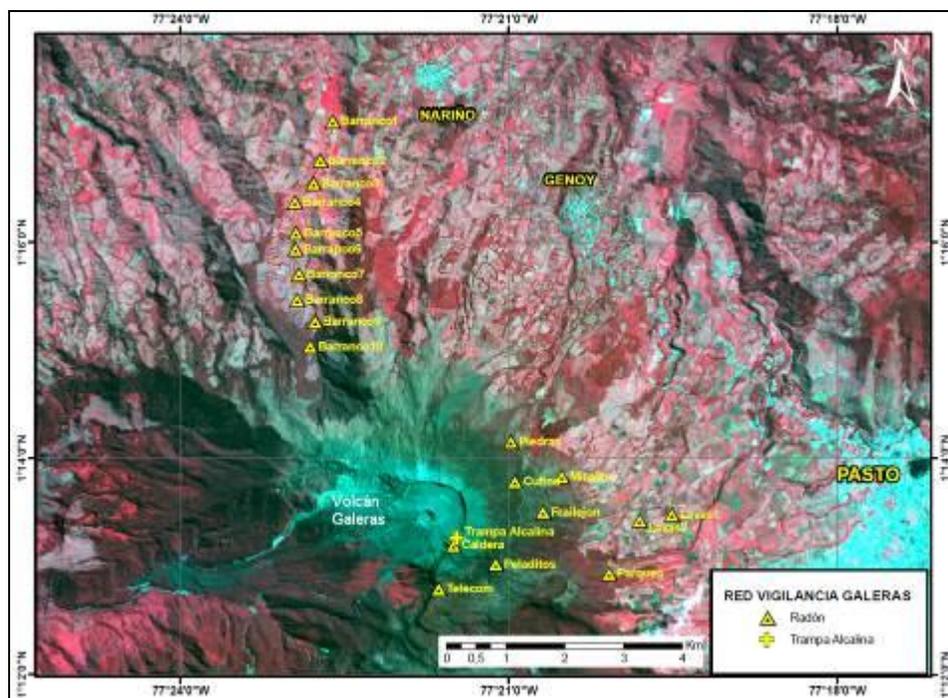


Figura 5. Mapa de localización de las estaciones instaladas en Galeras para el monitoreo de gas Radón.

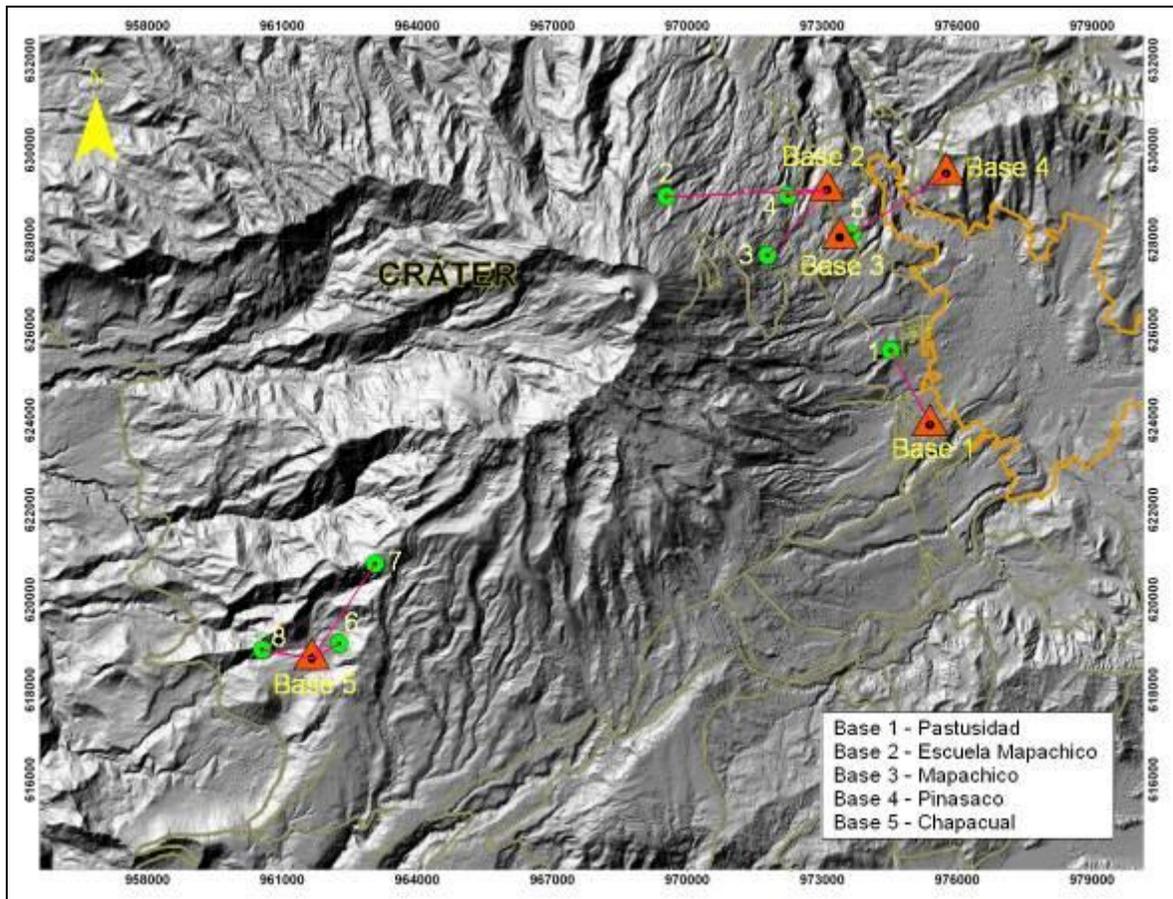


Figura 6. Localización de los puntos materializados para mediciones EDM en el volcán Galeras. Los triángulos de color naranja indican la ubicación de las Bases de medición 1, 2, 3, 4 y 5, los círculos de color verde indican la ubicación de los prismas reflectores.

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

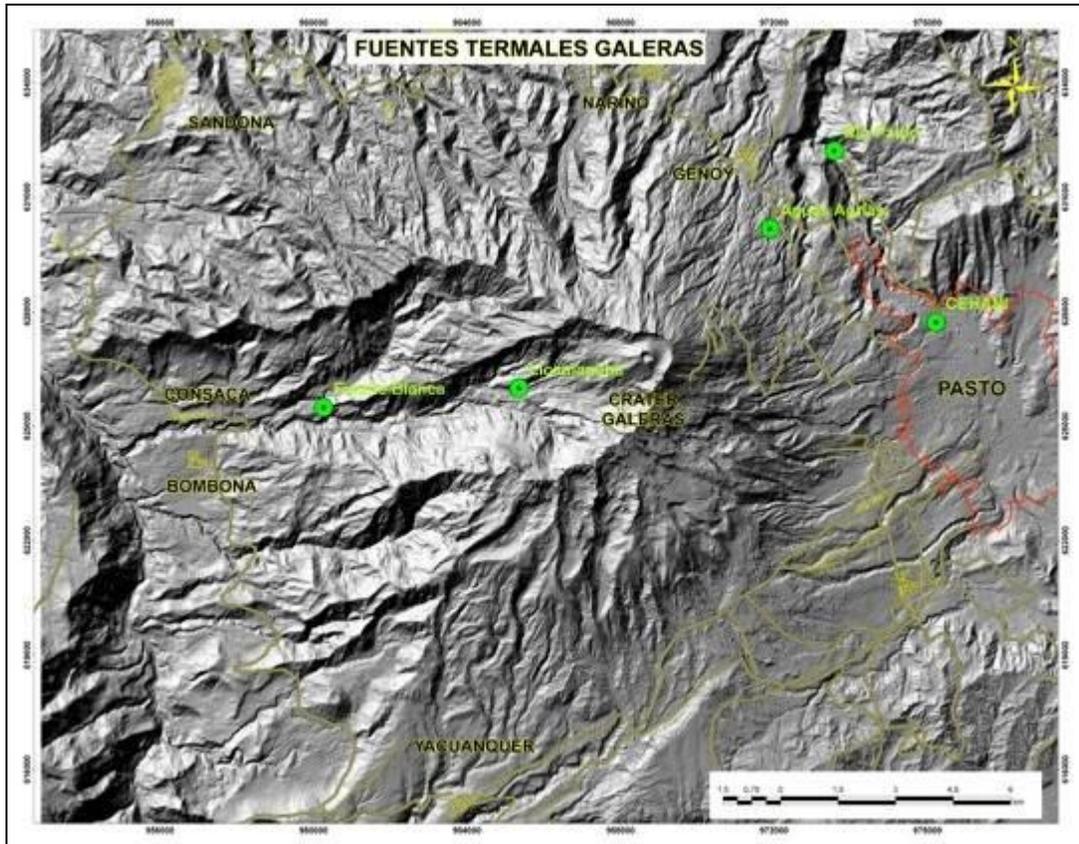


Figura 7. Mapa de localización de las fuentes termales perteneciente a la zona de influencia del Volcán Galeras.

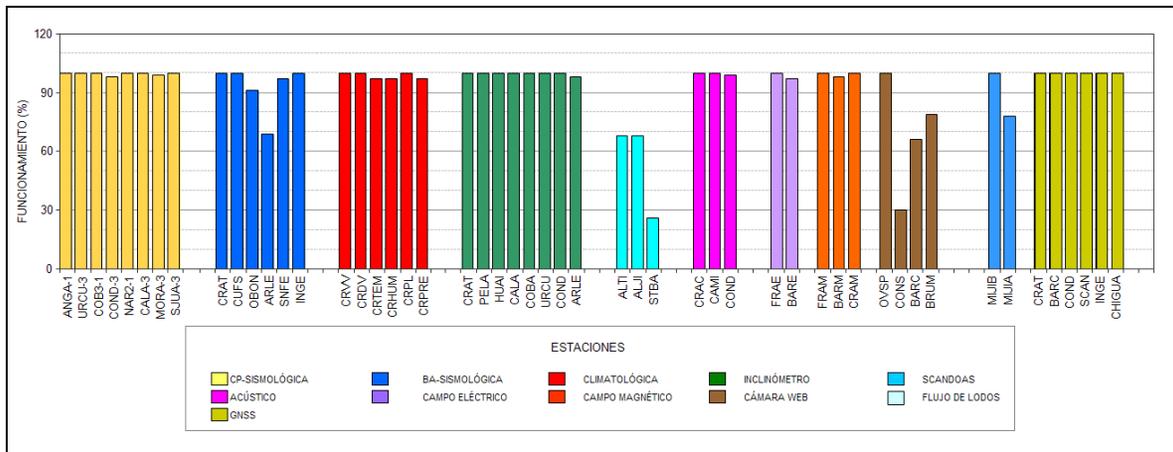


Figura 8. Histograma del porcentaje de funcionamiento durante el mes de agosto de 2014, de las estaciones telemétricas que conformaron las redes de monitoreo telemétrico del volcán Galeras.

1.2. SISMOLOGÍA

A lo largo del periodo evaluado, se observaron cambios en el comportamiento de la actividad de Galeras, principalmente relacionados con la ocurrencia y energía liberada de eventos sísmicos. La actividad sísmica dominante, estuvo asociada con eventos que involucran fracturamiento de roca y posterior movimiento de fluidos al interior de los conductos volcánicos (HYB), seguidos por sismos relacionados con fracturamiento de roca (VT) y en menor cuantía por eventos tipo LPS, los cuales involucran movimiento de fluido de fuente transitoria (Tabla 9, Figura 9).

En términos generales, se observó un pequeño descenso en la ocurrencia diaria de eventos sísmicos clasificables con respecto al mes anterior, cercano al 16% (Tabla 9); resaltando para el periodo evaluado un incremento en los eventos clasificados como HYB (Tabla 9, Figura 10). Así mismo, en cuanto a los sismos registrados no clasificables, se observó un incremento, que en comparación con el mes de julio de 2014, es del 53.1% (Tabla 9).

En total se registraron 12 eventos tipo Tremor espasmódico clasificables, la duración por evento fluctuó entre 1 y 11 minutos y se totalizó una duración aproximada de 33 minutos.

En la Figura 11 se muestra una comparación en términos porcentuales de ocurrencia de la sismicidad registrada entre los meses de mayo y agosto de 2014, esta información permite corroborar de manera porcentual las fluctuaciones de la misma. Se observa el dominio de la sismicidad tipo HYB en los últimos tres periodos.

Tabla 9. Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Galeras, entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2014, incluyendo el mes objeto de evaluación, resaltado en color azul.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					
	vt	lps	tre	hyb	TOTAL	NO CLASIFICABLES
01-may-14 a 31-may-14	11	10	49	21	91	2418
01-jun-14 a 30-jun-14	38	20	25	40	123	1783
01-jul-14 a 31-jul-14	26	9	15	30	80	787
01-ago-14 a 31-ago-14	14	9	12	33	68	1205

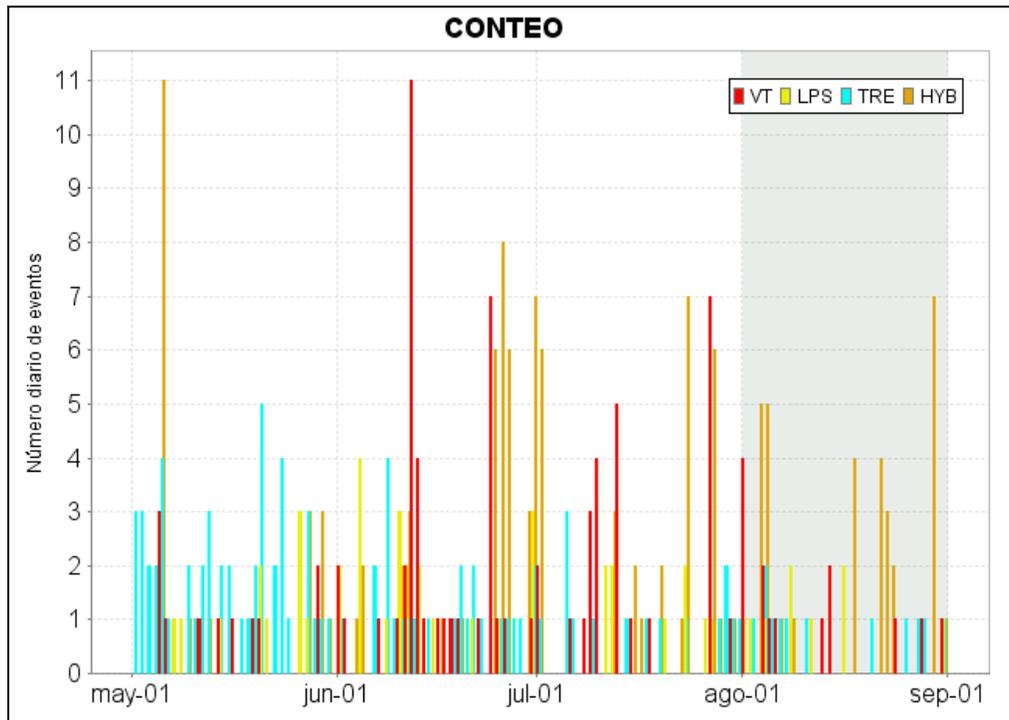


Figura 9. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Galeras, entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

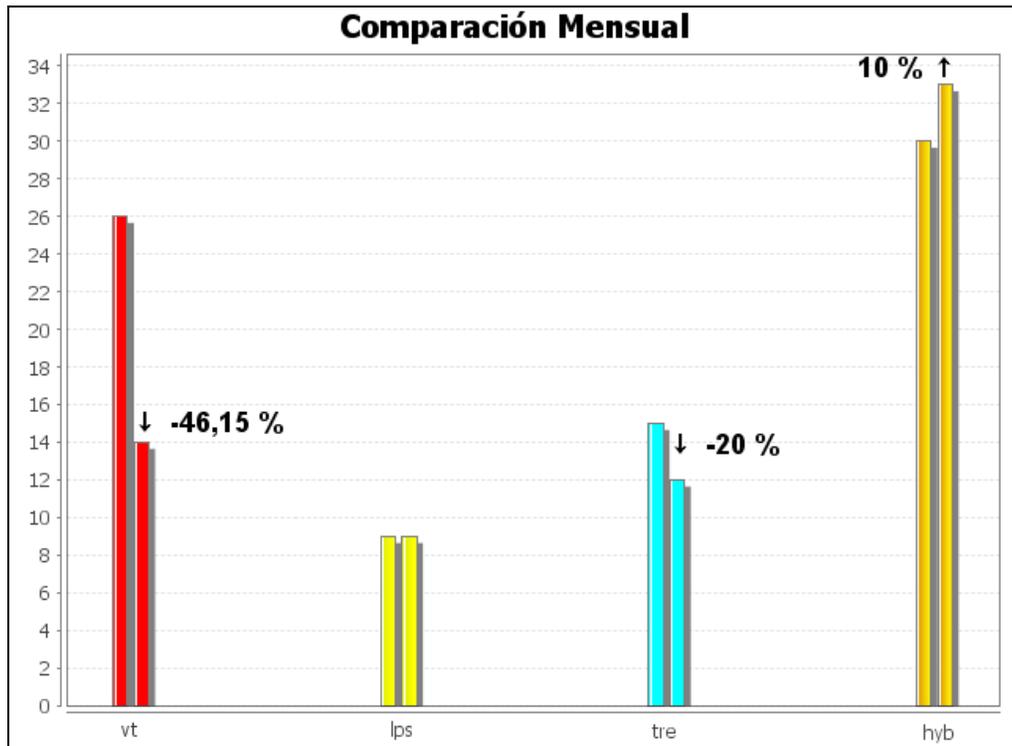


Figura 10. Relación porcentual para Galeras, que compara el número de eventos por tipo ocurridos durante el mes de agosto de 2014, con respecto al mes de julio de 2014.

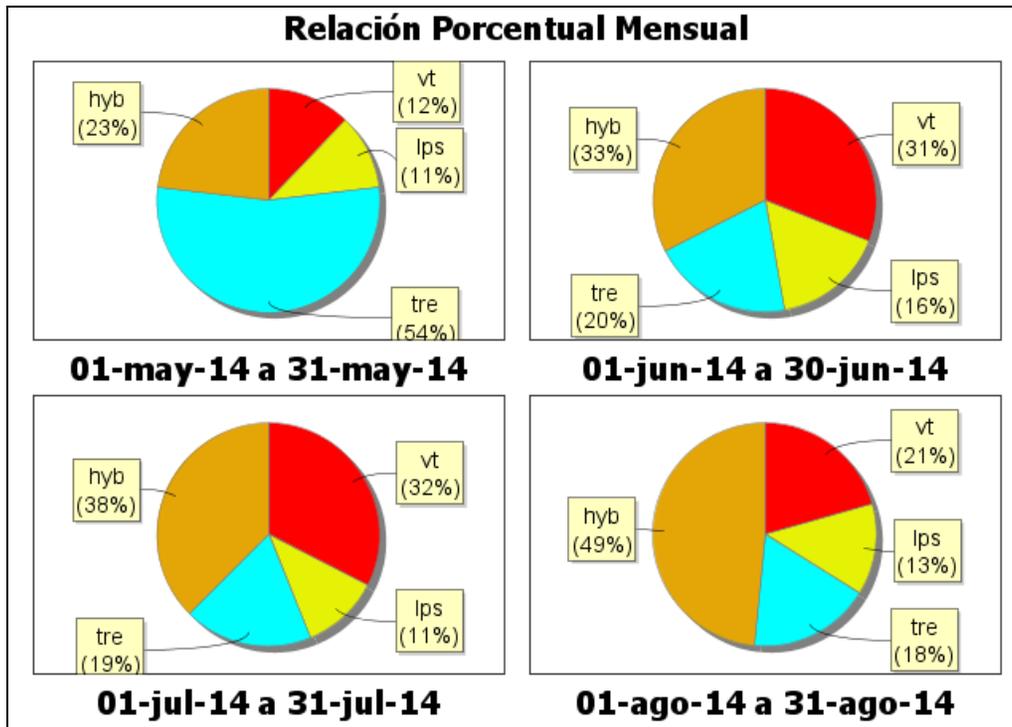


Figura 11. Relación porcentual para Galeras, que compara el número de eventos por tipo ocurridos entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2014, tomando periodos mensuales.

En cuanto al total de liberación diaria de energía para el mes de agosto, con respecto al mes anterior, se observó un notable descenso cercano al 94% a lo registrado el mes pasado, reflejado principalmente en los eventos clasificados como VT (Tabla 10, Figuras 12 y 13). El mayor aporte energético provino de los eventos tipo HYB (Tabla 10, Figura 14) el cual corresponde al 43%.

Tabla 10. Energía liberada de ondas de cuerpo por los diferentes tipos de eventos volcánicos, ocurridos en Galeras, entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2014, tomando periodos mensuales, incluyendo el mes objeto de evaluación, resaltado en color azul.

Periodo Evaluado	Energía liberada por tipo de evento [ergios]				
	VT	LPS	TRE	HYB	TOTAL
01-may-14 a 31-may-14	3.42E+10	4.23E+10	1.63E+11	1.34E+11	3.74E+11
01-jun-14 a 30-jun-14	2.19E+14	1.85E+11	1.26E+11	7.24E+11	2.20E+14
01-jul-14 a 31-jul-14	4.73E+12	4.08E+10	1.32E+11	7.67E+10	4.98E+12
01-ago-14 a 31-ago-14	8.71E+10	4.07E+10	4.16E+10	1.27E+11	2.97E+11

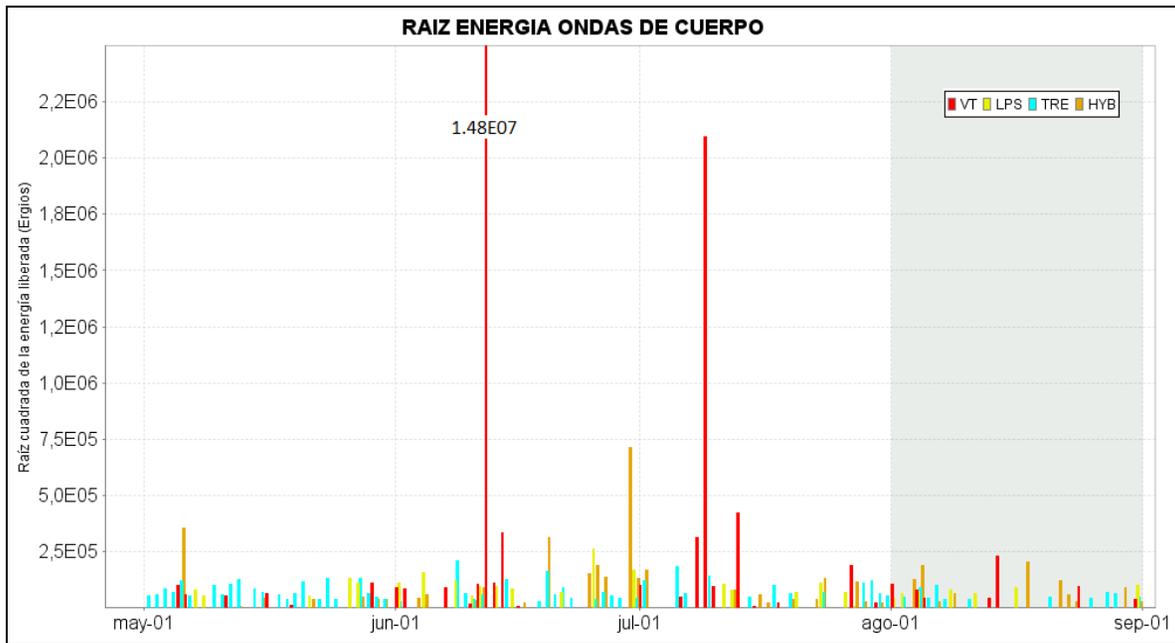


Figura 12. Energía diaria liberada por los eventos volcánicos ocurridos en Galeras entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2014. La ordenada se muestra en términos de la raíz cuadrada del valor de la energía en ergios.

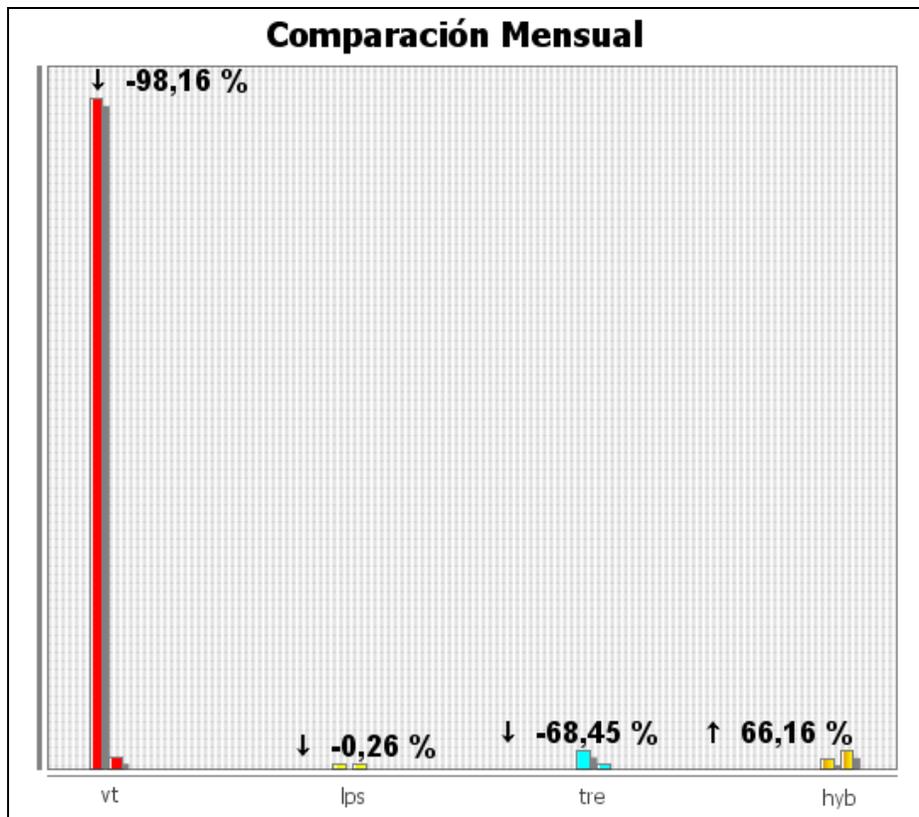


Figura 13. Relación porcentual para Galeras, que compara la energía diaria liberada de eventos por tipo ocurridos durante el mes de agosto de 2014, con respecto al mes de julio de 2014.

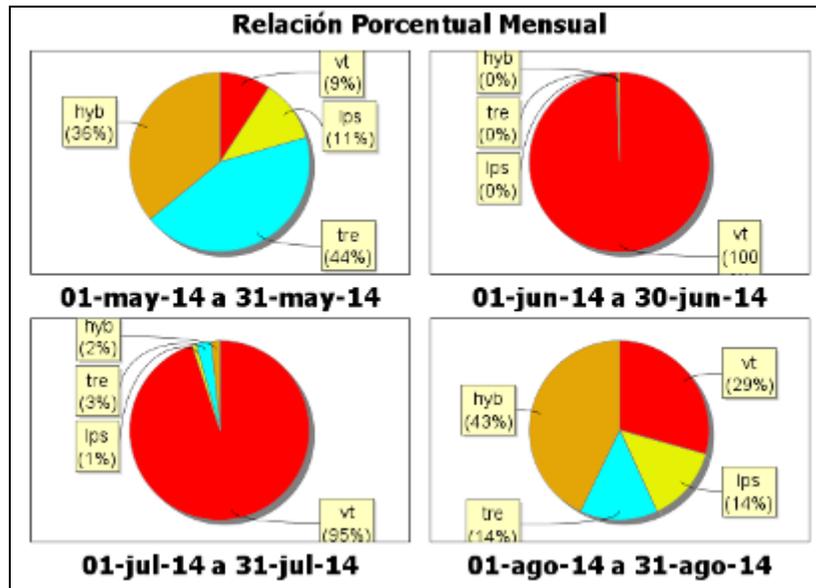


Figura 14. Relación porcentual de la energía sísmica liberada por los eventos de Galeras, registrados entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2014, tomando periodos mensuales.

De la actividad sísmica se resalta el registro de dos enjambres de eventos (varios eventos en lapsos de tiempo cortos), ocurridos el primero, el 21 de agosto, entre las 12 y 22 horas con un total de 249 eventos no clasificables, el segundo enjambre, se presentó el 23 de agosto, entre las 8 y 11 de la mañana, con un total de 51 sismos. La Figura 15 se muestra el sismograma de la estación Anganoy, resaltando el enjambre del 21 de agosto de 2014.

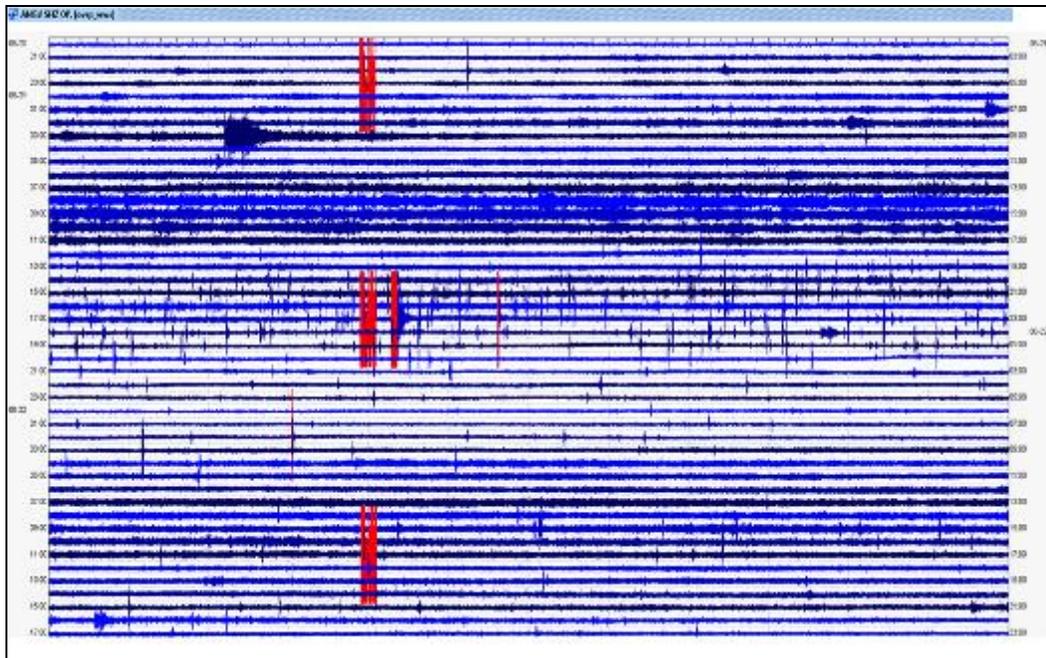


Figura 15. Sismograma de la estación sísmica Anganoy ANGV, resaltando el enjambre sísmico ocurrido el 21 de agosto de 2014, entre las 12 y 22 horas, con un total de 249 eventos.

En cuanto a la sismicidad cuya génesis es el fracturamiento de material cortical al interior del edificio volcánico, eventos VT e HYB, en el transcurso del mes y haciendo uso del programa HYPO71, fue posible localizar 31 sismos entre clasificables y no clasificables, 21 VT y 10 HYB, ubicándose de manera dispersa alrededor del edificio volcánico con distancias epicentrales de hasta 14 km respecto al cono activo (Figura 16). Las profundidades fluctuaron entre 0.3 y 13 km respecto a la cima (Figura 16).

Las magnitudes locales de estos sismos oscilaron entre -0.1 y 1.4 en la escala de Richter, cerca del 84% de los eventos tuvieron magnitudes menores a 1 en la escala de Richter.

En las Figuras 16 y 17, se muestran algunos parámetros de los sismos VT e HYB, como localizaciones y porcentajes de profundidad y magnitud local.

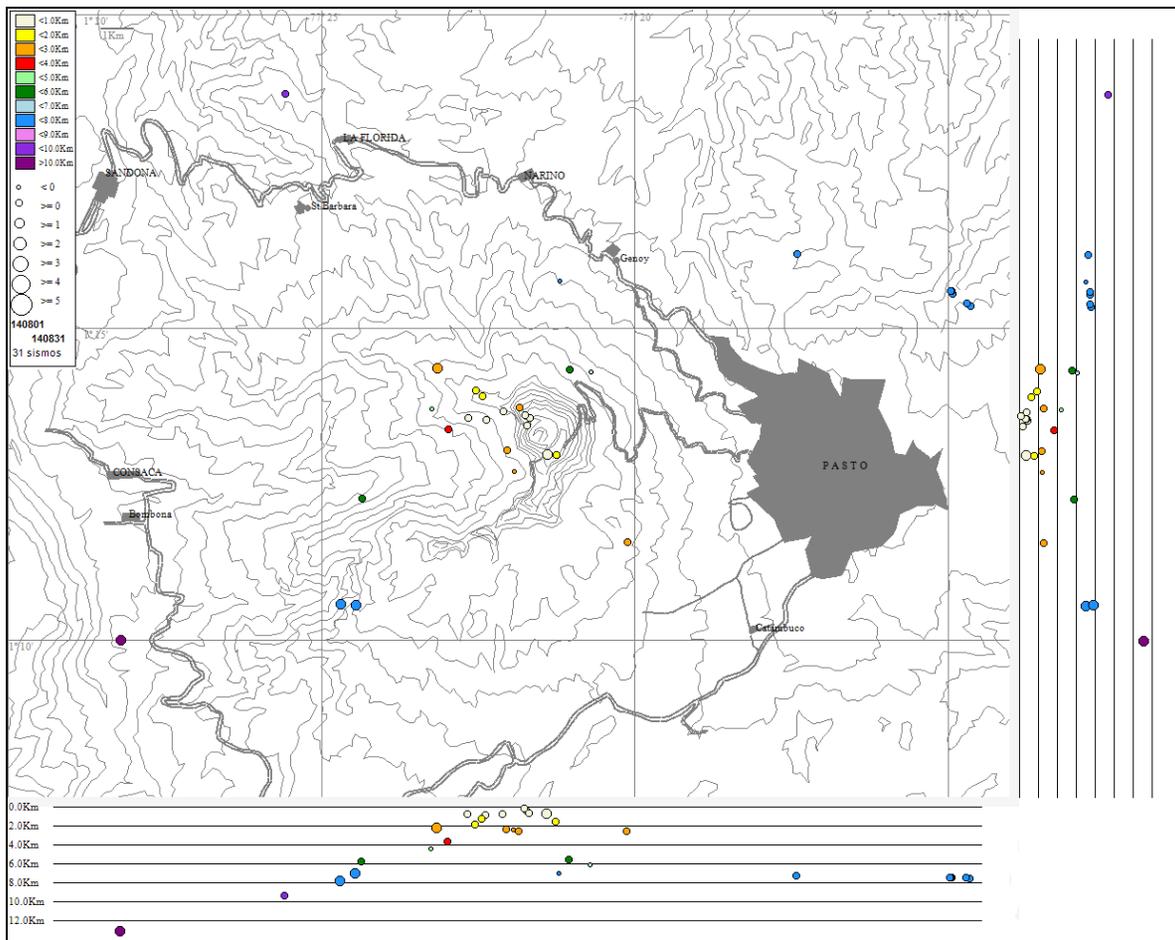


Figura 16. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y el 31 de agosto de 2014. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2 km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4200 msnm).

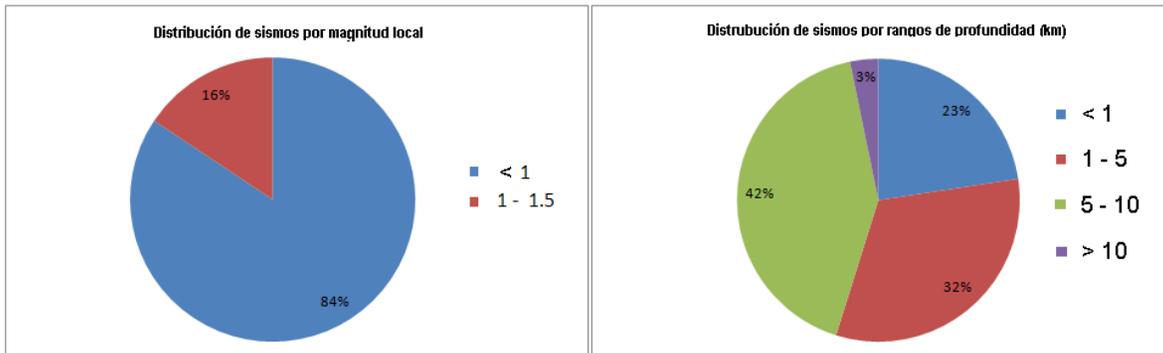


Figura 17. Relaciones porcentuales por rangos de magnitud local (izquierda) y por rangos de profundidad (derecha) para los sismos localizados durante el mes de agosto de 2014.

1.3. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA

1.3.1. Inclínometría Electrónica

Durante el mes de agosto de 2014 se contó con los datos de los inclinómetros electrónicos Cráter, Peladitos, Huairatola, Cobanegra, Calabozo, Urcunina, Cóndor y Arlés cuya localización se puede apreciar en las Figuras 2 y 3.

En cuanto a la información suministrada por los inclinómetros electrónicos sobre los procesos deformativos del edificio volcánico, se resalta que las componentes Tangencial y Radial del inclinómetro Cráter muestran un comportamiento ascendente, cuya variación desde el 17 de julio es de 20 y 28 μrad respectivamente (Figura 18). De igual forma se observa una tendencia ascendente en la componente Norte del inclinómetro Cobanegra, ascenso de 22 μrad (Figura 19). Este mismo comportamiento ascendente se presentó en la componente Norte del sensor Cóndor, alcanzando desde el 17 de julio cerca de 250 μrad (Figura 20). En el inclinómetro Peladitos se observa una tendencia ascendente en la componente Radial, la cual al parecer se asocia al comportamiento presentado por la temperatura (Figura 21). En relación al inclinómetro Calabozo, se observa un comportamiento descendente en la componente Norte desde el 1 de julio, cuya variación es de 85 μrad , mientras que la componente Este, luego del comportamiento ascendente, tiende a estabilizarse (Figura 22). En Urcunina las tendencias descendentes mostradas por las componentes tanto Este, como Norte, al parecer se relacionan con el registro de la temperatura del sensor (Figura 23). En el inclinómetro Arlés las fluctuaciones observadas se asocian al comportamiento de lo mostrado por el sensor de temperatura del equipo (Figura 24). Huairatola muestra estabilidad en el registro de sus dos componentes Radial y Tangencial (Figura 25).

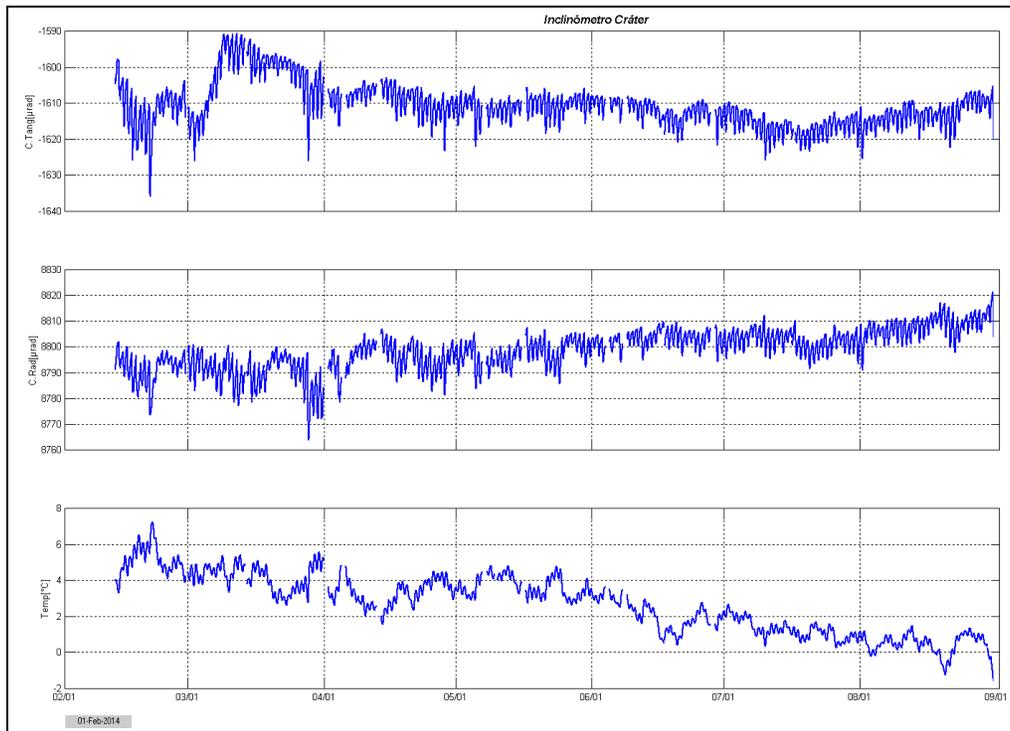


Figura 18. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Cráter, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero de 2014 y el 31 de agosto de 2014.

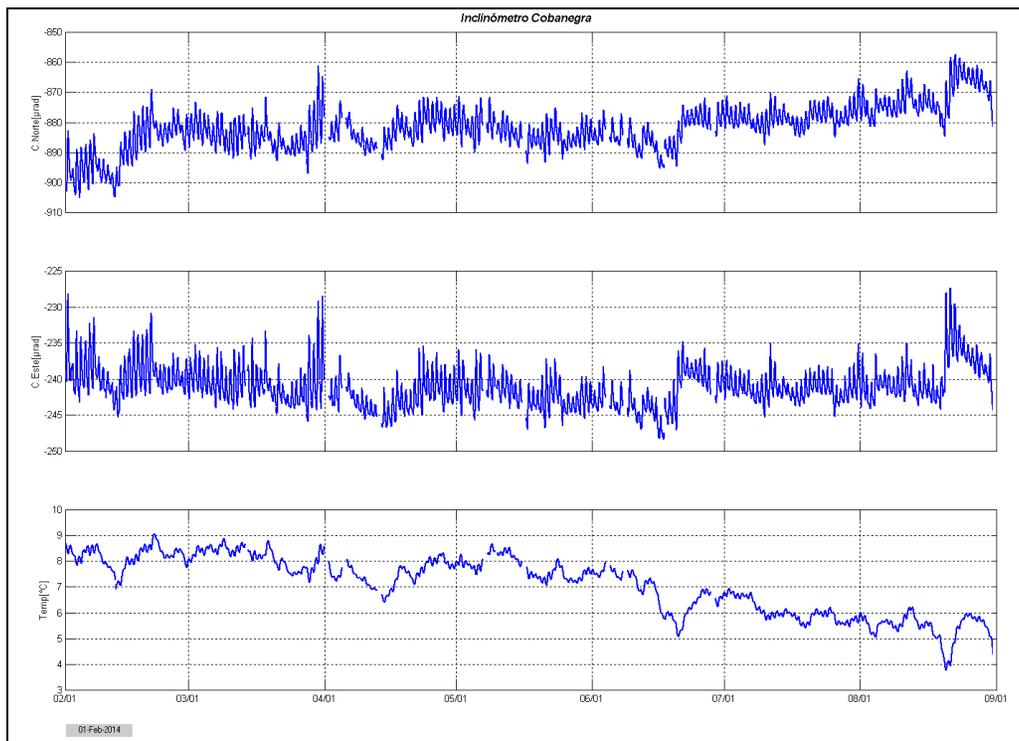


Figura 19. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Cobanegra, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero de 2014 y el 31 de agosto de 2014.

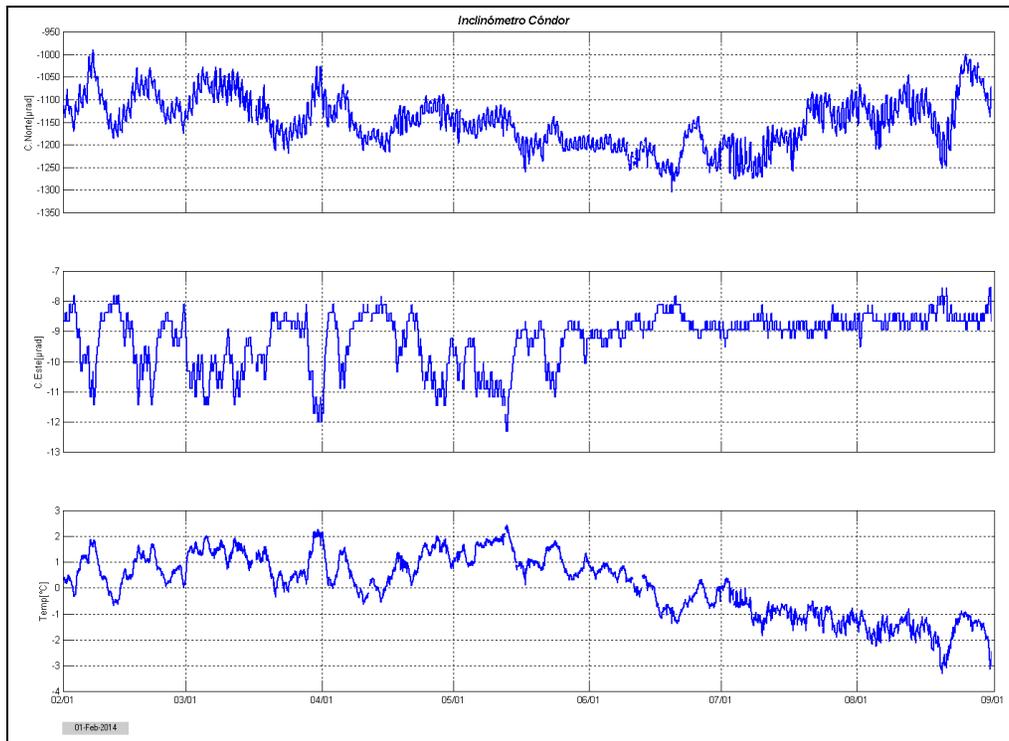


Figura 20. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Córdor, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero de 2014 y el 31 de agosto de 2014.

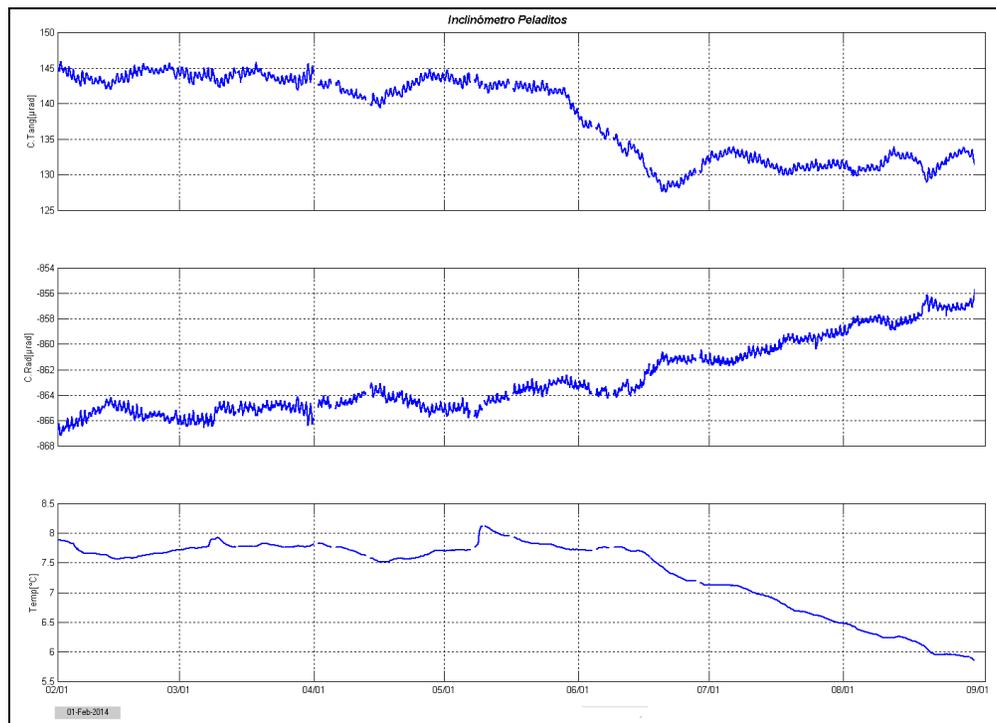


Figura 21. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero de 2014 y el 31 de agosto de 2014.

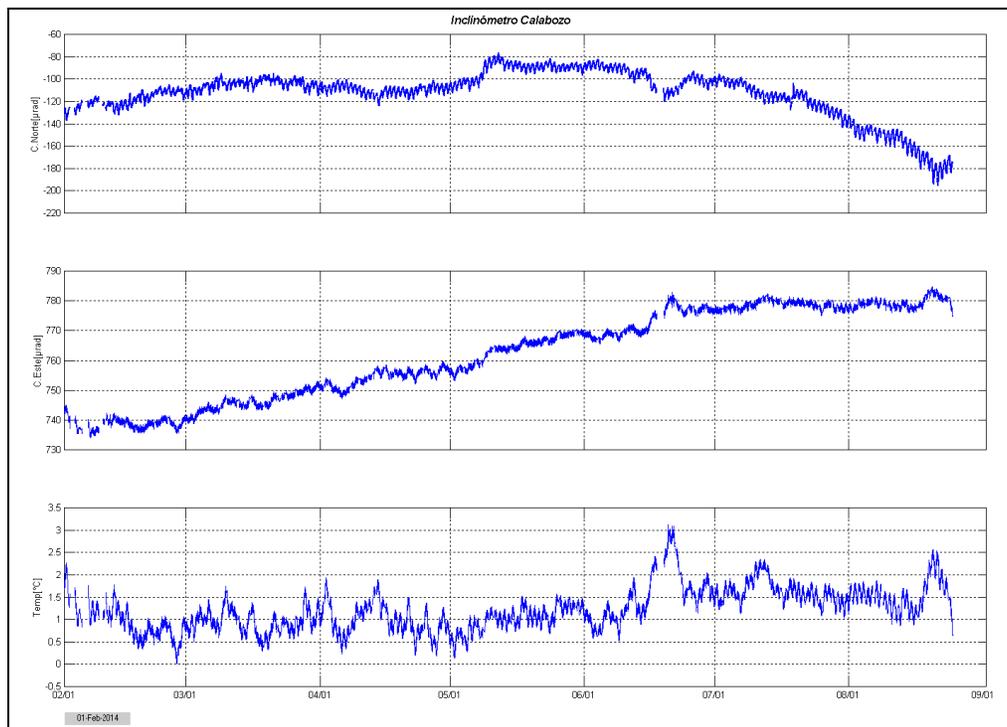


Figura 22. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero de 2014 y el 31 de agosto de 2014.

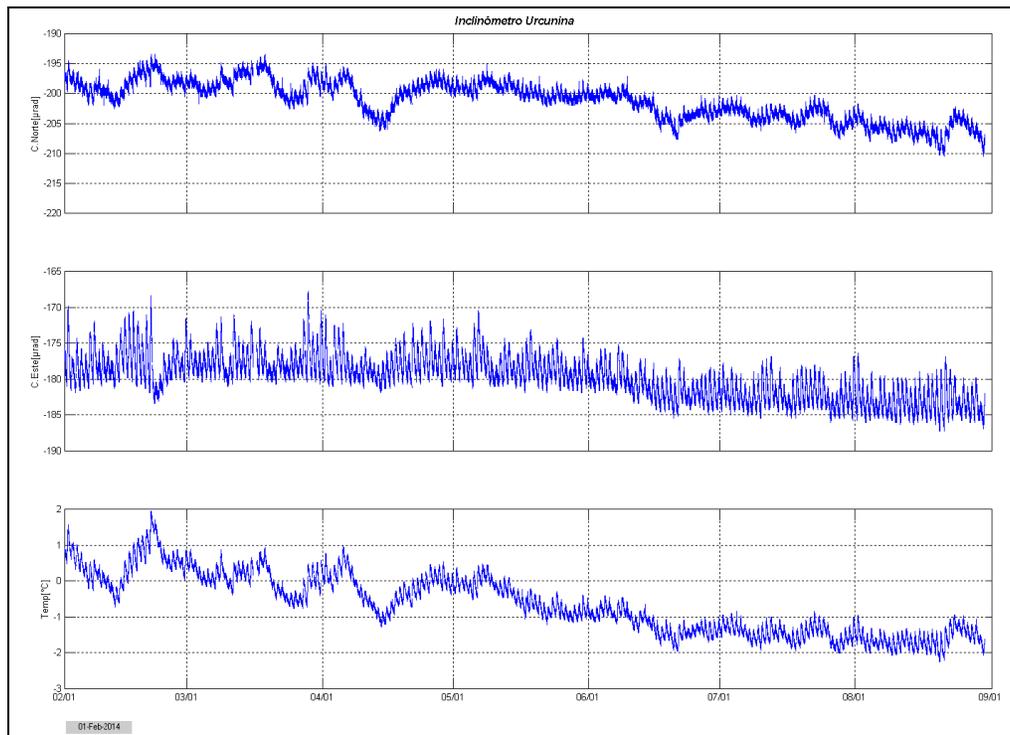


Figura 23. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Urcunina, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero de 2014 y el 31 de agosto de 2014.

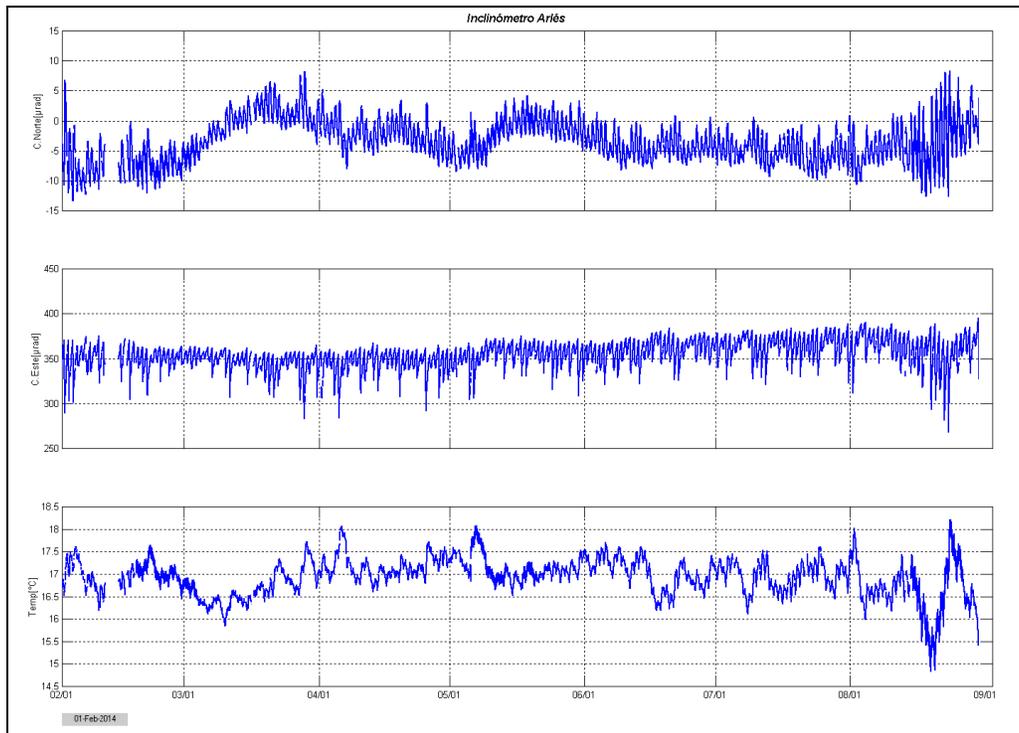


Figura 24. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Arlés, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero de 2014 y el 31 de agosto de 2014.

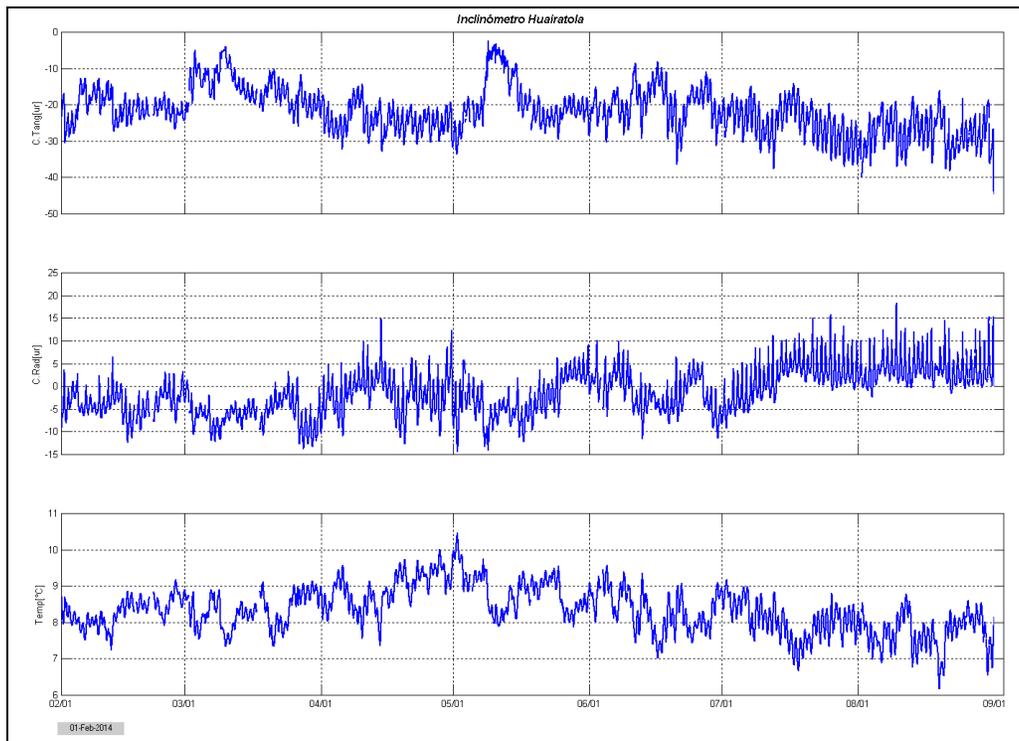


Figura 25. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Huairatola, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero de 2014 y el 31 de agosto de 2014.

1.3.2. Estaciones GNSS Permanentes

En agosto de 2014 se contó con 6 estaciones receptoras GNSS permanentes. Resaltando que las estaciones Chiguaco e Ingenio se instalaron a finales del mes de abril de 2014.

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 26 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 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 4 de septiembre de 2013, luego de haber sido objeto de saqueo el 20 de mayo de 2013.

Con respecto al comportamiento de las variaciones en la posición de las estaciones GNSS, se observa una tendencia ascendente desde el 14 de julio de 2014 en el registro Este, Norte y Altura de Cráter, Cóndor y Barranco, y en menor proporción en San Cayetano (Figuras 27, 28, 29 y 30).

Los cambios observados en las estaciones de Chiguaco y de Ingenio podrían estar asociados con el proceso de estabilización de la estación (Figuras 31 y 32).

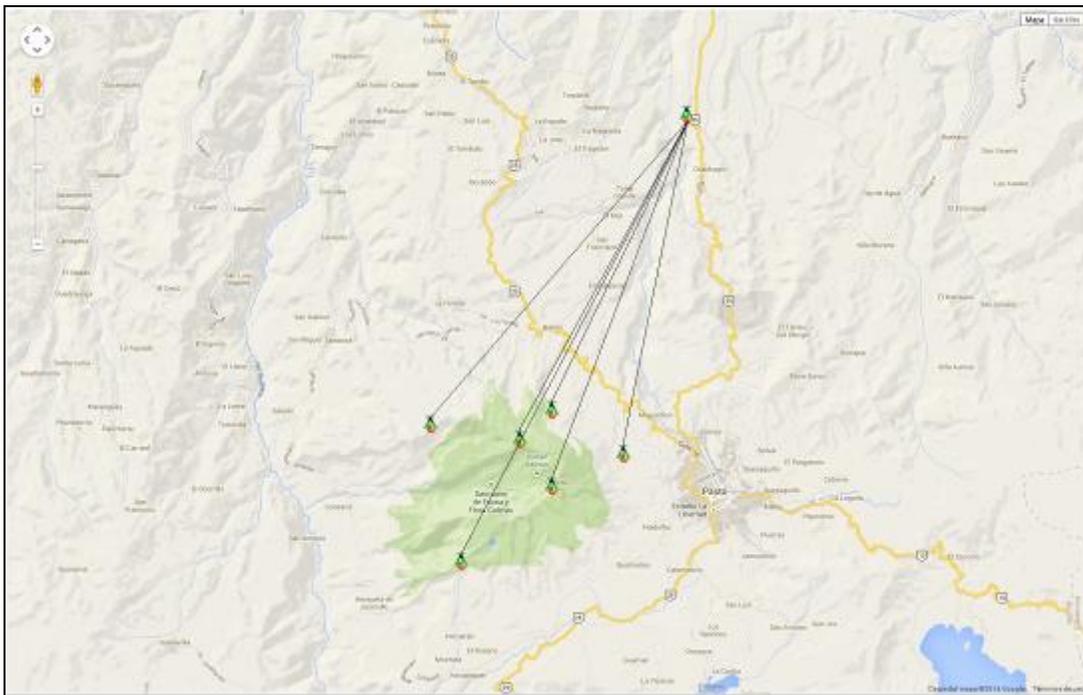


Figura 26. Ubicación de las estaciones GNSS instaladas en Galeras respecto al GNSS QUIL ubicado en el aeropuerto Antonio Nariño.

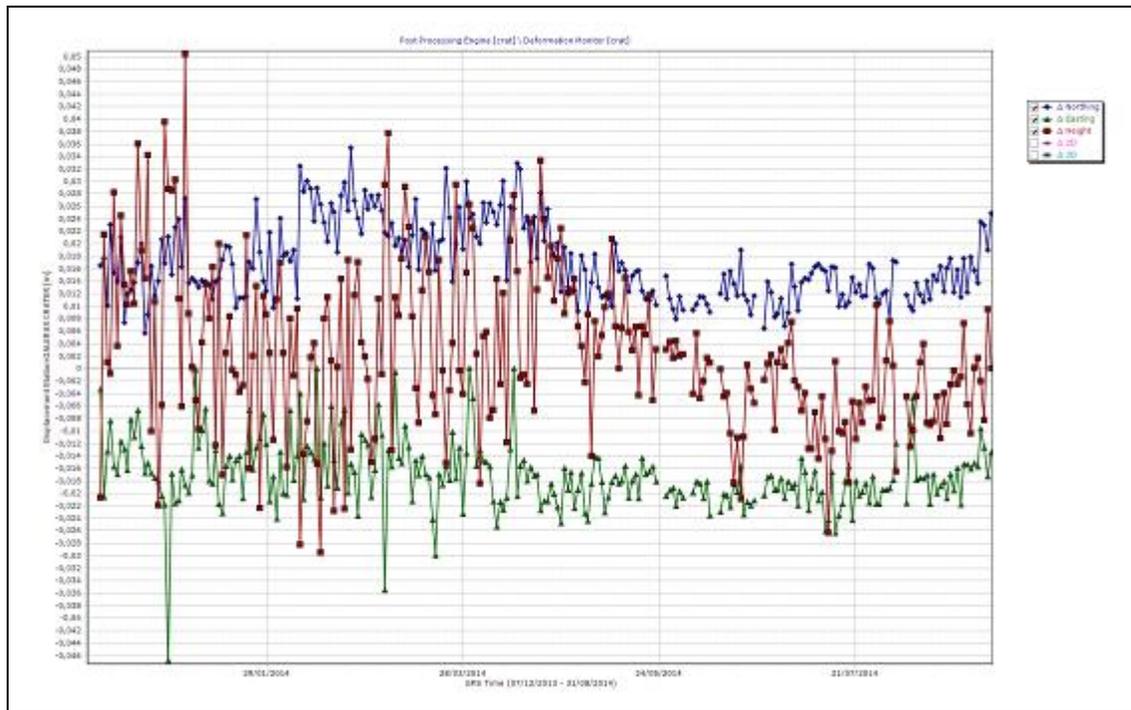


Figura 27. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cráter instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre diciembre de 2013 y el 31 de agosto de 2014.

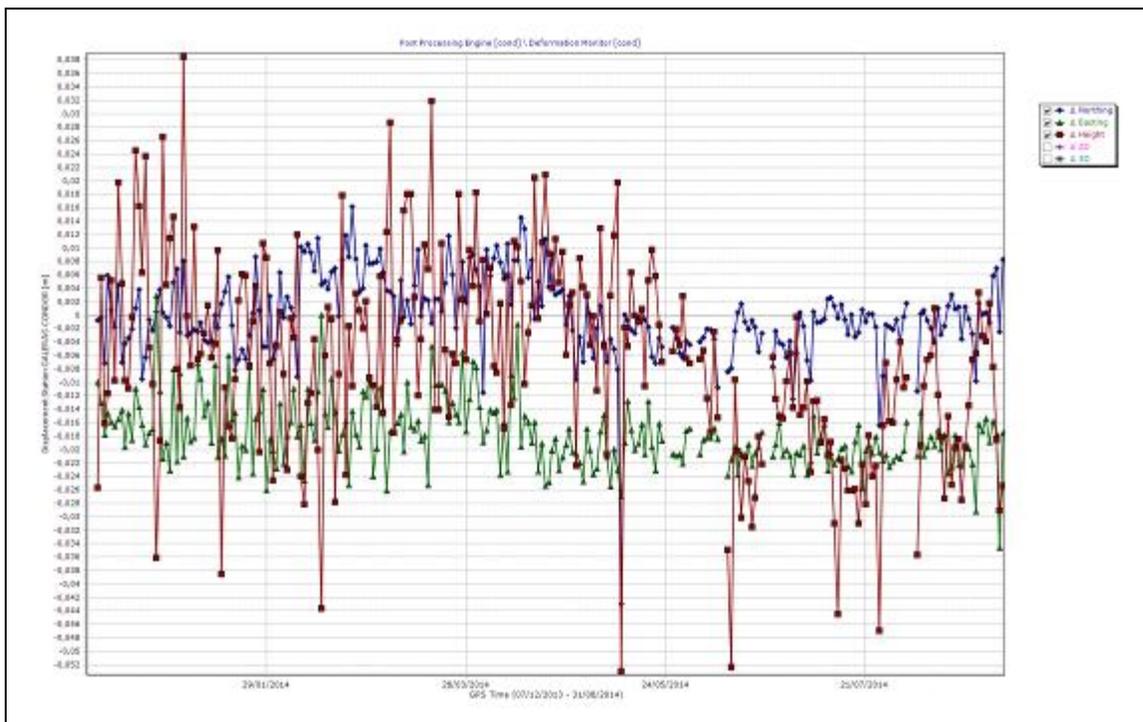


Figura 28. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cónдор instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre diciembre de 2013 y el 31 de agosto de 2014.

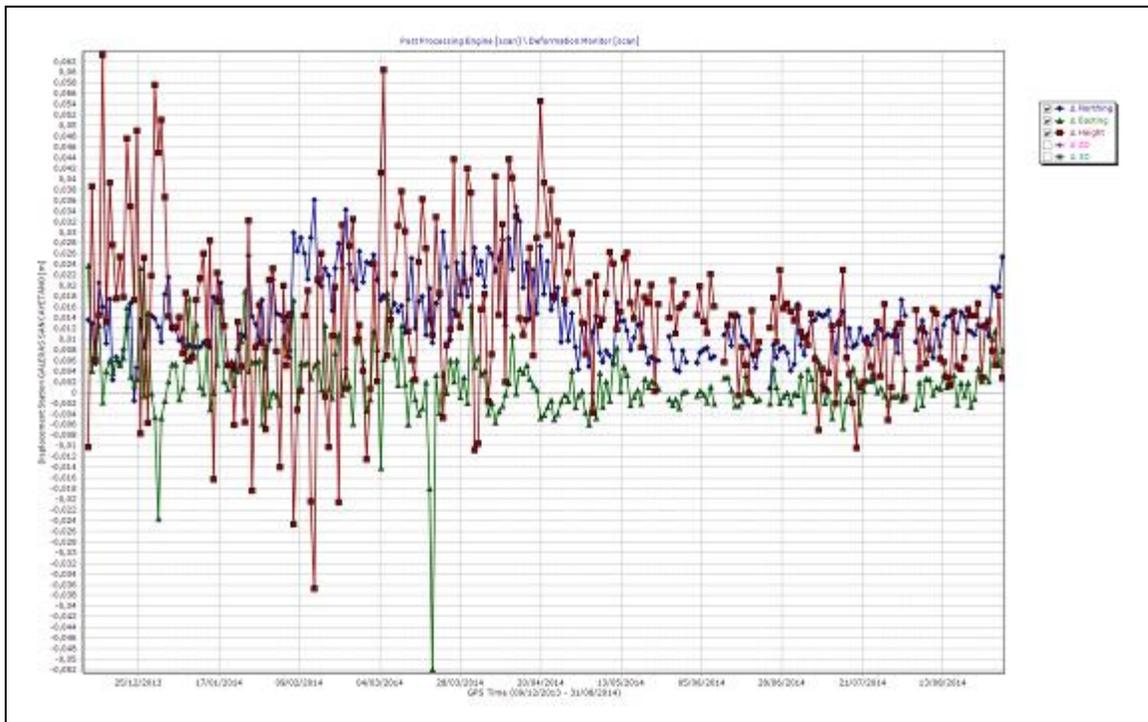


Figura 29. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS San Cayetano instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre diciembre de 2013 y el 31 de agosto de 2014.

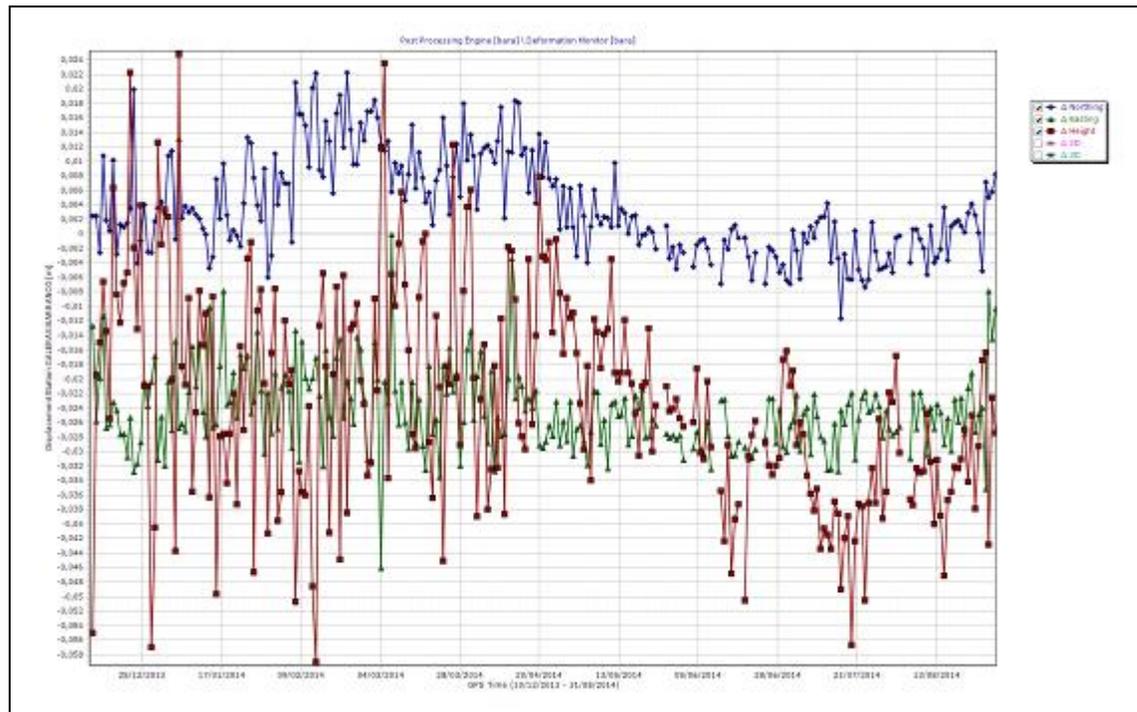


Figura 30. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Barranco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre diciembre de 2013 y el 31 de agosto de 2014.

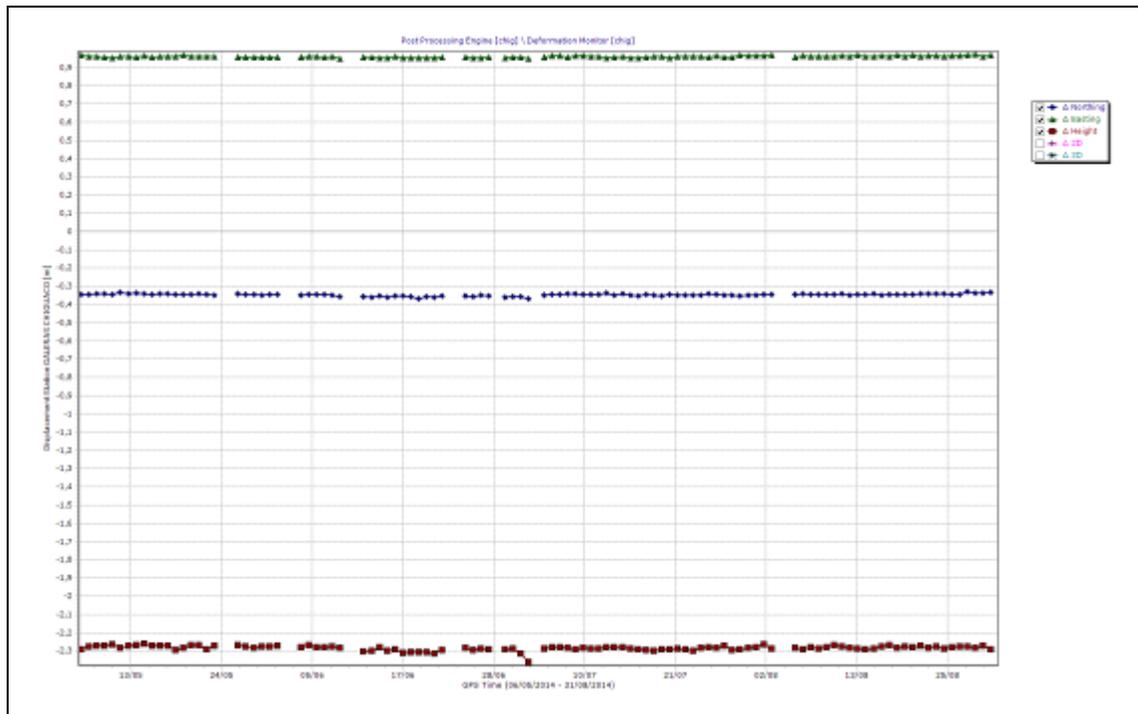


Figura 31. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Chiguaco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre mayo y agosto de 2014.

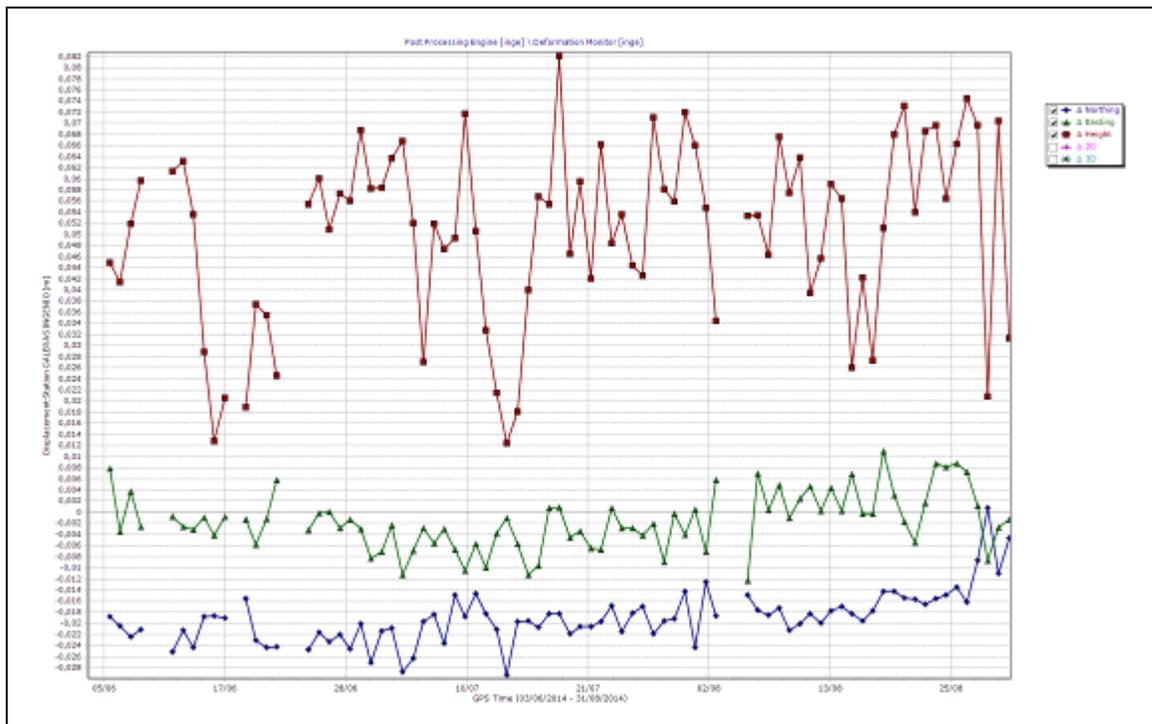


Figura 32. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Ingenio instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre junio y agosto de 2014.

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 agosto de 2014 se efectuaron mediciones de Dióxido de Azufre (SO_2) en la atmósfera, con las estaciones permanentes ScanDOAS. Además, se realizaron mediciones de emisión del isótopo 222 del elemento radiactivo Radón (Rn_{222}), que es el isótopo más estable de éste gas, con el sistema E-PERM, e igualmente se continuo con el muestreo de fuentes termales.

1.4.1. Mediciones de Dióxido de Azufre SO_2

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

En volcán Galeras se encuentran ubicadas tres estaciones telemétricas de SCANDOAS: Alto Jiménez, Alto Tinajillas y Santa Bárbara para el monitoreo de moléculas de dióxido de azufre (SO_2), partículas provenientes de la desgasificación del magma en el reservorio profundo.

El SCANDOAS es un sistema de espectroscopia de absorción UV que funciona mediante absorción óptica diferencial, diseñado para medir la emisión de gas SO_2 , convirtiendo la luz ultravioleta detectada en señales digitales, éstas señales son el espectro para la evaluación del gas. (Instructivo del APLICATIVO ISOLUCIÓN: IN-AME-OVS-003).

Se obtuvieron escaneos durante todos los días del mes de agosto, para el día 29 de agosto se obtiene el mayor flujo de SO_2 registrando 433 Ton/d. Los valores de escaneos estimados para presencia de pluma de dióxido de azufre (SO_2) en la atmósfera durante este mes obtenidos de las estaciones Alto Jiménez, Santa Bárbara y Alto Tinajillas, oscilaron entre las 100 Ton/d para el 14 de agosto hasta las 433 Ton/d para el 29 de agosto, valores considerados como bajos Galeras (Figura 33, Tabla 11).

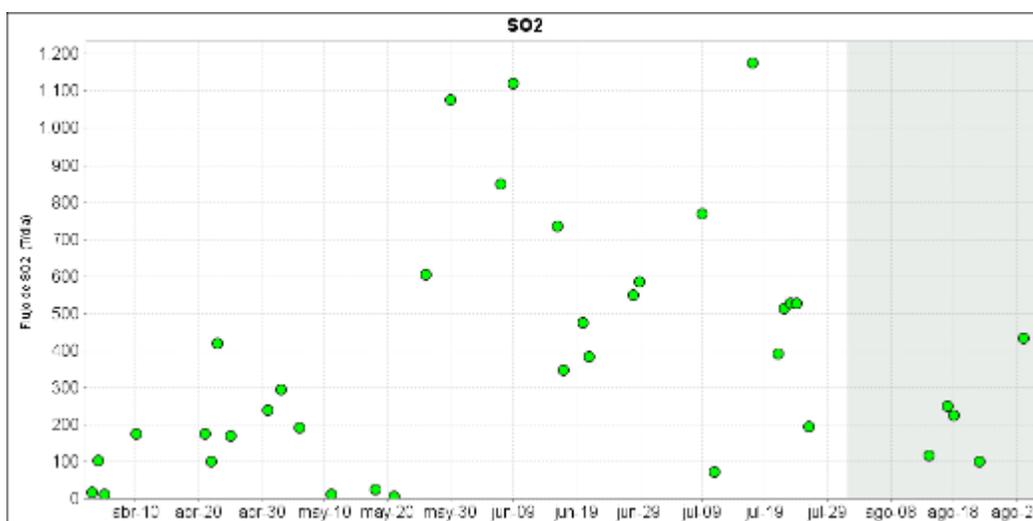


Figura 33. Flujo de emisión de SO_2 registrado desde el 1 de abril hasta el 31 de agosto de 2014, por los instrumentos ScanDOAS y MobileDOAS en Galeras. Se resalta en gris el mes evaluado.

Tabla 11. Emisiones de SO₂ del volcán Galeras (cuantificadas en términos de flujo de emisión) registradas durante el mes de agosto de 2014, por las estaciones ScanDOAS y MobileDOAS (Proyecto NOVAC).

FECHA	HORA LOCAL	DIRECCION AZIMUT	VELOCIDAD [m/s]	Máximo flujo SO ₂ diario	Estación de registro	Instrumento
14-ago-14	03:17 PM	25.3	6.26	116	Alto Tinajillas	SCANDOAS
17-ago-14	11:03 AM	255.3	7.66	250	Alto Jimenez	SCANDOAS
18-ago-14	09:45 AM	229.2	8.81	225	Alto Jimenez	SCANDOAS
22-ago-14	08:52 AM	224.8	4.23	100	Alto Jimenez	SCANDOAS
29-ago-14	10:04 AM	239.9	9.83	433	Alto Jimenez	SCANDOAS

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

En las Figuras 34 y 35 se encuentran los valores de flujo de SO₂, velocidad y dirección del viento, en el que se puede observar que existe una relación con estas dos últimas variables y la cantidad de partículas de SO₂ calculadas para el flujo total en el mes de agosto, se observó que se mantiene una tendencia en la dirección del viento y se presenta variación en la velocidad registrada, lo que podría causar diferencias en el cálculo del flujo para SO₂. Para este periodo se sigue presentando proceso de desgasificación en Galeras.

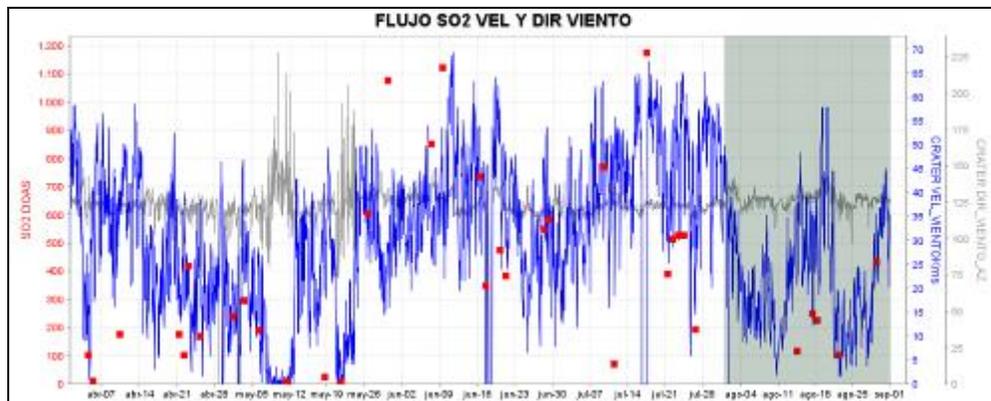


Figura 34. Flujo de emisión de SO₂, dirección y velocidad del viento para el mes de agosto de 2014.



Figura 35. Velocidad y dirección del viento para el mes de agosto de 2014.

1.4.2. Mediciones del gas Radón - Rn_{222}

El monitoreo de gas Rn_{222} en el volcán Galeras, se realizó con el sistema E-PERM, canalizando el gas en tubos de Cloruro de Polivinilo (PVC), en cuyo interior se encuentra un sensor llamado "Electret" con un potencial conocido, acoplado a una cámara de volumen conocido. El análisis de la concentración de Rn_{222} se fundamenta en la capacidad que tiene el isótopo para desintegrarse, produciendo partículas alfa, las cuales ionizan el aire de la cámara de medición, bombardean el sensor y lo descargan. La concentración de Rn_{222} , es directamente proporcional a la diferencia de potencial para el sensor e inversamente proporcional al tiempo de análisis.

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).

Los datos de flujo de gas radón en suelo para el mes de agosto se calcularon según el instructivo IN-AME-OVS-025 (APLICATIVO ISOLUCIÓN V.3), a partir del muestreo realizado en las dos líneas de estaciones establecidas: Línea Galeras y Línea Barranco (cada una de ellas con 10 estaciones) permitiendo determinar la concentración de la removilización de los radionúclidos (U_{238} , Rn_{226}) (Flexser et al., 1987; Wollenberg et al., 1984/85).

En las Figuras 36 y 37 se encuentran graficados los flujos del isótopo gas radón en suelo (Rn_{222}), correspondiente a los registros de las estaciones de la línea Barranco y línea Galeras, se puede observar variaciones entre las diferentes estaciones con respecto a meses anteriores.

Para las estaciones ubicadas en la línea Barranco (Figura 36), se observó un pico máximo de 5132 pCi/L (valor alto para Galeras) para el periodo comprendido entre el 7 y 15 de agosto, correspondiente a la estación BAR 10, es el valor más alto en comparación con meses anteriores. Se observa también un importante incremento en las estaciones BAR 03 y BAR 10; al final de mes se vuelve a incrementar el valor de radón para la estación BAR 01 mientras que para las demás estaciones, se conserva un comportamiento estable.

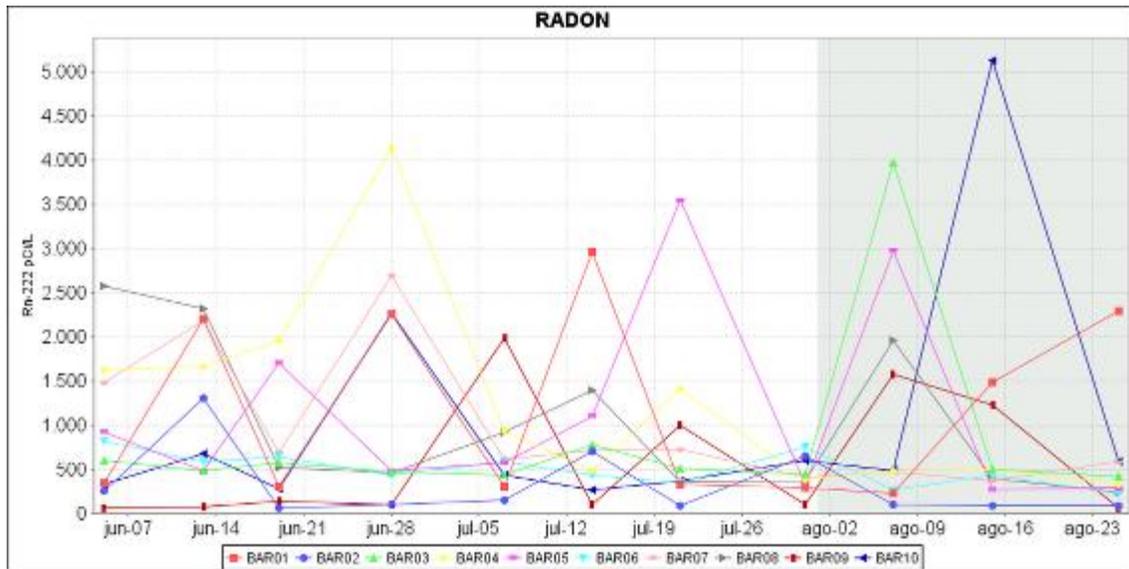


Figura 36. Concentraciones de gas radón en las estaciones ubicadas en la línea Barranco del Volcán Galeras en el periodo junio – agosto de 2014.

En cuanto a la línea Galeras (Figura 37), se aprecia el comportamiento más notable para el flujo de radón en la estación LAVA 1, en el cual para el mes de agosto se presentó un importante incremento a mediados del mes y finalizando decae nuevamente la concentración de este gas, manteniéndose dentro de un rango alto para Galeras comparado con el radón de otras estaciones dentro de esta línea. El valor de 4888 pCi/L (registrado en LAVA 1), es el valor más alto para el periodo comprendido entre el 7 y 15 de agosto. También puede observarse un ascenso en la estación LAVA 2, las demás estaciones presentan un comportamiento casi estable en comparación con meses anteriores.

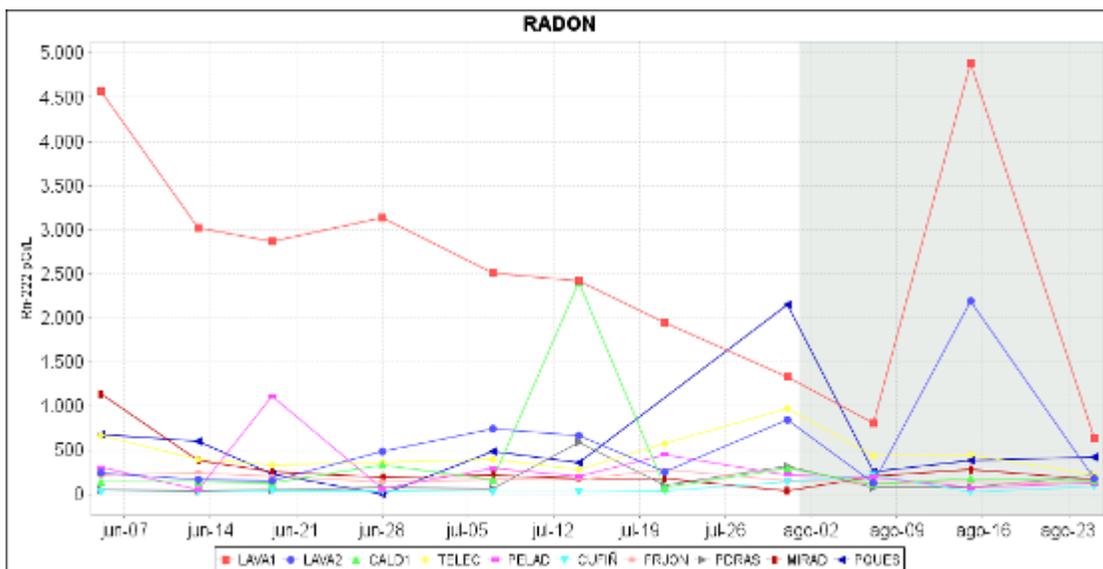


Figura 37. Concentraciones de gas radón en las estaciones ubicadas en la línea Galeras, del Volcán Galeras en el periodo junio – agosto de 2014.

En la Tablas 12 y 13 se encuentran resaltados los mayores valores de flujo de radón durante el mes evaluado, correspondientes para cada una de las líneas Galeras y Barranco respectivamente. Los cuales se consideran dentro de un rango entre moderado y alto para la actividad de radón del volcán Galeras.

Tabla 12. Flujo del gas Radón (Rn-222) en suelo (Línea Galeras) – agosto de 2014.

LÍNEA GALERAS			
ESTACIÓN	PERIODO DE MUESTREO		CONCENTRACIÓN
	INICIAL	FINAL	pCi/L
LAVA 1	31-Jul-14	07-Ago-14	803
LAVA 1	07-Ago-14	15-Ago-14	4888
LAVA 1	15-Ago-14	25-Ago-14	643

*Valores de flujo del gas isótopo radón-222 para Galeras: Bajo (0<1400 pCi/L); Moderados (>1400<4000 pCi/L); Alto (>4000<5000 pCi/L); Muy alto (>5000 pCi/L).

Tabla 13. Flujo del gas Radón (Rn-222) en suelo (Línea Barranco) – agosto de 2014.

LÍNEA BARRANCO			
ESTACIÓN	PERIODO DE MUESTREO		CONCENTRACIÓN
	INICIAL	FINAL	pCi/L
BAR 03	31-Jul-14	07-Ago-14	3982
BAR 10	07-Ago-14	15-Ago-14	5132
BAR 01	15-Ago-14	25-Ago-14	2297

*Valores de flujo del gas isótopo radón-222 para Galeras: Bajo (0<1400 pCi/L); Moderados (>1400<4000 pCi/L); Alto (>4000<5000 pCi/L); Muy alto (>5000 pCi/L).

A continuación se presenta, en general, el flujo de radón máximo a partir del mes de enero hasta el mes de agosto del presente año para el volcán Galeras (Figura 38).

En cuanto a los valores máximos de concentración de radón, a mediados del mes se presentó el mayor incremento (5132 pCi/L), sin embargo, el descenso en el flujo de radón en suelo se da hasta los 2297 pCi/L, estas concentraciones (flujos >2000 pCi/L) siguen considerándose como anomalías de radón para Galeras.

En cuanto a los niveles de radón, éste indica que el proceso de difusión del gas en el suelo de Galeras sigue presentándose, pero que además el sistema de fracturas, micro-fracturas y porosidad de las rocas se encuentran abiertas y dinámicas.

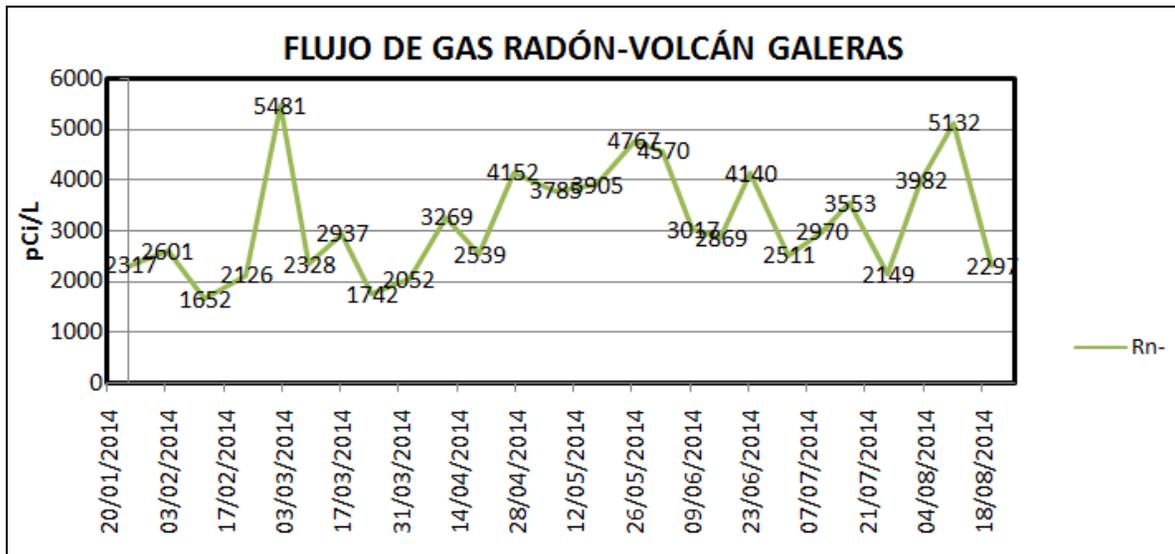


Figura 38. Flujo de radón periodo enero - agosto 2014.

1.4.3. Flujo de CO₂ difuso en el suelo

En el mes de agosto, se continuo con el muestreo de dióxido de carbono (CO₂) difuso en suelo en la zona de influencia del volcán Galerías. Para el periodo evaluado se realizaron 47 medidas, los resultados se muestran en las Figuras 39 y 40, Tabla 14.

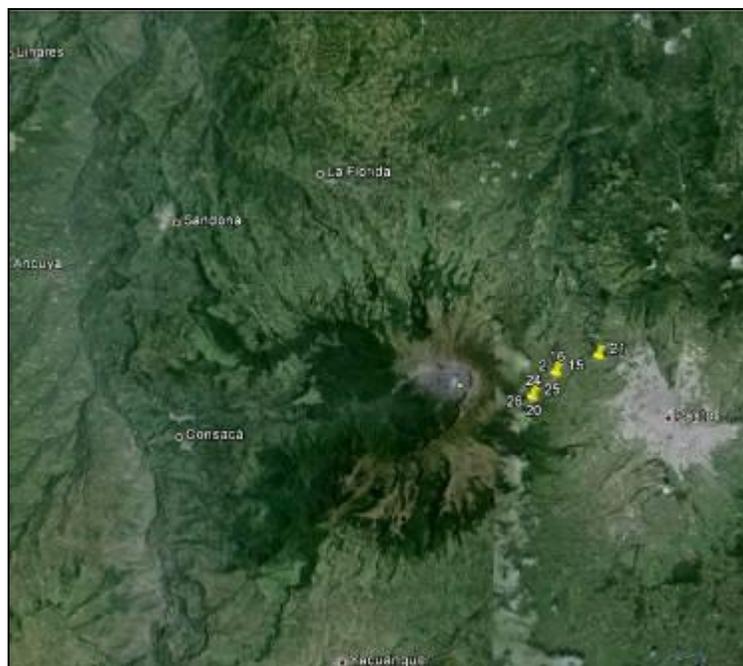


Figura 39. Mapa del recorrido para el muestreo de flujo de CO₂ difuso en suelo perteneciente a la zona de influencia del Volcán Galerías. Agosto 2014.



Figura 40. Flujo de CO₂ difuso en suelo, sector LAVAS 1 (imagen – parte superior derecha) y PARQUES (imagen – parte inferior izquierda) perteneciente a la zona de influencia del Volcán Galeras. Agosto 2014.

Tabla 14. Flujo de CO₂ difuso en suelo-Volcán Galeras- agosto 2014.

DATE	TIME	SITE	LONGITUDE	LATITUDE	ALTITUD	CO2_FLUX [mol/mq/day]
19/08/2014	13:44:22	Parques 19	-77.331029	1.213082	3361	4.9
19/08/2014	17:06:34	Lava 21	-77.305243	1.22833	3050	1.5

Los valores registrados en la zona de influencia del volcán Galeras (Tabla 14), son relativamente bajos, sin embargo, como se puede observar se evidencia el valor de flujo más alto en el sector de PARQUES con 4.9 (mol/mq/día).

1.4.4. Trampa Alcalina

En el mes de agosto se continuó con el muestreo de gases condensables del año 2014 de los sistemas de trampa alcalina en la cima de Galeras, que permitirá analizar moléculas de los gases condensables emitidos por el volcán (Azufre total (S_t), Cloruro de hidrógeno (HCl) y dióxido de carbono (CO₂)). En el volcán Galeras se encuentran ubicadas dos estaciones no telemétricas de Trampa Alcalina (Figura 41): Trampa Alcalina-Base Militar y Trampa Alcalina Mirador.

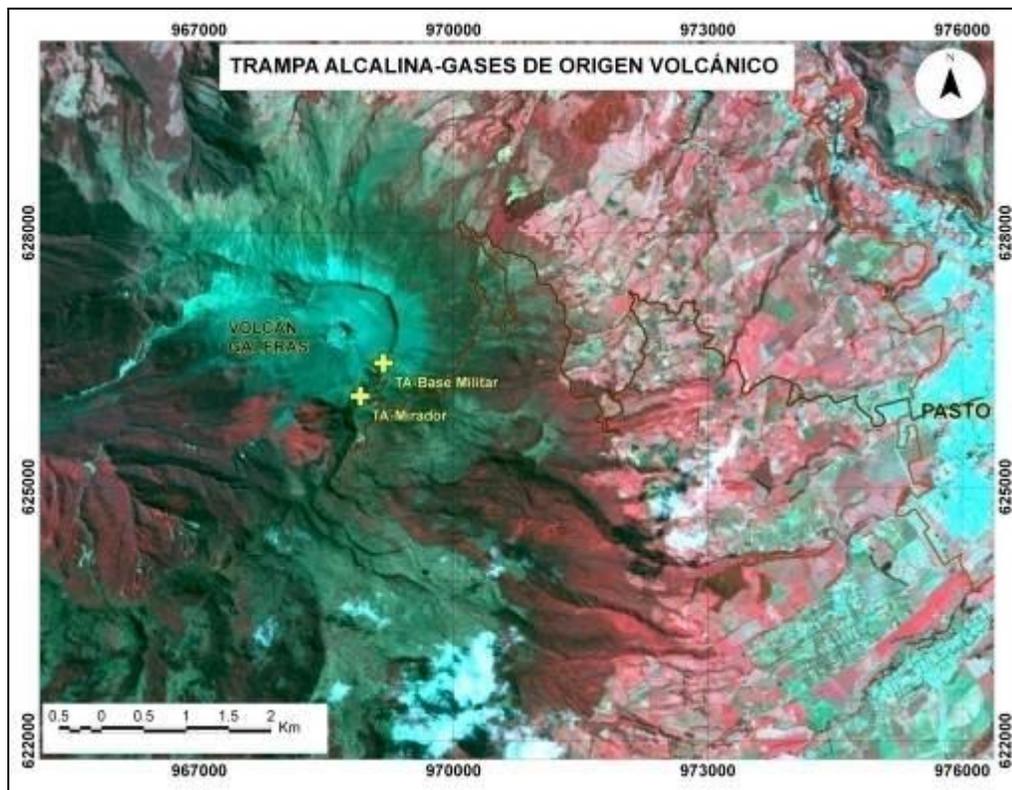


Figura 41. Mapa de localización de las estaciones trampa alcalina en el volcán Galeras.

La trampa alcalina consiste en utilizar un montaje (Figura 42), en el cual se encuentra un recipiente con aproximadamente 100ml de una solución alcalina (KOH 6N), esto permitirá atrapar gases de origen volcánico (gases ácidos) y sobre ella debe colocarse un tipo de balde plástico invertido al nivel del suelo que permita la circulación de gases por la trampa. Este montaje debe estar situado de ser posible en el borde del cráter y/o en puntos cercanos a fumarolas y la solución debe cambiarse periódicamente antes de la saturación. En la Tabla 15, se muestran resultados correspondientes a los muestreos realizados desde el mes de marzo a junio de 2014.



Figura 42. Toma de muestras - estaciones Trampa Alcalina-Cima volcán Galeras.

Tabla 15. Composición Química de gases condensables - gases de origen volcánico - Volcán Galeras.

FECHA	Estación TA	HCl	S _t	CO ₂	S _t /HCl	CO ₂ /S _t
		mg/L	mg/L	mg/L		
Mar-14	TA base militar	0	194.1	15079	-	315.4
Abr-14	TA mirador	562.1	88.7	55413	0.16	625
	TA base militar	669.2	125.6	11513	0.2	91.7
May-14	TA mirador	61.4	80.8	46635	1.3	619.4
	TA base militar	99.5	118	59509	1.2	510.4
Jun-14	TA mirador	554.8	174	57603	0.3	331.1
	TA base militar	427	533.9	33939	1.2	63.6

En la Tabla anterior es posible observar variaciones importantes en las concentración de gases de origen volcánico (cloruro de hidrógeno (HCl), Azufre total (St) y dióxido de carbono (CO₂), es así como para el mes de abril hay una mayor concentración en cuanto a HCl, para St la mayor concentración se da en el mes de junio y CO₂ en el mes de mayo para la TA base militar y en junio para TA mirador. También se puede apreciar que la mayor relación St/HCl y CO₂/St se da en TA mirador para el mes de mayo. Una de la causas por la cual estas variaciones pueden fluctuar está dado por la ubicación espacial de las estaciones y obviamente por la dirección y velocidad del viento, lo cual permite la saturación de estos gases ácidos en una solución alcalina. Se continuará con el muestreo de gases condensables durante el resto del año 2014, que dará lugar a una línea base de medición.

1.4.5. 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 (A), FT Cehani (B), FT Aguas Agrías (C), FT Agua Blanca (D) y FT Licamancha (E). (Tablas 16).

Tabla 16. Imágenes fotográficas de las fuentes termales de la zona de influencia del volcán Galeras - Agosto 2014.



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

- Conductivímetro: permite hacer mediciones de conductividad eléctrica en aguas.
- Termómetro: permite hacer mediciones de temperatura.
- Para las medidas del pH se utiliza cinta de papel indicador, debido a variaciones en la lectura del equipo multiparámetro.

En la Figura 43 se muestra el valor del potencial de hidrógeno (pH) correspondiente al mes de Agosto para las FT de 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 pH.

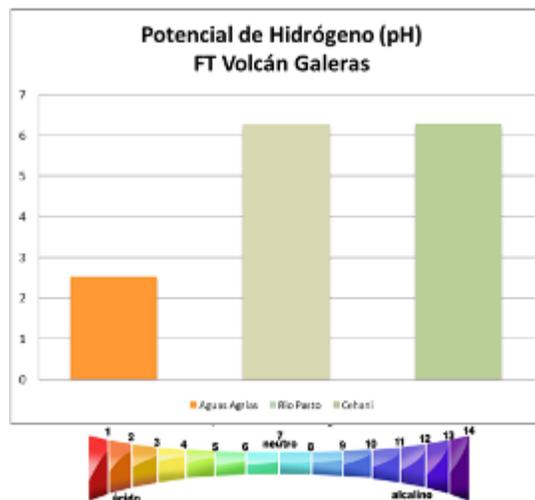


Figura 43. Potencial de hidrógeno de las FT Volcán Galeras - Agosto 2014.

Las fuentes termales de Galeras presentan durante el mes de agosto potenciales de Hidrógeno (pH), entre 2,53 (ácida) y 6,29 (ligeramente ácido).

A continuación se presenta la variación del pH y su relación con la variación de la concentración del ión bicarbonato en las fuentes termales del área de influencia del volcán Galeras para el mes de agosto. Se puede observar (Figuras 44 y 45) que sigue un comportamiento estable la concentración del ion HCO_3^- en las FT Río Pasto y Cehani, evidenciándose para el mes de agosto, en cuanto a la FT Aguas Agrías hay ausencia permanente de este ión. El pH presentó un ligero aumento en las FT Aguas Agrías, Río Pasto y Cehani aunque la variación no es significativa.

En la FT Aguas Agrías no hay presencia del ion HCO_3^- , por lo tanto esta variable no afecta en la variación del pH de este manantial, pero si la presencia de especies iónicas en la misma, como lo indica la conductividad eléctrica, además por ser altamente sulfatada, en la cual podrían estar ocurriendo procesos continuos de oxidación del sulfuro de hidrógeno (H_2S), del azufre nativo (SO_4) o del dióxido de azufre (SO_2).

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.

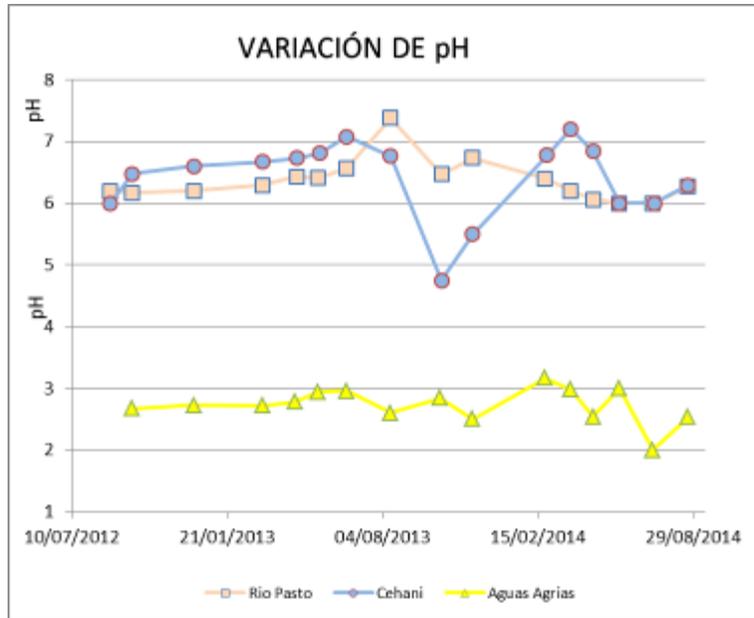


Figura 44. Variación del pH de las FT de Volcán Galeras - Agosto 2014.

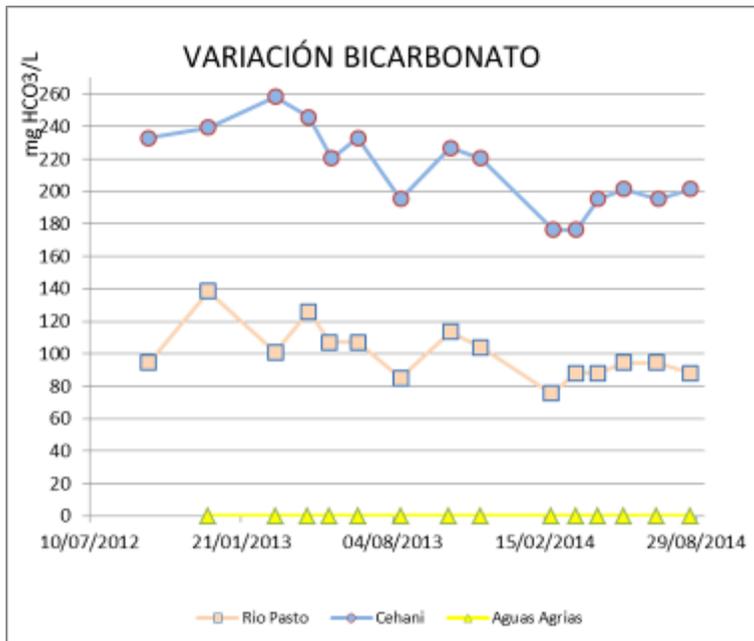


Figura 45. Variación de concentración de bicarbonato en las FT de Volcán Galeras - Agosto 2014.

En las Figuras 46 y 47 se puede observar las variaciones de temperatura y conductividad eléctrica en el tiempo con respecto a meses anteriores, correspondientes a las FT de la zona de influencia del volcán Galeras registradas en trabajo de campo en el mes de agosto.

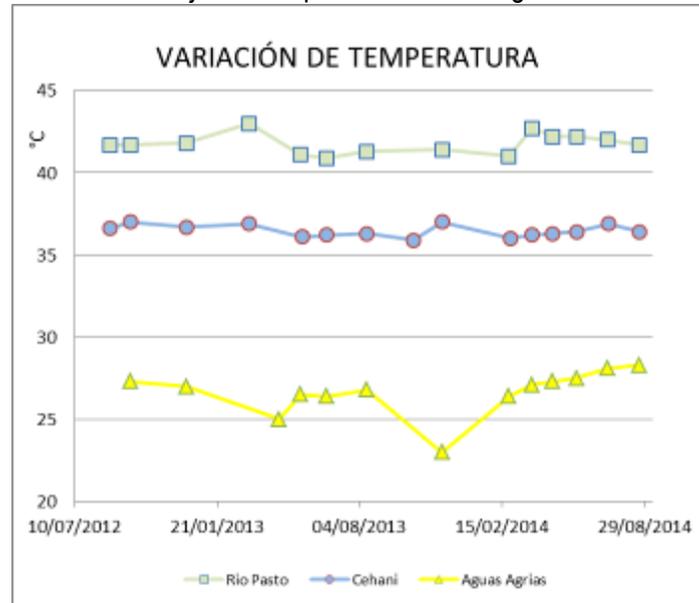


Figura 46. Variación de temperatura de las FT de Volcán Galeras - Agosto 2014.

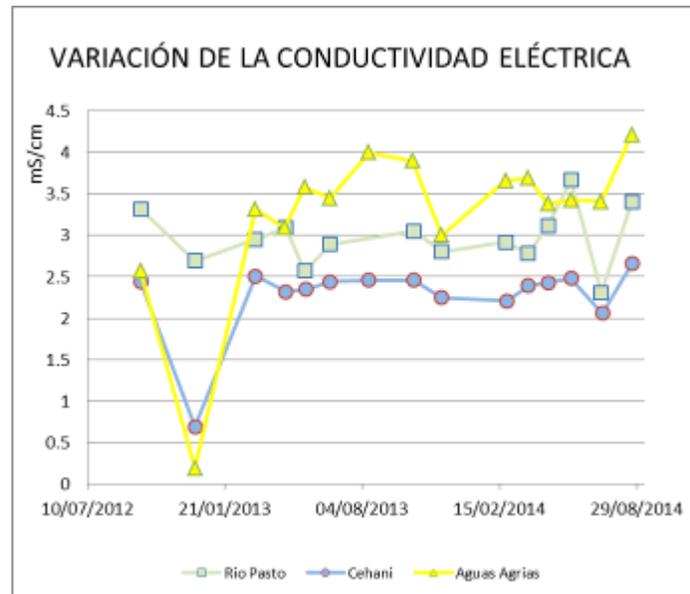


Figura 47. Variación de Conductividad Eléctrica de las FT de Volcán Galeras - Agosto 2014.

Los manantiales de Galeras aquí registrados se clasifican como termales (Tabla 17), de acuerdo a su temperatura:

Tabla 17. Clasificación de aguas termales de acuerdo a la temperatura.

TEMPERATURA	CLASIFICACIÓN
20-35°C	Aguas hipotermales
35-45°C	Aguas mesotermales
45-100°C	Aguas hipertermales
100-150°C	Aguas supertermales

- **Fuente termal Río Pasto**

Temperatura superficial: 41,7°C (Temperatura registrada en agosto de 2014, Figura 48).

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra entre los 35°C y 45°C, por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como mesotermal. Presentó una conductividad eléctrica de 3,4mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

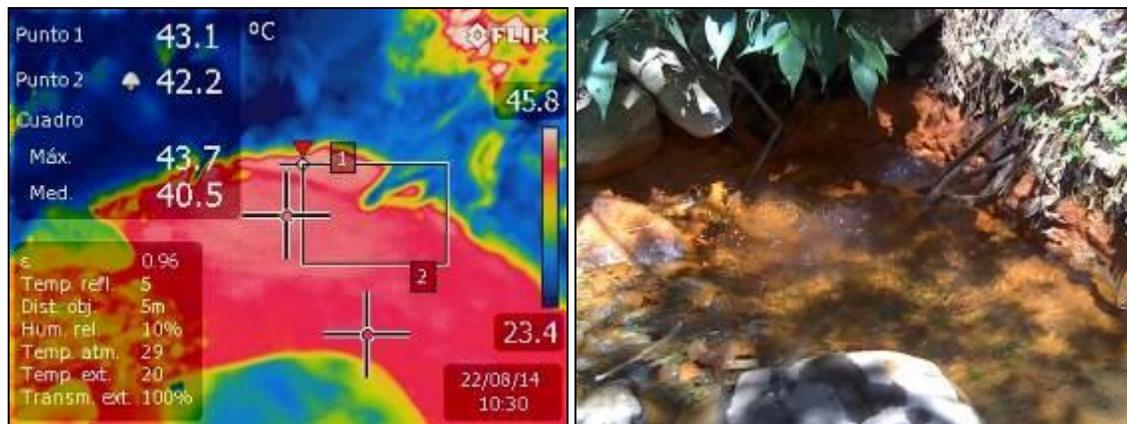


Figura 48. Imagen térmica FT Río Pasto - Volcán Galeras - Agosto 2014.

- **Fuente termal Aguas Agrias**

Temperatura superficial: 28,3°C. (Temperatura registrada en agosto de 2014, Figura 49)

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra entre los 20°C y 30°C, por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como hipotermal. Presentó una mediana conductividad eléctrica de 4,22mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en solución.

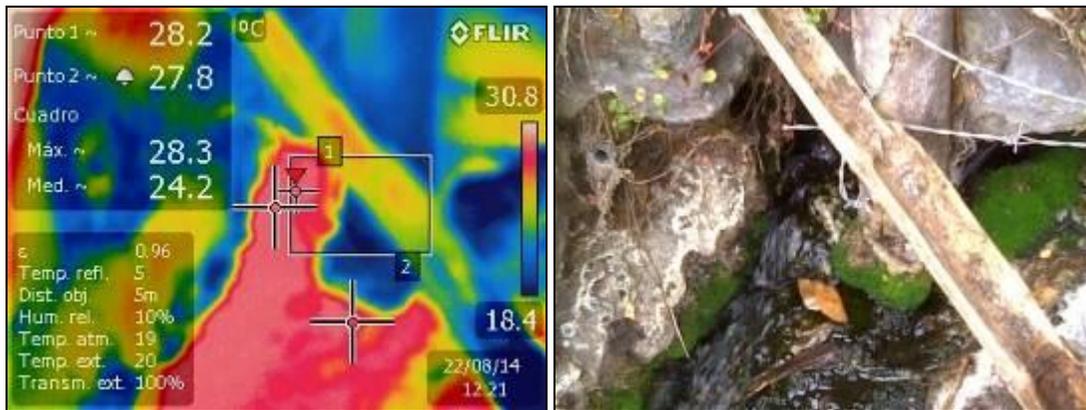


Figura 49. Imagen térmica FT Aguas Agrías - Volcán Galeras - Agosto 2014.

- **Fuente termal Cehani**

Temperatura superficial: 36,4°C. (Temperatura registrada en agosto de 2014, Figura 50)

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra entre los 35°C y 45°C, por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como mesotermal. Presenta también una mediana conductividad eléctrica de 2,66mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

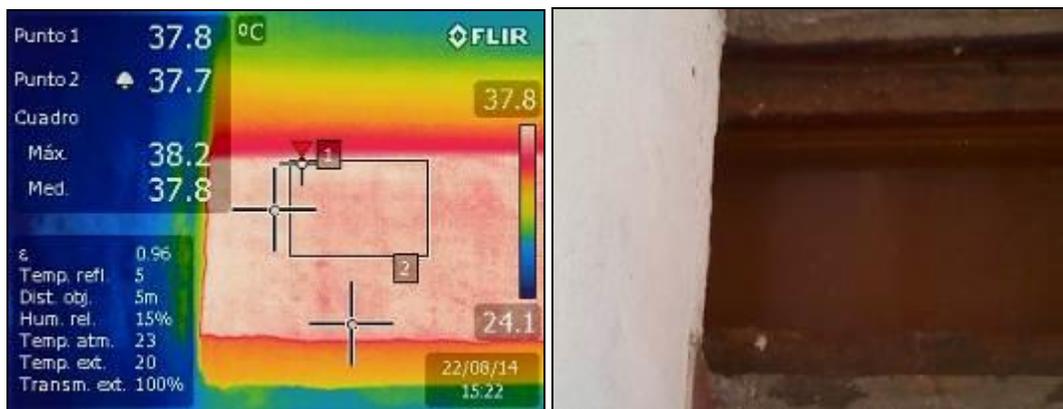


Figura 50. Imagen térmica FT Cehani - Volcán Galeras - Agosto 2014.

Con respecto al comportamiento del parámetro temperatura en las FT de Galeras, se observó que para el mes de agosto, las FT Rio Pasto y Cehani continúan con un comportamiento estable con respecto al tiempo, mientras que para la FT Aguas Agrías se observó una tendencia de aumento leve con el tiempo.

Sobre la conductividad eléctrica, para el mes de agosto las FT presentaron un comportamiento estable, registrando un aumento de aproximadamente 1mS/cm en todas las fuentes termales.

1.5. 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, Barranco Alto y Bruma.

Condiciones favorables de clima permitieron observar emisiones de gases para los días 1, 11, 14, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 30 y 31 de agosto de 2014. La dispersión de las columnas de gases fue variable debido a la acción de los vientos. Los principales focos de emisión continúan ubicados en el cráter principal, sector norte y occidente del cono volcánico.

En las Figuras 51 a 55 se presentan algunas imágenes asociadas a procesos de emisión de gases en Galeras.

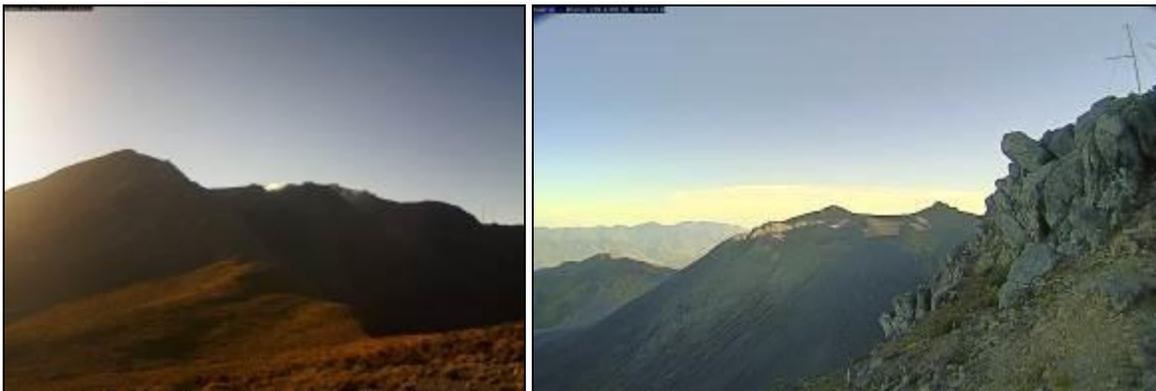


Figura 51. Imágenes de las emisiones de gases del volcán Galeras, capturadas el 1 de agosto de 2014 desde las cámaras de Barranco y Bruma, a las 7:12 a.m., y las 6:53 a.m.

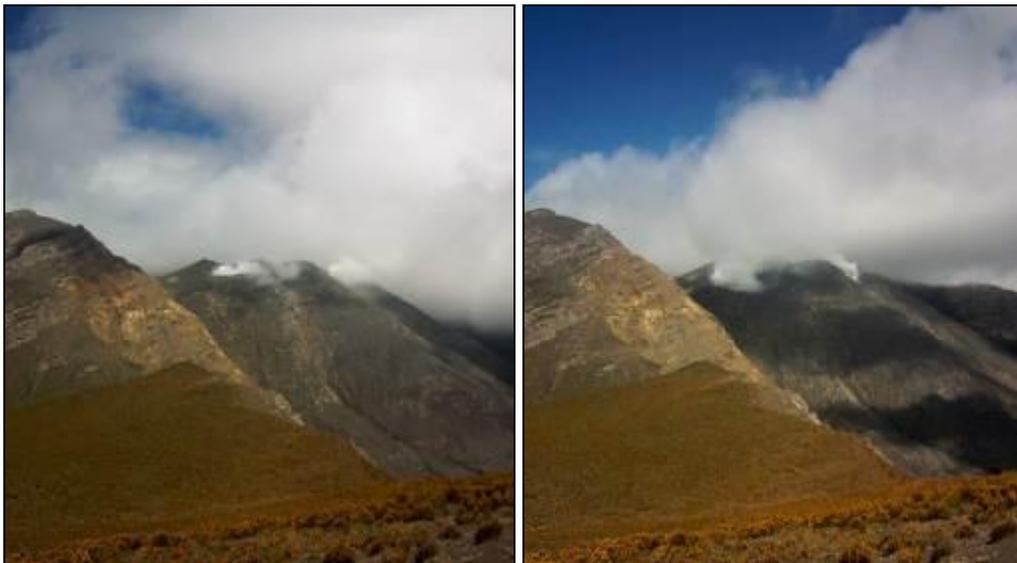


Figura 52. Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas el 11 de agosto de 2014 desde la cámara de Barranco, al noroccidente del edificio volcánico.

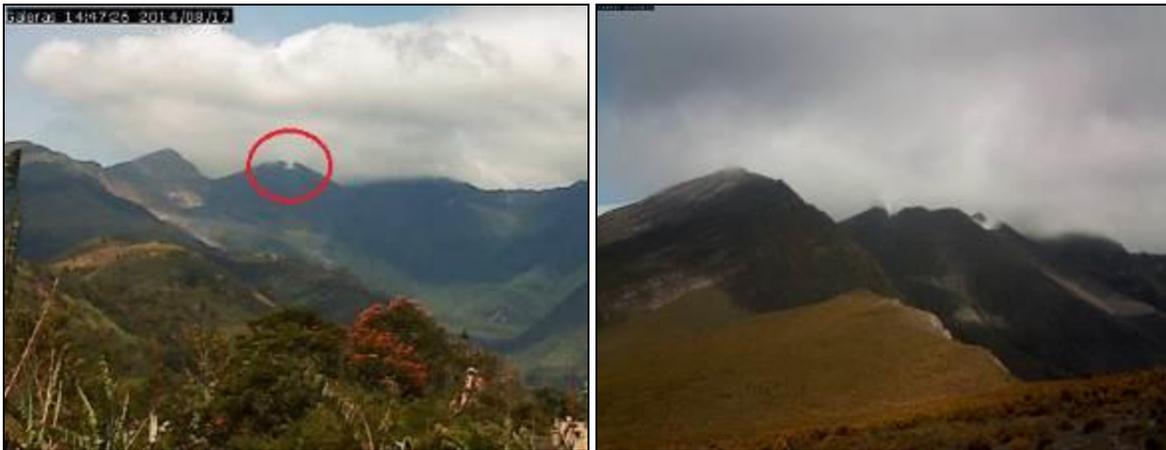


Figura 53. Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas el 17 de agosto de 2014 desde las cámaras de Consacá y Barranco, al occidente y noroccidente del edificio volcánico.



Figura 54. Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 24 de agosto de 2014, en horas de la tarde, capturada desde la cámara ubicada en el sector de Barranco, al noroccidente del edificio volcánico.



Figura 55. Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas en horas de la tarde el 31 de agosto de 2014 desde Barranco y Consacá, al noroccidente y occidente del edificio volcánico.

1.6. 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 – AGOSTO DE 2014

2.1. RED DE VIGILANCIA

En la Figura 56 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 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.

En la Tabla 18, se consigna el nombre de cada estación con sus características. En la Figura 57 se muestra el porcentaje de funcionamiento de las estaciones.

Las estaciones de la red instalada para el monitoreo del volcán Cumbal, durante el mes de agosto de 2014, tuvieron un porcentaje de funcionamiento del 96% (Figura 57).

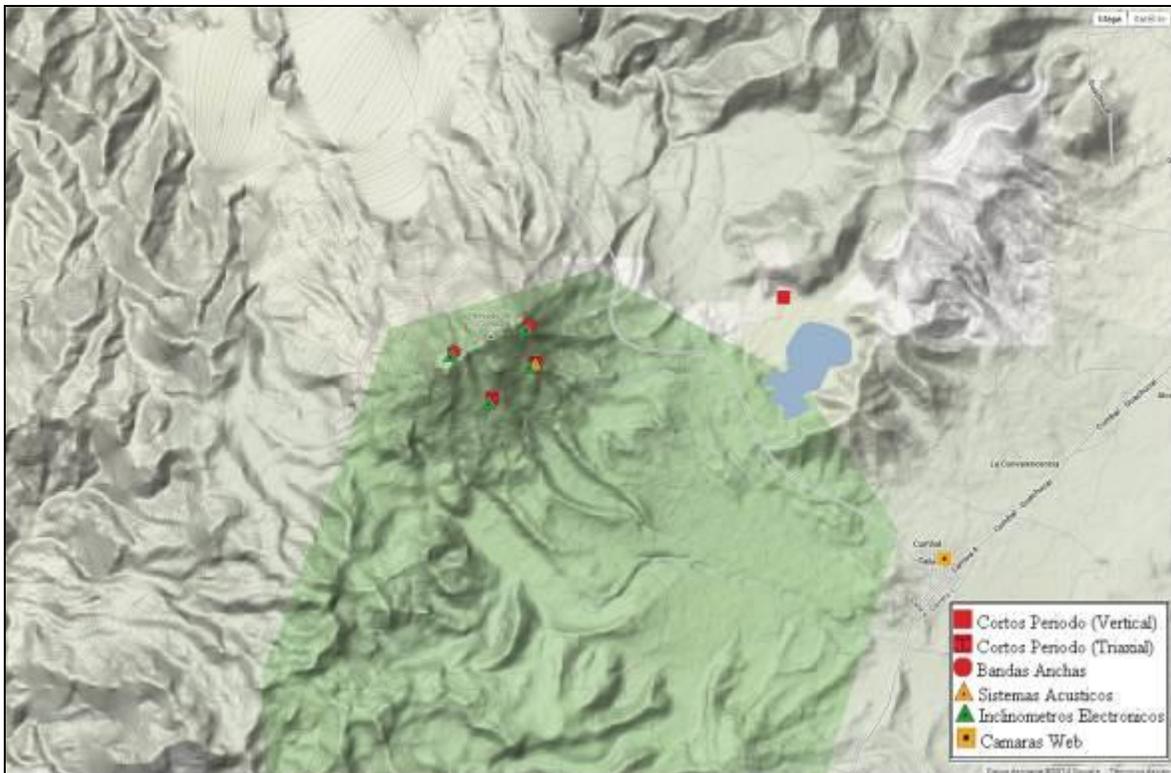


Figura 56. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de vigilancia del complejo volcánico Cumbal, durante el mes de agosto de 2014.

Tabla 18. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del complejo volcánico Cumbal durante el mes de agosto de 2014.

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

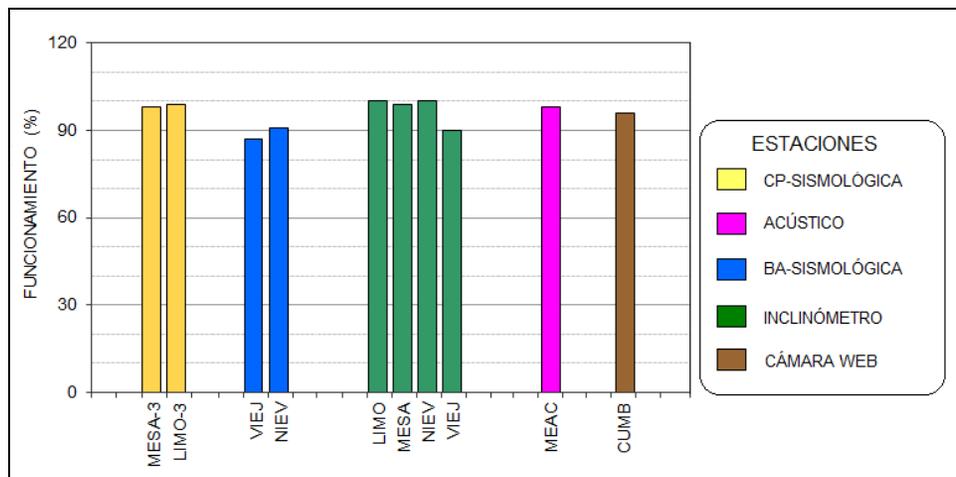


Figura 57. Porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico Cumbal durante el mes de agosto de 2014.

2.2. SISMOLOGÍA

En el transcurso del periodo evaluado, se observó que la sismicidad dominante en ocurrencia, es la relacionada con dinámica de fluidos de fuente transitoria en el tiempo, eventos LPS, seguida por los eventos clasificados como HYB, asociados con fractura y posterior movimiento de fluidos (Figura 58, Tabla 19). Además, en la Figura 58 se observa un pico de ocurrencia resaltable en el mes, este fue para el día 2 de agosto, con 56 eventos de tipo LPS.

Con respecto al mes anterior se tiene un incremento en la ocurrencia de eventos cercano al 20%, observado principalmente en los eventos tipo VT (asociados a fracturamiento de la roca al interior del edificio volcánico).

Para el periodo evaluado se tuvo registro de tres eventos tipo Tornillo, (TOR) asociados con movimiento de fluidos en los que las características físicas y geometría de la cavidad propician una gran duración con un contenido frecuencial monocromático (Figura 59).

En relación a los eventos que involucran movimiento de fluidos de fuente transitoria en el tiempo (Temor – TRE), se presentó un descenso del 16.6% en comparación con el mes anterior (Figura 59).

En la Figura 60, se muestra una comparación en términos porcentuales de la ocurrencia de la sismicidad registrada entre los meses de mayo y agosto de 2014, esta información permite corroborar de manera porcentual, que los eventos más representativos de la actividad volcánica son los LPS.

Tabla 19. Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Cumbal, entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2014, incluyendo los registros clasificados como volcánicos, se resalta en color azul el mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo						
	vt	lps	tre	hyb	tor	vol	TOTAL
01-may-14 a 31-may-14	209	351	147	178	5	7	897
01-jun-14 a 30-jun-14	61	386	102	112	1	0	662
01-jul-14 a 31-jul-14	40	390	96	118	3	4	651
01-ago-14 a 31-ago-14	83	471	80	140	3	5	782

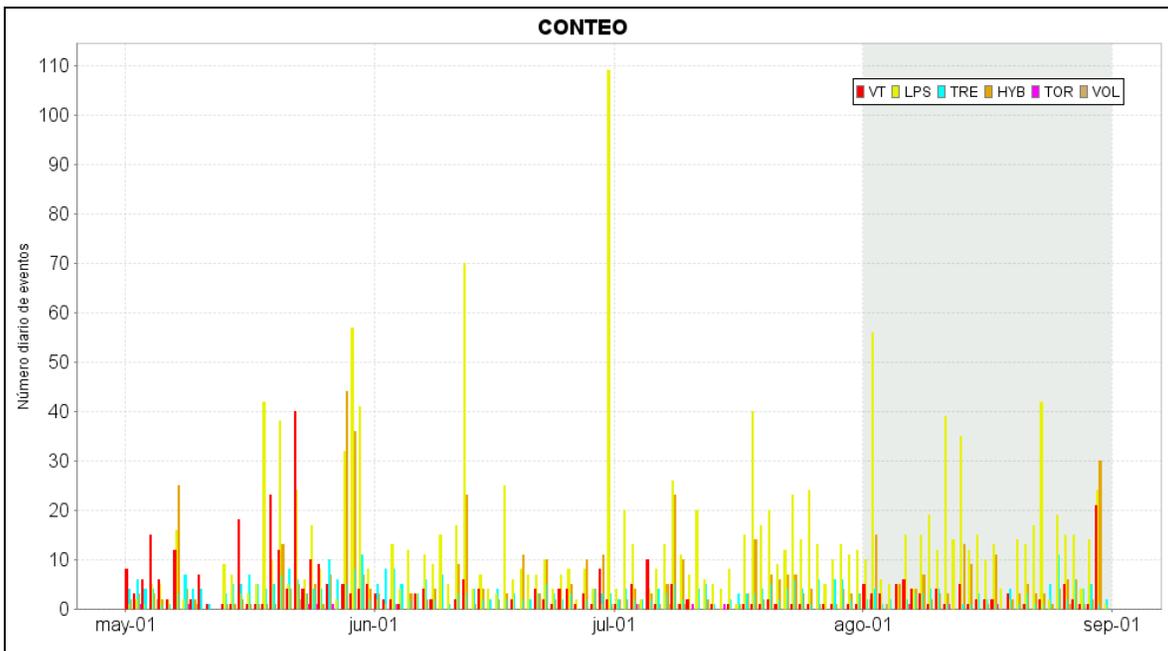


Figura 58. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Cumbal, entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

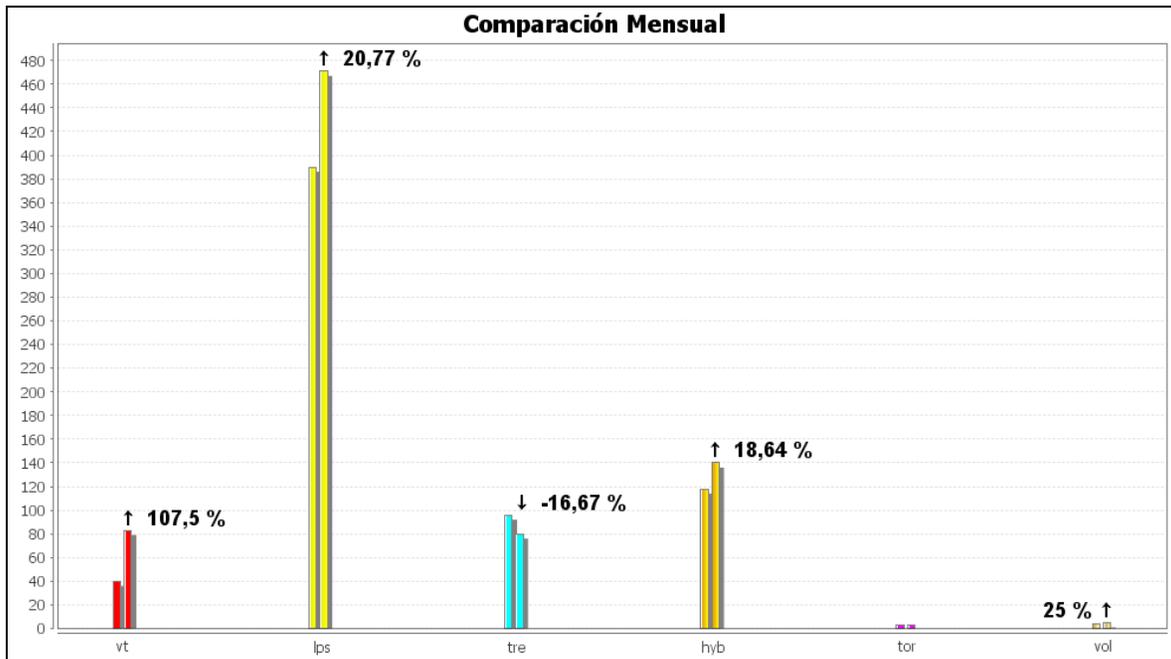


Figura 59. Relación porcentual para Cumbal, que compara el número de eventos volcánicos por tipo ocurridos durante el mes de agosto de 2014, con respecto al mes de julio de 2014.

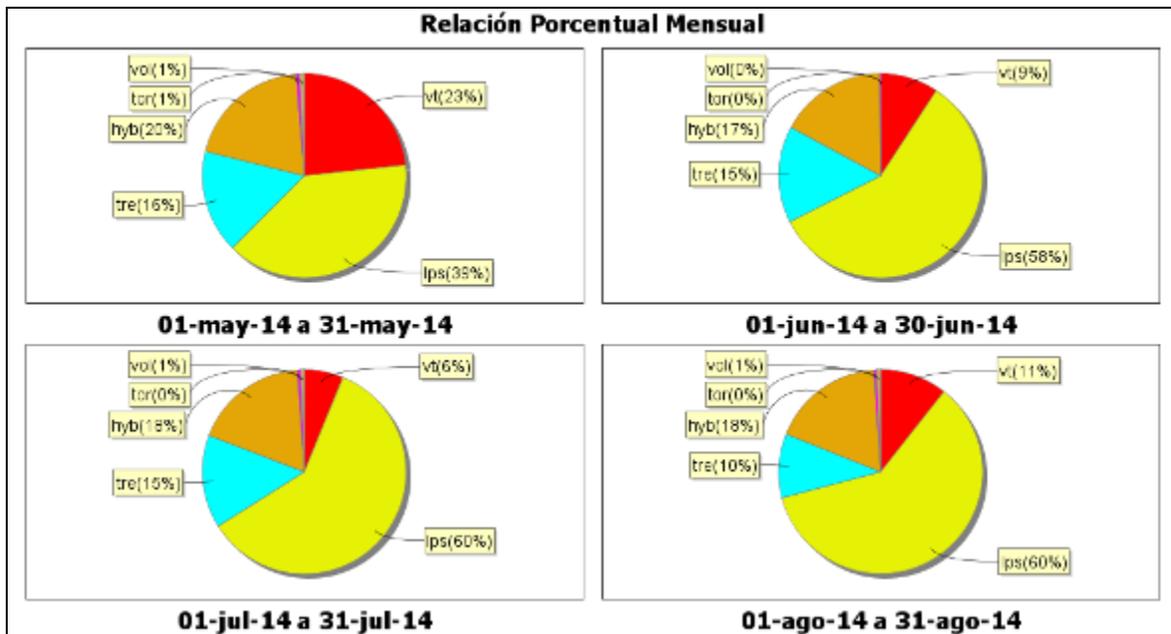


Figura 60. Relación porcentual para Cumbal, que compara el número de eventos por tipo ocurridos entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2014, tomando periodos mensuales.

De la sismicidad presente en el complejo volcánico de Cumbal, se destaca la ocurrencia de los eventos de Largo Periodo tipo Tornillo, (TOR) registrados el 6, 11 y 17 de agosto, los cuales presentaron frecuencias dominantes entre 2.25 y 2.36 Hz (Figura 61), y duraciones entre 30 y 93 segundos. En las Figuras 62 y 63 se presentan a manera de ejemplo, el registro de los eventos TOR ocurridos el 6 y el 11 de agosto de 2014.

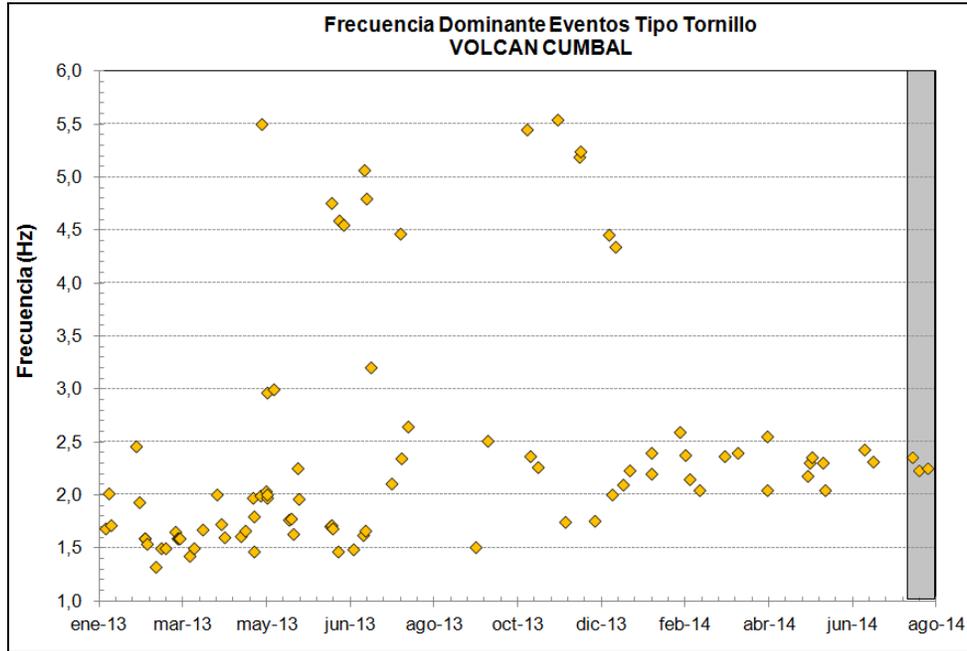


Figura 61. Frecuencias mostradas por los eventos tipo TOR registrados por la estación sismológica La Mesa, instalada en el complejo volcánico de Cumbal, entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de agosto de 2014, resaltando los eventos registrados en el mes de agosto de 2014 en el recuadro gris.

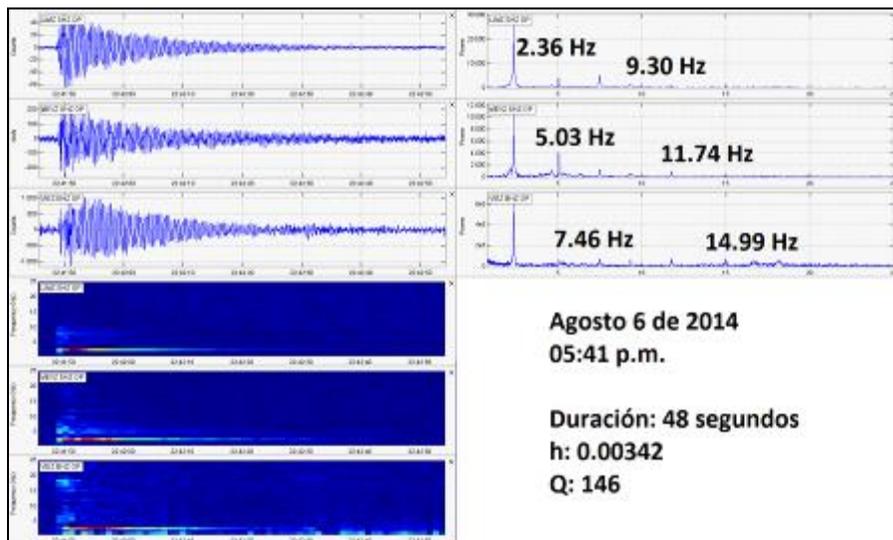


Figura 62. Sismogramas, espectros y espectrogramas en frecuencia del sismo tipo TOR, ocurrido en Cumbal, el 6 de agosto de 2014 a las 5:41 p.m., registrando 48 segundos de duración.

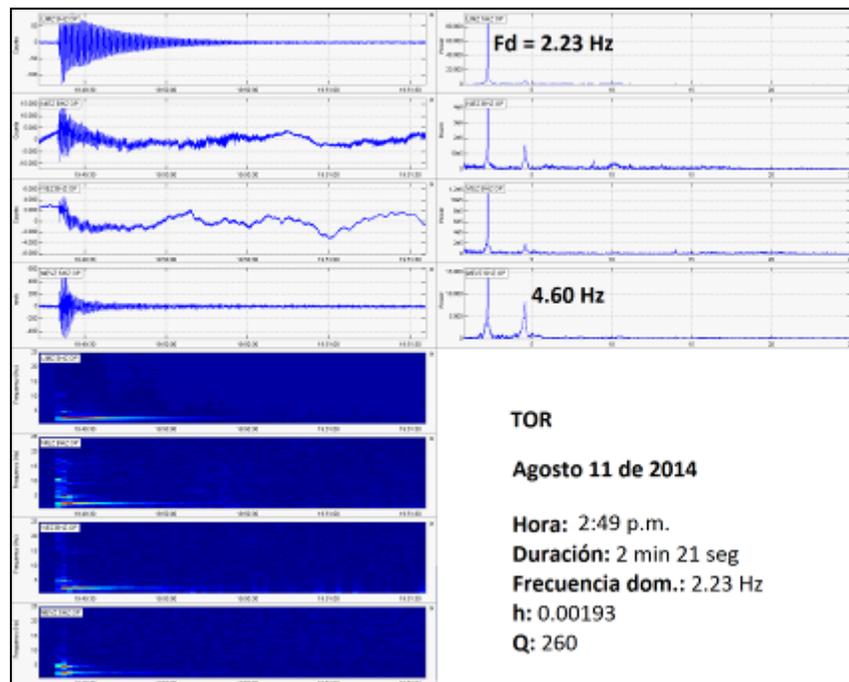


Figura 63. Sismogramas, espectros y espectrogramas en frecuencia del sismo tipo TOR, ocurrido en Cumbal, el 11 de agosto de 2014 a las 2:49 p.m., registrando 141 segundos de duración.

De igual forma se resalta el registro de un enjambre de sismos ocurrido el 30 de agosto, entre las 7:00 a.m., y las 2:00 p.m., totalizando cerca de 125 eventos clasificables (20LP, 27HB, 18VT y 1TRE) y 59 eventos no clasificables de fuente transitoria en el tiempo (Figura 64).

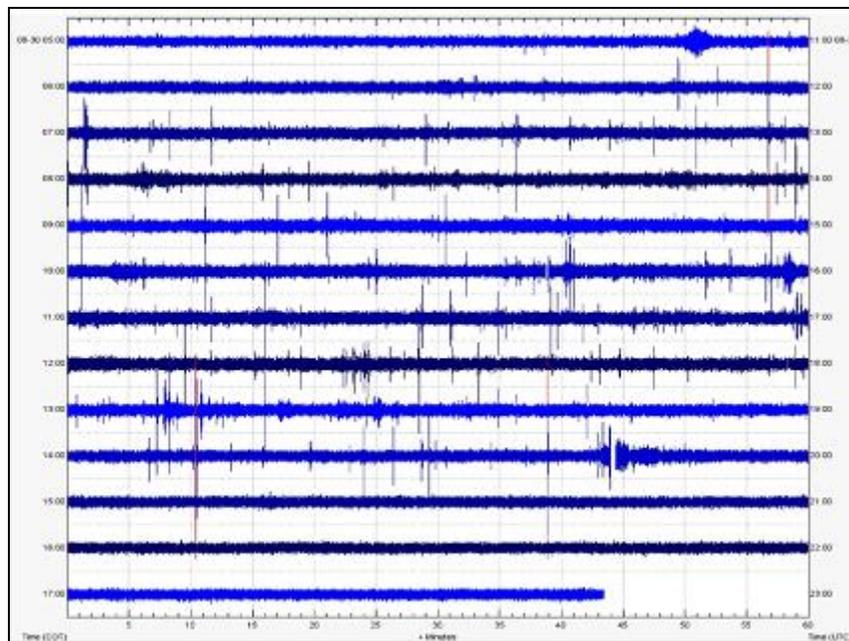


Figura 64. Sismograma de la estación sísmica La Mesa, perteneciente a la red de monitoreo del Complejo Volcánico Cumbal, en la imagen se resalta el enjambre de sismos presentado el 30 de agosto de 2014.

Con relación a los eventos tipo VT e HYB, fue posible localizar 32 sismos, la mayoría se ubicaron en inmediaciones de los cráteres Mundo Nuevo (al sur) y La Plazuela (al norte), a profundidades entre 0.2 y 16 km respecto a la cima volcánica y magnitudes entre -0.2 y 1.6 en la escala de Richter (Figura 65).

El 88% de los eventos localizados presentaron magnitudes menores a 1 en la escala de Richter.

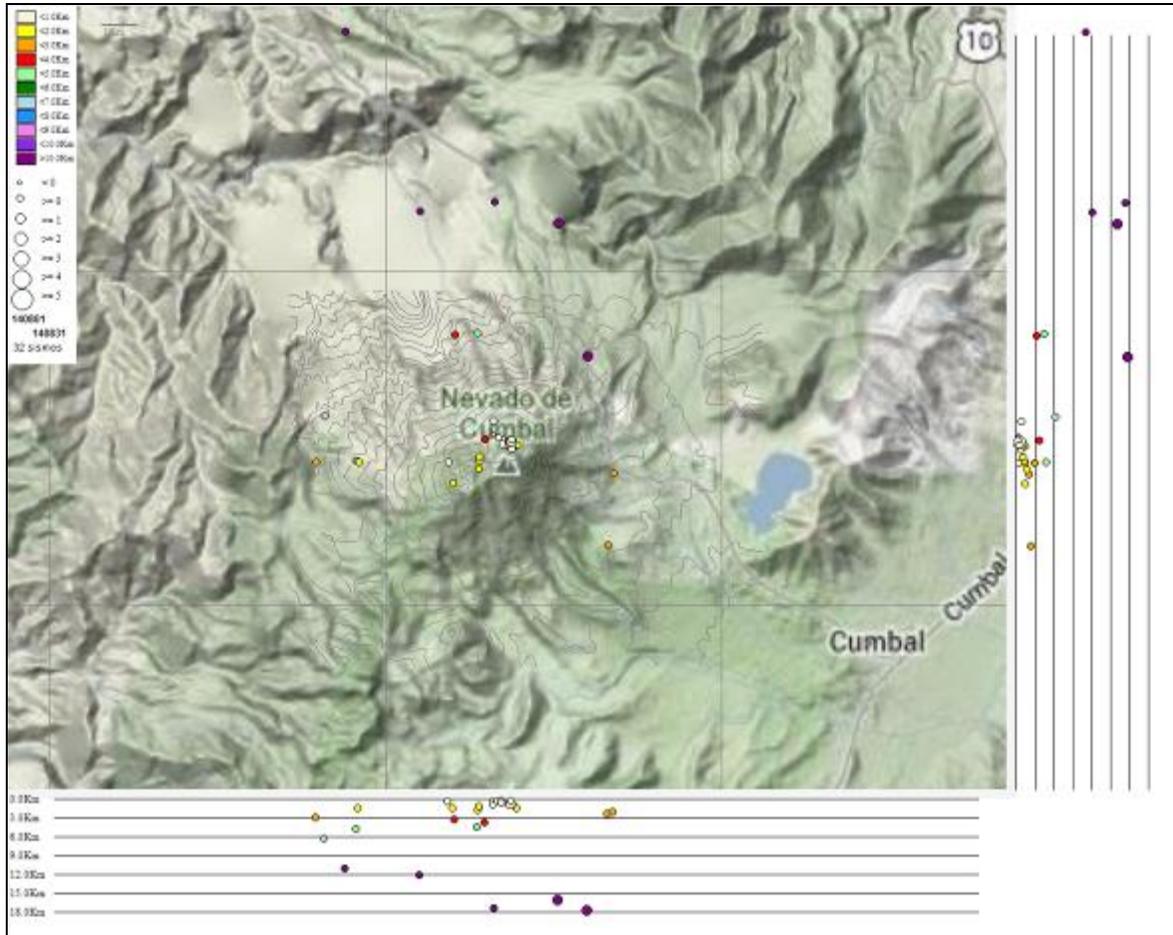


Figura 65. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y el 31 de agosto de 2014 en el complejo volcánico de Cumbal. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 3 km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4760 msnm).

2.3. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA

En cuanto a los procesos de deformación del edificio volcánico se observó que para el periodo evaluado las componentes Norte y Este del inclinómetro La Mesa, muestran estabilidad, las tendencias observadas hasta finales de julio, obedecen al comportamiento del registro de la temperatura (Figura 66). De igual forma el comportamiento ascendente presentado en los registros de las componentes del inclinómetro Limones al parecer se relacionan con lo mostrado por el sensor

de temperatura del equipo (Figura 67). Pese a las variaciones mostradas por las componentes del inclinómetro La Nieve, se puede decir que su comportamiento es estable (Figura 68). Las tendencias observadas en Punta Vieja, al parecer se asocian al comportamiento del registro de temperatura (Figura 69).

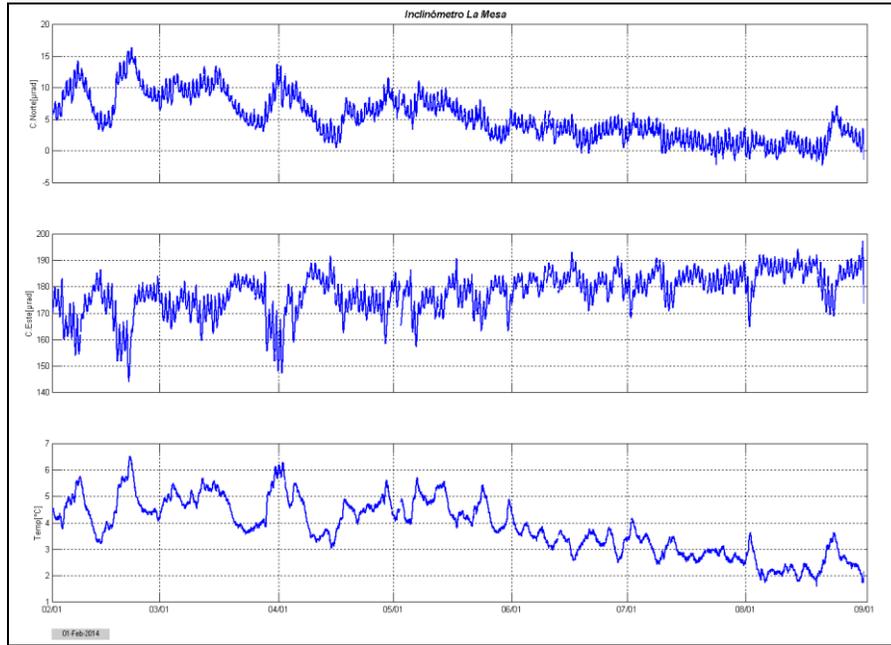


Figura 66. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro electrónico La Mesa, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero y el 31 de agosto de 2014.

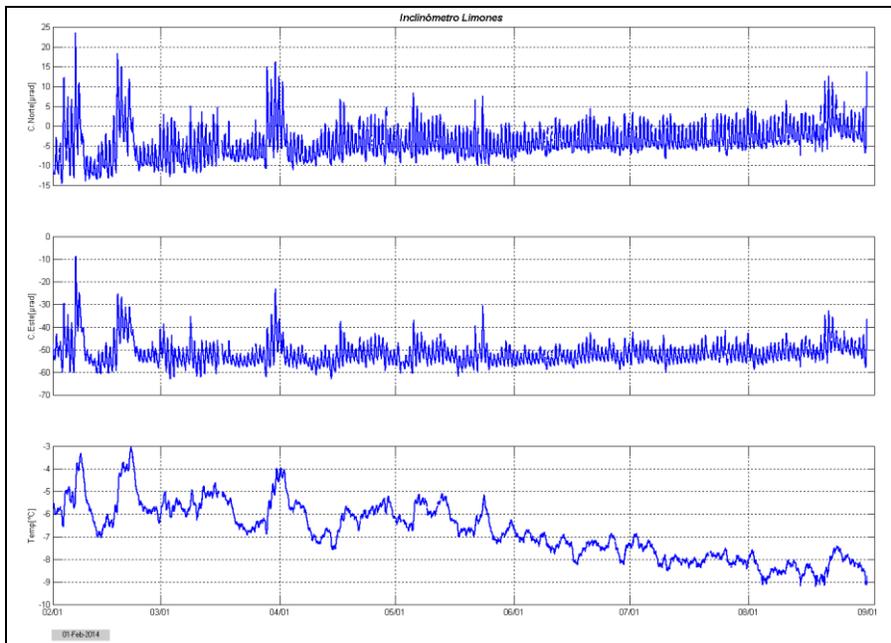


Figura 67. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura y voltaje del inclinómetro Limones, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero y el 31 de agosto de 2014.

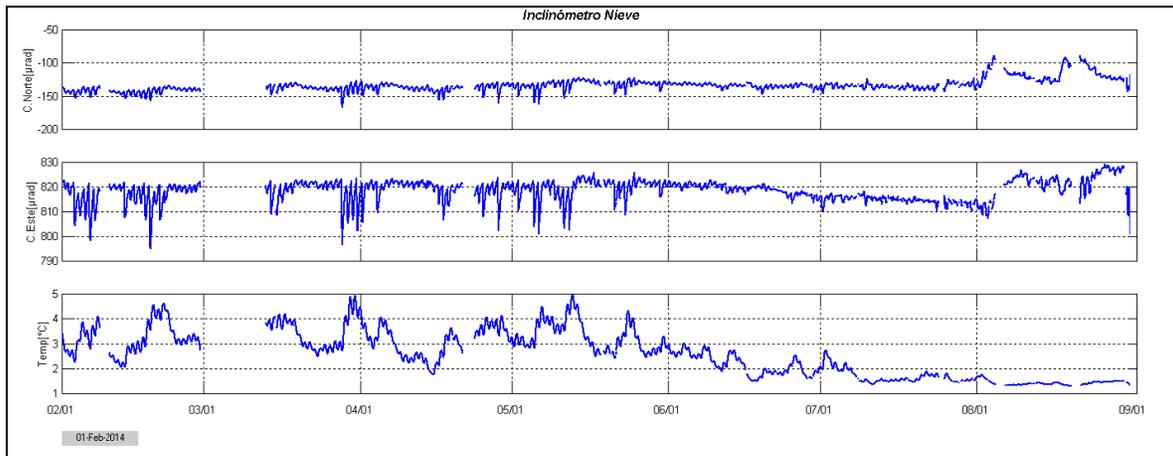


Figura 68. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro electrónico La Nieve, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero y el 31 de agosto de 2014.

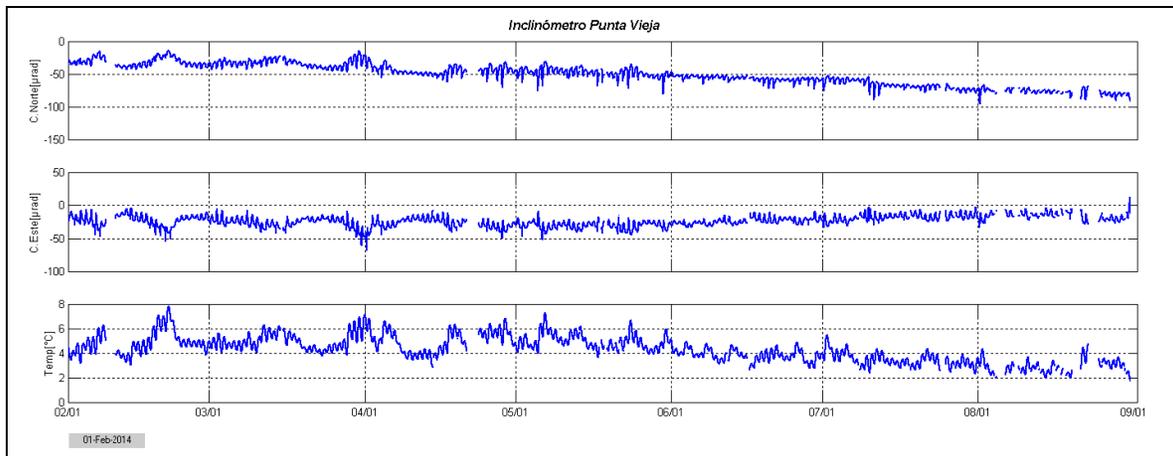


Figura 69. Componentes de inclinación Norte, Este, temperatura del inclinómetro electrónico Punta Vieja, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero y el 31 de agosto de 2014.

2.4. ACTIVIDAD SUPERFICIAL

Condiciones de clima favorables durante los días 1, 23 y 31 de agosto de 2014 permitieron a través de la cámara instalada en la cabecera del municipio de Cumbal, observar emisiones de gases de color blanco, principalmente desde el campo fumarólico El Verde (sector norte, Volcán Cumbal) y desde el campo fumarólico Rastrojo (Volcán Mundo Nuevo), con alturas de columna y dispersión variables por acción de los vientos.

En las Figuras 70, 71 y 72 se muestran algunas imágenes relacionadas a estos procesos de emisión de gases en Cumbal.



Figura 70. Imágenes del Complejo Volcánico Cumbal, capturadas desde el municipio de Cumbal, el 1 de agosto de 2014 en horas de la mañana, en las fotografías se observa emisión de gases desde el campo fumarólico El Verde.



Figura 71. Imagen del Complejo Volcánico Cumbal, capturada desde el municipio de Cumbal, el 23 de agosto de 2014, a las 6:16 de la mañana, en la fotografía se observa emisión de gases desde el campo fumarólico El Verde.



Figura 72. Imagen del Complejo Volcánico Cumbal, capturada desde el municipio de Cumbal, el 31 de agosto de 2014, en horas de la mañana, en la fotografía se observa emisión de gases desde el campo fumarólico El Verde.

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 agosto de 2014 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 AGOSTO DE 2014

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 73).

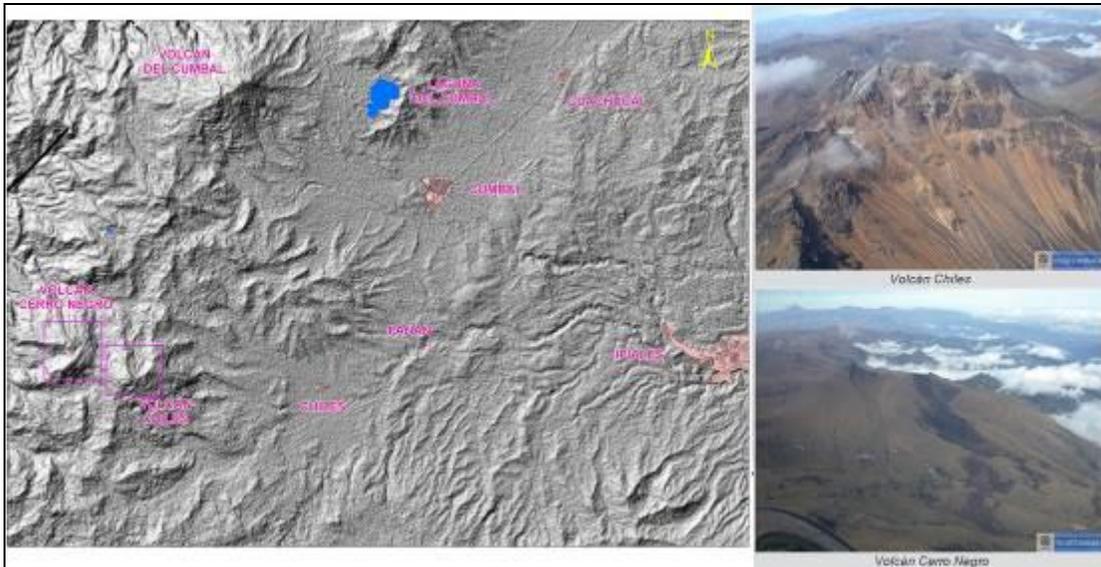


Figura 73. Localización de los volcanes Chiles y Cerro Negro (izquierda) e imágenes de los mismos (derecha).

3.2. RED DE VIGILANCIA

La red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro está conformada por cinco estaciones sísmicas de banda ancha y tres inclinómetros electrónicos, una de las estaciones ubicada en la cima volcánica en el costado occidental de Chiles (sismómetro e inclinómetro), otra en el sector denominado El Morro (sismómetro e inclinómetro), ubicado al nororiente del volcán, otra en el sector denominado Canguil, instalada el 21 de mayo de 2014 ubicada a 5,5 km al nor-noroccidente del volcán Chiles, otra se encuentra en cercanías del volcán Cerro Negro y está conformada por una estación sísmica de banda ancha y un inclinómetro electrónico, ubicada al noroccidente de la parte alta del volcán y la última denominada Panán, instalada el 3 de julio de 2014 ubicada a 7,4 km al nororiente del volcán Chiles (Figura 74, Tabla 20).

Se resalta que desde la primera semana de julio se tiene una estación permanente para el monitoreo de la temperatura en la fuente termal Baño Grande, ubicada en cercanías del cabildo Indígena de Chiles (Figura 75).

Adicionalmente, se cuenta con una red de monitoreo de muestreo de aguas en cuatro fuentes termales (Figura 76, Tabla 21).

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 98% (Figura 77).

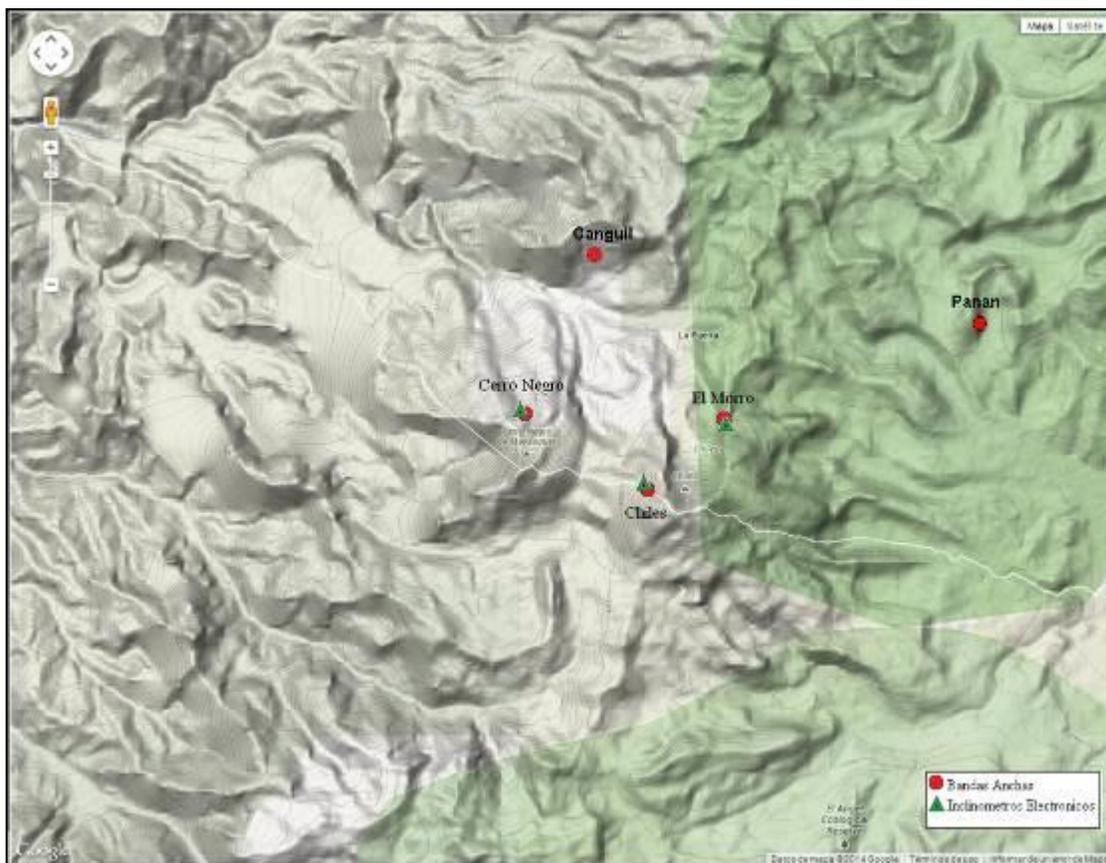


Figura 74. Estaciones sísmicas y de deformación cortical para los volcanes Chiles y Cerro Negro del lado colombiano.

Tabla 20. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante el mes de agosto de 2014.

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	Inclínómetro Electrónico	Biaxial	1	WNW	4478
El Morro	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	1,9	NNE	4068
I. El Morro	Digital	Inclínómetro Electrónico	Biaxial	1,9	NNE	4068
Cerro Negro	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	4	WNW	4216
I. Cerro Negro	Digital	Inclínómetro Electrónico	Biaxial	4	WNW	4216
Canguil	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	5,5	NNW	3788
Panan	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	7,4	NE	3750

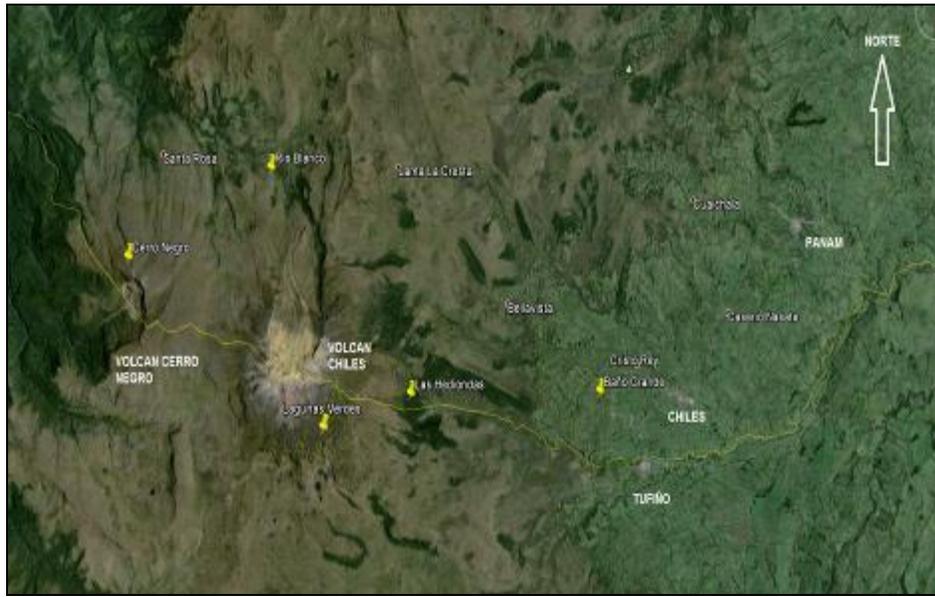


Figura 75. Mapa de localización de las fuentes termales pertenecientes a la zona de influencia de los Volcanes Chiles y Cerro Negro, resaltando la fuente Baño Grande, por la ubicación de la estación permanente para el monitoreo de la temperatura.



Figura 76. Mapa de localización de las fuentes termales pertenecientes a la zona de influencia del Volcán Chiles.

Tabla 21. Ubicación geográfica (WGS84) de las fuentes termales del área de influencia del volcán Chiles.

FUENTE TEMAL	IMAGEN	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (msnm)
BAÑO GRANDE	 <p>14/08/2014 09:42</p>	0.81282°	77.86624°	3318
AGUAS HEDIONDAS		0.81256°	77.90923°	3613
LAGUNAS VERDES	 <p>12/08/2014 11:01</p>	0.80758°	77.92791	3894
RÍO BLANCO	 <p>12/08/2014 09:51</p>	0.84928°	77.94092°	3611

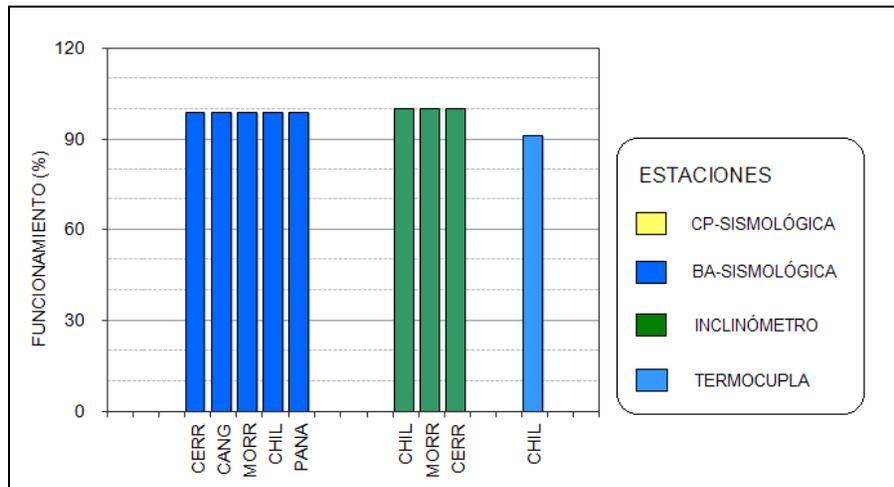


Figura 77. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante el mes de agosto de 2014.

3.3. SISMOLOGÍA

La actividad sísmica de los Volcanes Chiles y Cerro Negro, mostró un descenso en la ocurrencia de eventos, cercano al 51% en comparación con el mes anterior, pasando de 3768 a 1849 eventos, asociados principalmente con fractura de material cortical (Tabla 22, Figura 78). De la sismicidad registrada fue posible localizar 418 sismos, ubicados en su mayoría entre 1 y 6 km al suroccidente del volcán Chiles, con profundidades promedio entre 2 y 5 km respecto a la cima volcánica; las magnitudes locales mostraron un rango entre 0.1 y 4.0 en la escala de Richter, cerca del 28% presentó magnitudes menores a 1 y el 8% mayores a 2 (Figura 79).

De estos eventos se resalta el ocurrido el 9 de agosto a las 6:30 a.m., el cual presentó una magnitud de 4 en la escala de Richter y fue reportado como sentido por habitantes del resguardo indígena de Chiles (Figura 80).

Tabla 22. Número de eventos volcánicos por tipo, para el volcán Chiles, ocurridos entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2014, el mes objeto de evaluación, resaltado en color azul.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo	
	vt	TOTAL
01-may-14 a 31-may-14	31105	31105
01-jun-14 a 30-jun-14	8072	8072
01-jul-14 a 31-jul-14	3768	3768
01-ago-14 a 31-ago-14	1849	1849

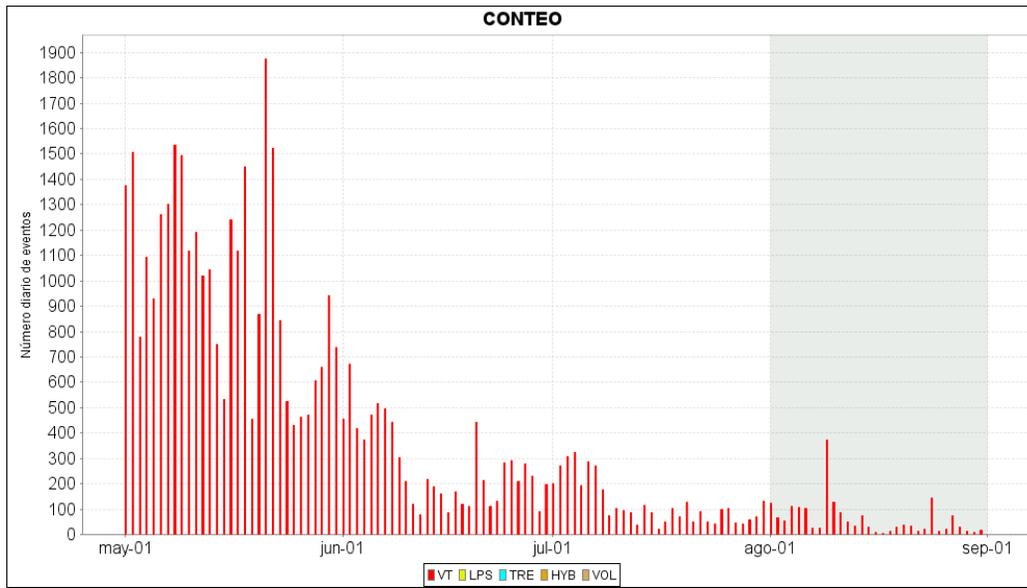


Figura 78. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Chiles entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

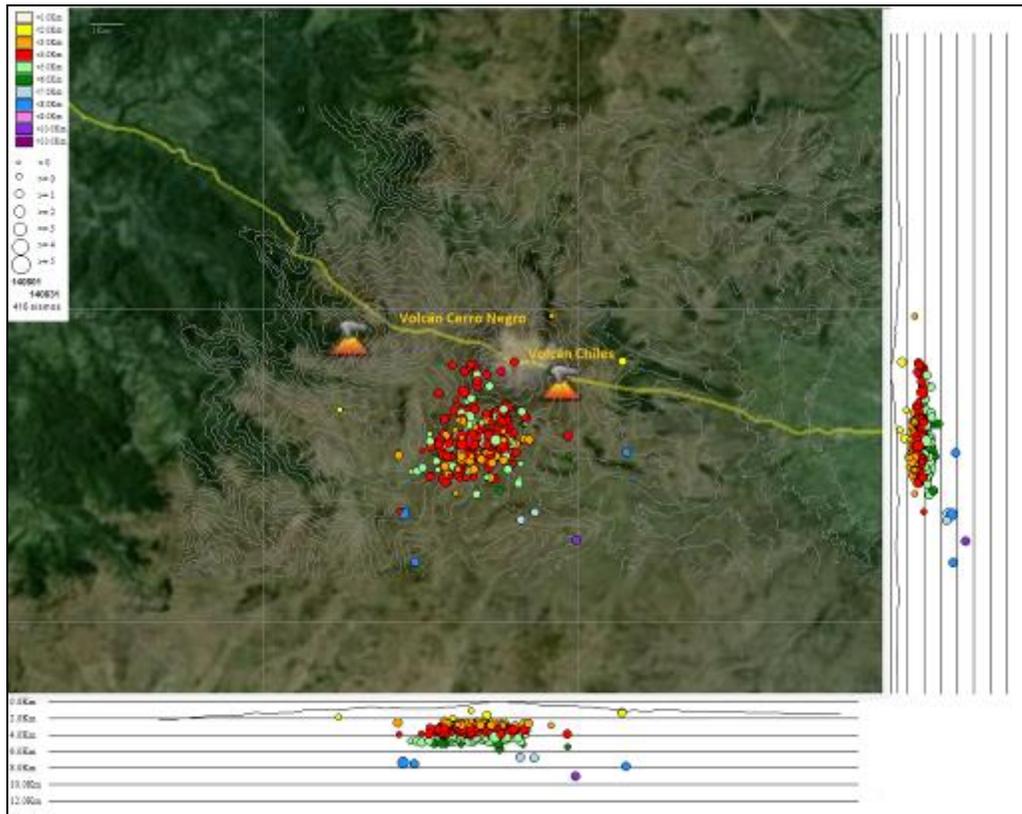


Figura 79. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo de Chiles y Cerro Negro, en el mes de agosto de 2014, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.

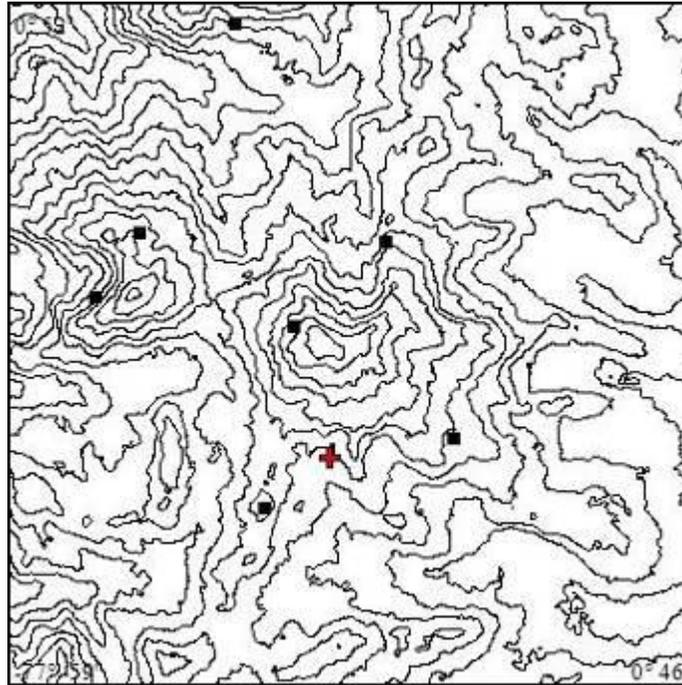


Figura 80. Localización epicentral del sismo de fractura registrado el 9 de agosto, a las 6:30 a.m., de magnitud 4 en la escala de Richter, el cual fue reportado como sentido, por habitantes del resguardo indígena de Chiles.

3.4. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA

Tanto en la componente de inclinación Norte, como en la Este del inclinómetro Chiles, se observó estabilidad en el registro, es de resaltar los picos presentados al final del mes, los cuales son objeto de estudio (Figura 81). En relación a las tendencias descendentes presentadas por las componentes del inclinómetro El Morro, obedecen al registro de la temperatura (Figura 82).

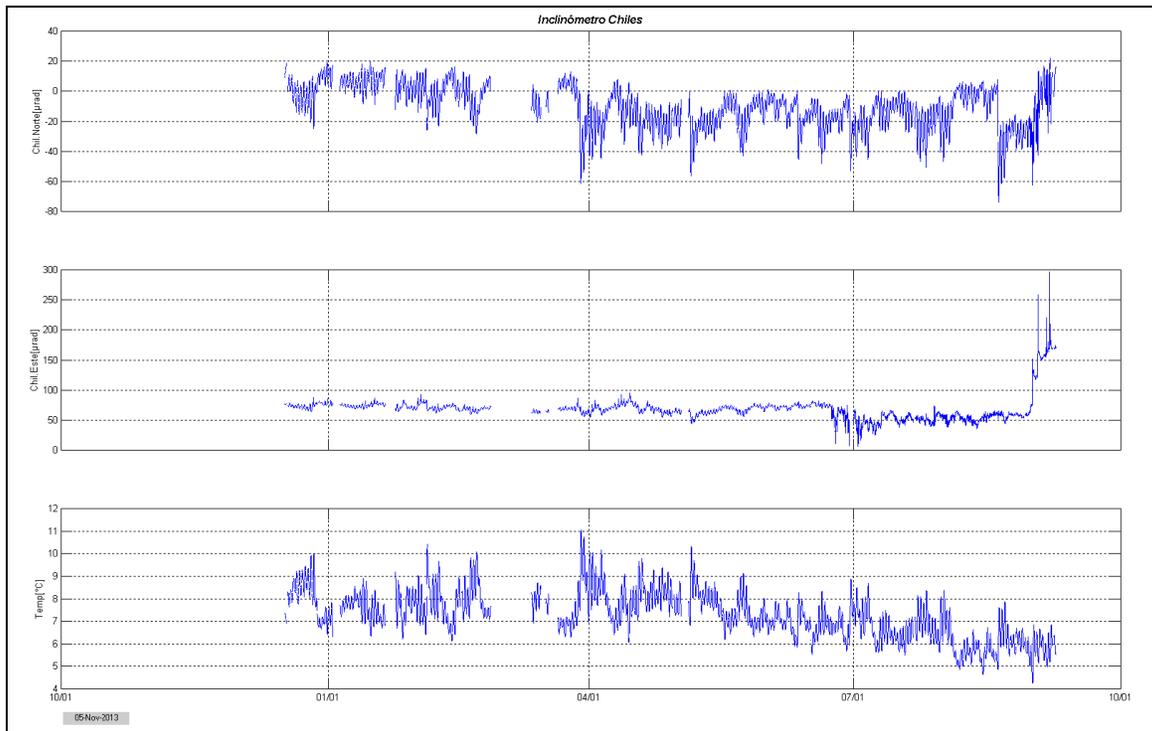


Figura 81. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro electrónico Chiles, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 6 de noviembre de 2013 y el 31 de agosto de 2014.

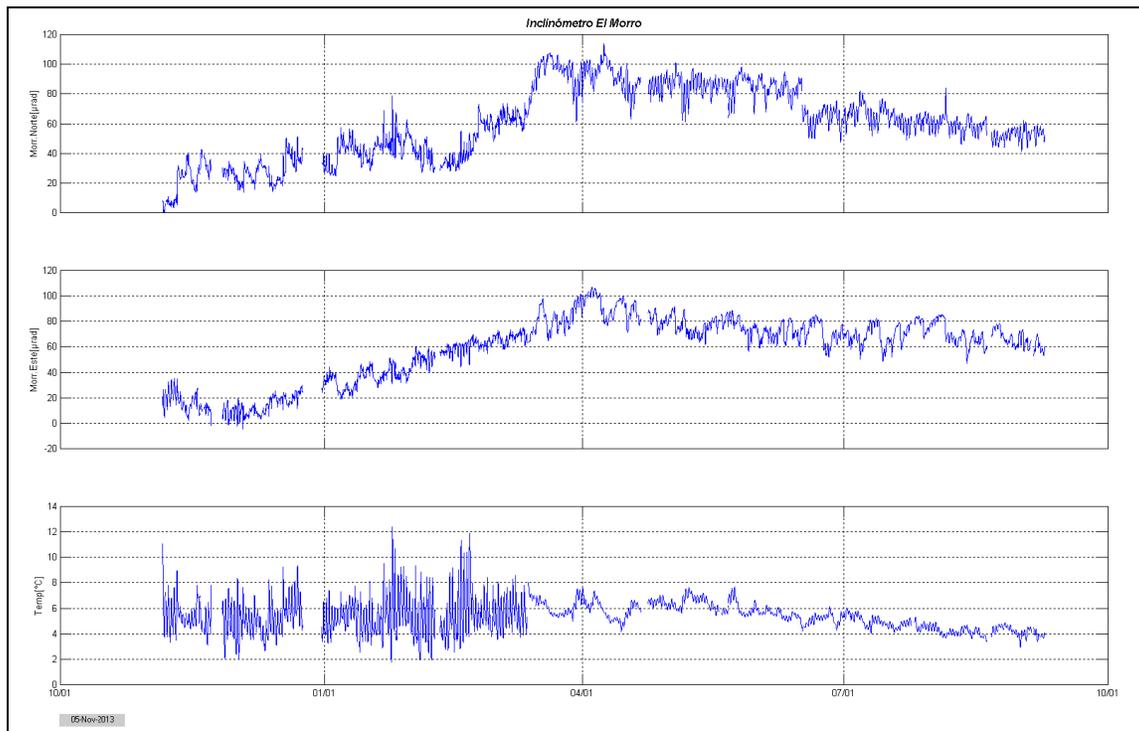


Figura 82. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro electrónico El Morro, instalado en el volcán Chiles, para el periodo comprendido entre el 6 de noviembre de 2013 y el 31 de agosto de 2014.

Adicionalmente, desde el mes de diciembre de 2013 se viene registrando un cambio importante en la deformación cortical del edificio del volcán Cerro Negro.

En la Figura 83 se presenta el registro del Inclínómetro Cerro Negro, instalado en el volcán del mismo nombre, continua el comportamiento ascendente en sus componentes Norte y Este, alcanzando 1500 y 1300 μrad , respectivamente, se resalta que al final del periodo evaluado pareciese que tienden a estabilizarse estas tendencias. En la Figura 84 se muestra el registro de las componentes de los inclinómetros Cerro Negro y Cerro Negro paralelo (Cneg2), sensor ubicado a 6m del otro inclinómetro, esto se hizo a manera de prueba para validar el registro del inclinómetro Cerro Negro, hasta el momento hay una notable relación en los registros de estos inclinómetros.

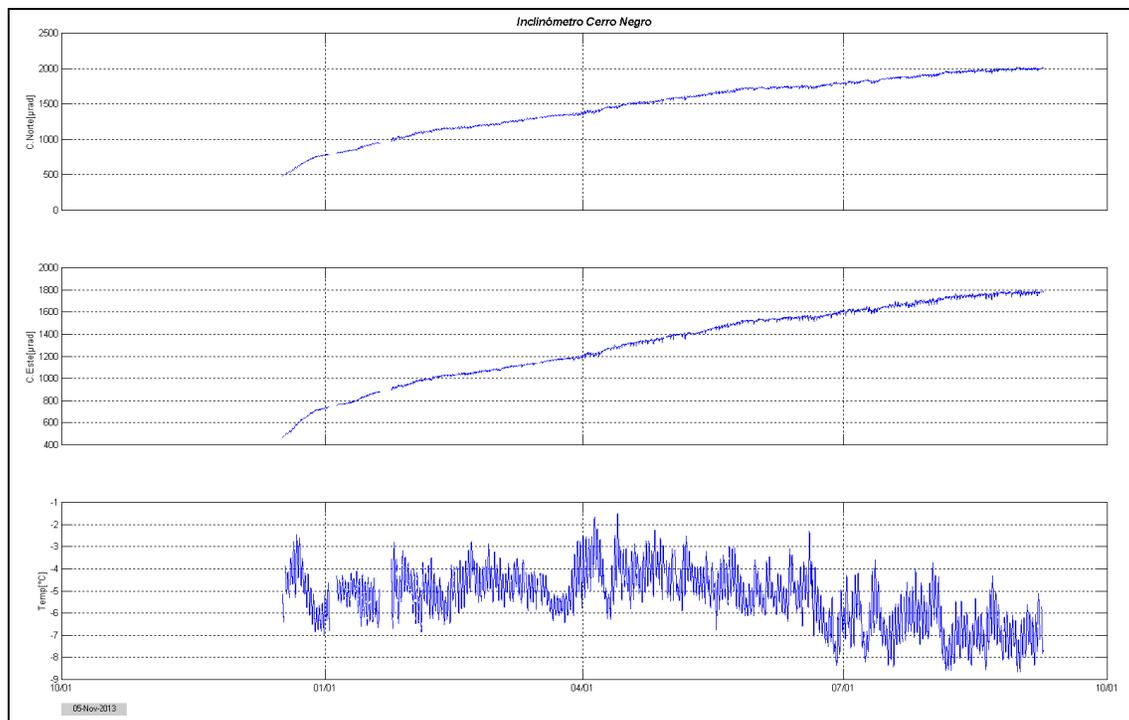


Figura 83. Componentes de inclinación Norte, Este y temperatura del inclinómetro electrónico Cerro Negro, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 16 de diciembre de 2013 y el 31 de agosto de 2014.

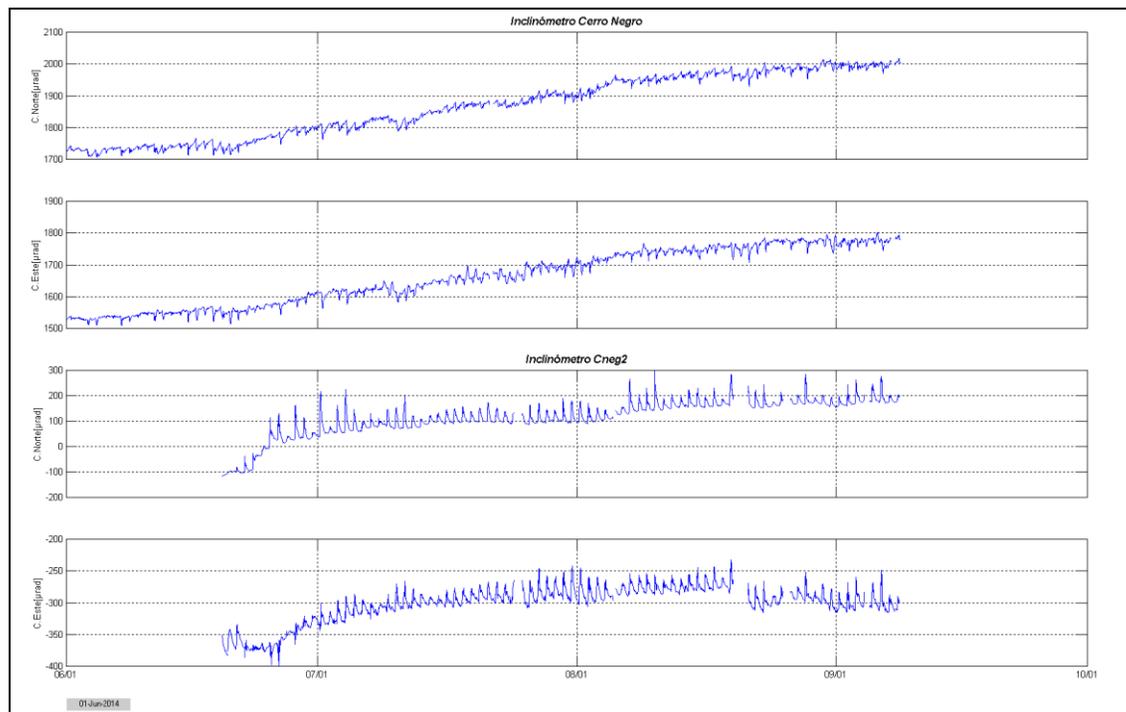


Figura 84. Componentes de inclinación Norte y Este, de los inclinómetros electrónicos Cerro Negro y Cerro Negro paralelo, instalados en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de junio y el 31 de agosto de 2014.

3.5. GEOQUÍMICA

3.5.1. Flujo de CO₂ difuso en el suelo

En el mes de agosto, se realizó un muestreo sobre dióxido de carbono (CO₂) difuso en suelo, en la zona de influencia del volcán Chiles. Se tomaron 52 medidas, los recorridos realizados se muestran en las Figuras 85, 86 y 87, y los valores más representativos se consignan en la Tabla 23.

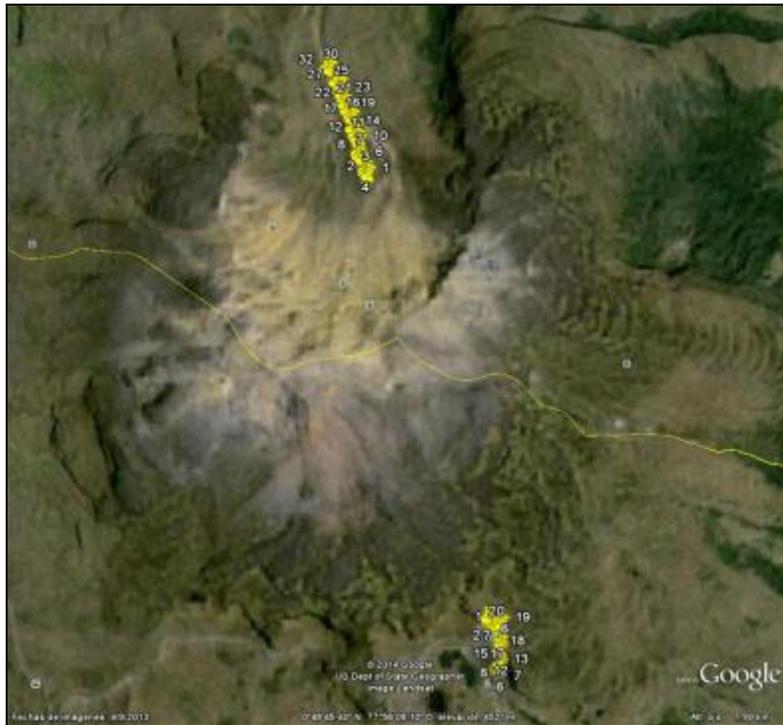


Figura 85. Mapa del recorrido para el muestreo de flujo de CO₂ difuso en suelo en el campo fumarólico perteneciente a la zona de influencia del Volcán Chiles. Agosto 2014.

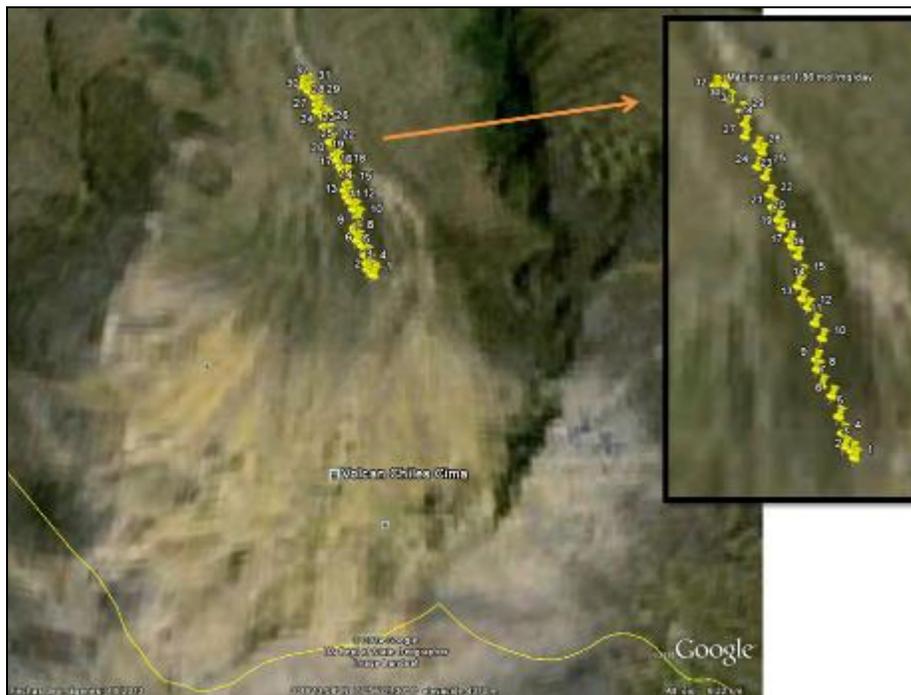


Figura 86. Mapa del recorrido para el muestreo de flujo de CO₂ difuso en suelo en el campo fumarólico perteneciente a la zona de influencia del Volcán Chiles, sector conocido como El Hondón. Agosto 2014.

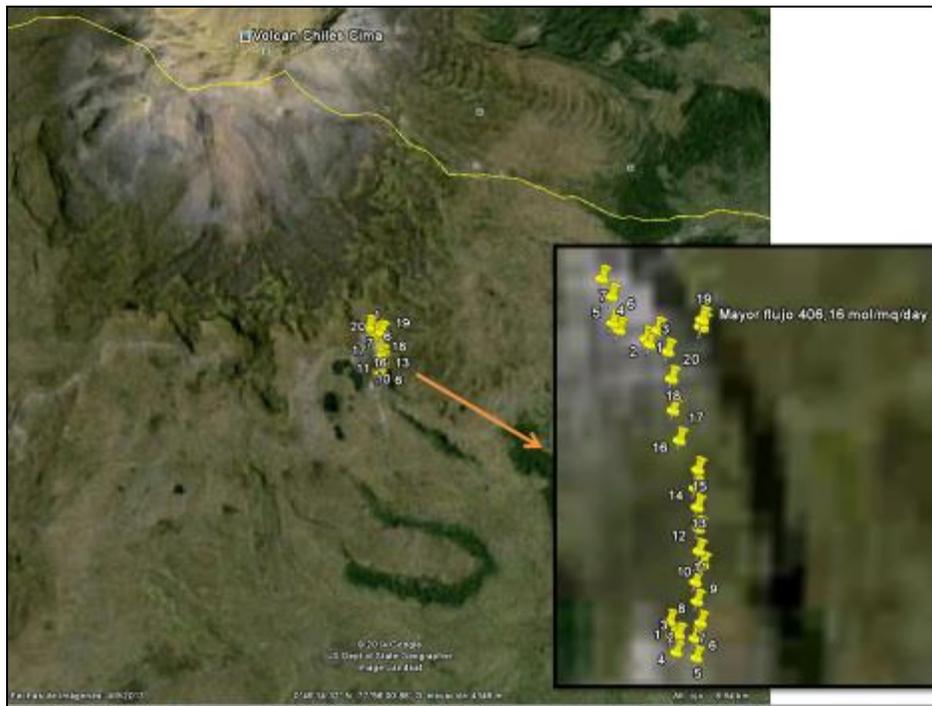


Figura 87. Mapa del recorrido para el muestreo de flujo de CO₂ difuso en el campo fumarólico perteneciente a la zona de influencia del Volcán Chiles, sector de Lagunas Verdes. Agosto 2014.

Tabla 23. Flujo de CO₂ difuso en suelo de la zona de influencia del volcán Chiles - Agosto 2014.

DATE	TIME	SITE	LONGITUDE	LATITUDE	ALTITUD	CO2_FLUX [mol/mq/day]
27/06/2014	13:30:57	Lagunas Verdes	-77,926298	0,802683	4058	96,9
13/08/2014	14:50:25	Londón	-77,935192	0,831497	3952	1,9
14/08/2014	14:08:18	Lagunas Verdes	-77,926192	0,802765	4047	406,2

Los valores registrados en la zona de influencia del volcán Chiles, son relativamente bajos, sin embargo, se evidencia en la zona de Lagunas Verdes el flujo más alto y evidentemente diferenciable en comparación con el mayor valor registrado en junio de 2014. El punto está ubicado justamente en la zona donde se presenció un fuerte olor a gases tóxicos concentrados, y donde también se observaron aves muertas.

3.5.2. Muestreo de aguas en fuentes termales – Volcán Chiles

El volcán Chiles cuenta con una red actual de monitoreo de cuatro fuentes termales (FT), entre las que se encuentran: FT Baño Grande, FT Las Hediondas, FT Lagunas Verdes y FT Río Blanco. 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 88 se muestra el valor del potencial de hidrógeno (pH) correspondiente al mes de agosto para las FT de la zona de influencia del volcán Chiles. 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.

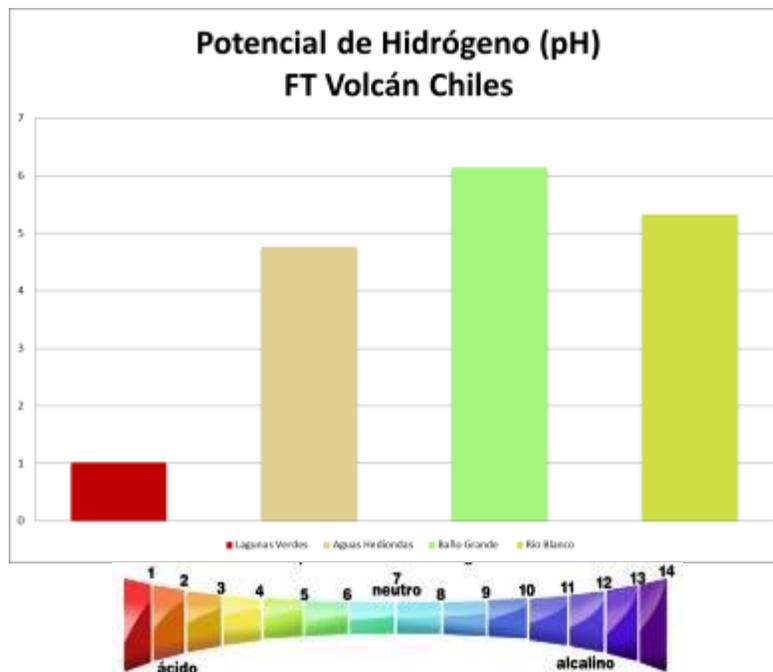


Figura 88. Potencial de hidrógeno de las FT del Volcán Chiles - agosto 2014.

Las fuentes termales de Chiles presentaron durante el mes de agosto, potenciales de Hidrógeno (pH), entre 1,0 (ácido) y 6,14 (ligeramente ácido).

En las siguientes imágenes térmicas tomadas con la cámara térmica FLIR T440 se puede observar el rango de temperaturas presentes en cada una de las termales.

- **Fuente termal Baño Grande**

Temperatura superficial: 46,3°C (Temperatura registrada en agosto de 2014, Figura 89). Con un máximo de 39,5°C en la fotografía térmica.

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra entre los 45°C y 100°C, por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como hipertermal. Presentó una conductividad eléctrica de 1,6mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

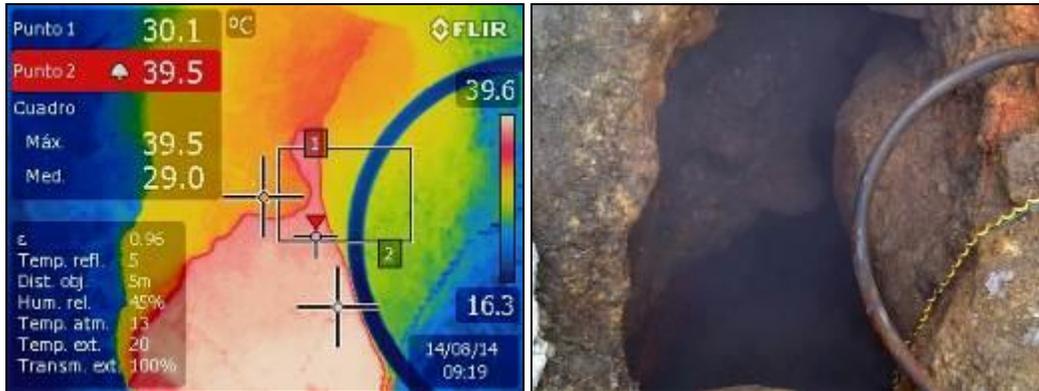


Figura 89. Imagen térmica de la FT Baño Grande Volcán Chiles - Agosto 2014.

- **Fuente termal Aguas Hediondas**

Temperatura superficial: 56,1°C (Temperatura registrada en agosto de 2014, Figura 90), con un máximo de 55,4°C en la fotografía térmica.

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra entre los 45°C y 100°C, por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como hipertermal. Presentó una conductividad eléctrica de 1,9mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

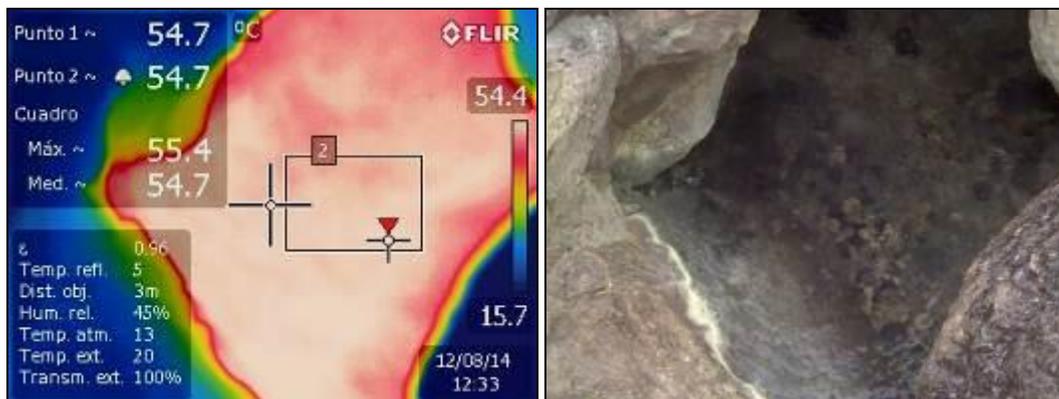


Figura 90. Imagen térmica de la FT Aguas Hediondas Volcán Chiles - Agosto 2014.

- **Fuente Sector Lagunas Verdes**

Temperatura superficial: 6,7°C (Temperatura registrada en agosto de 2014, Figura 91), con un máximo de 6,2°C en la fotografía térmica.

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra menor a 20°C. Presentó una conductividad eléctrica de 48,6mS/cm (25°C), que refleja alta presencia de sales solubles en el medio.

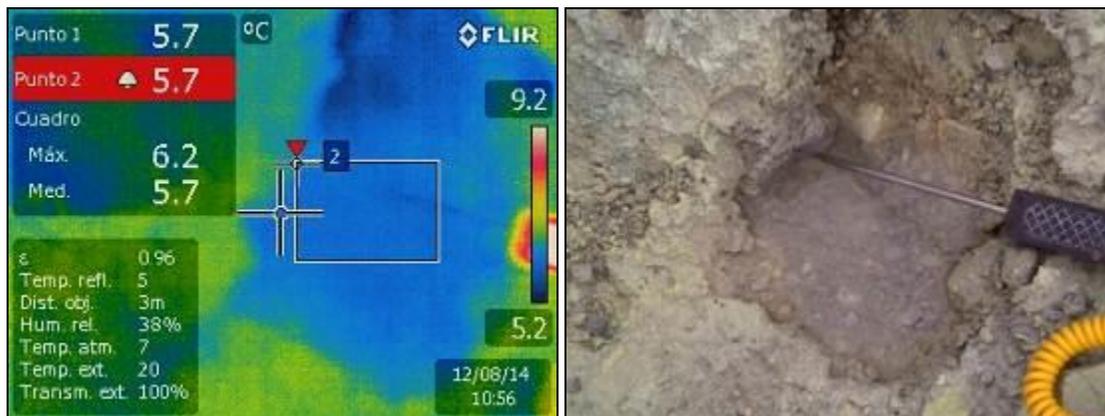


Figura 91. Imagen térmica de la Fuente de aguas sector Lagunas Verdes Volcán Chiles - Agosto 2014.

- **Fuente termal Rio Blanco**

Temperatura superficial: 18,2°C (Temperatura registrada en agosto de 2014, Figura 92), con un máximo de 17,2°C en la fotografía térmica.

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra menor a 20°C. Presentó una conductividad eléctrica de 1,65mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

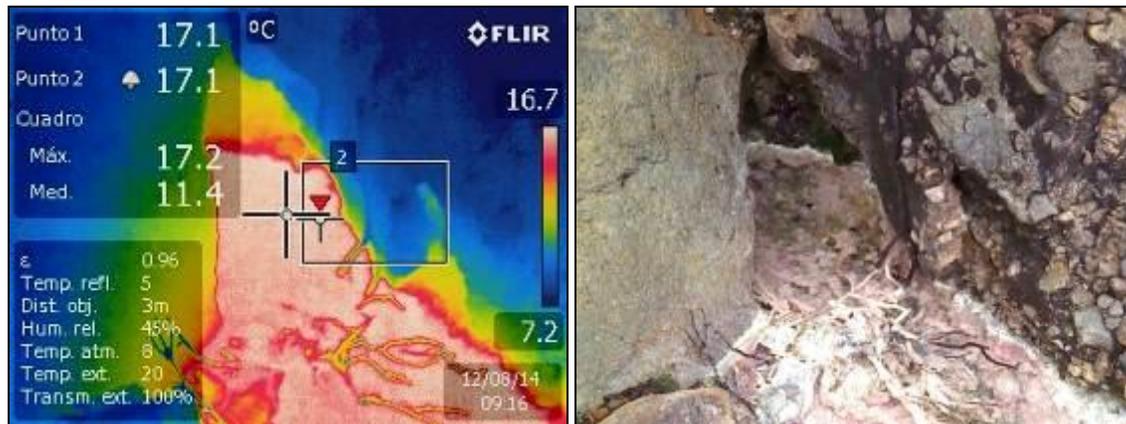


Figura 92. Imagen térmica de la FT Río Blanco Volcán Chiles - Agosto 2014.

A continuación se presentan gráficas sobre la variación de datos fisicoquímicos registrados a partir de datos históricos y aquellos registrados actualmente.

Variación de la variable temperatura para las FT Aguas Hediondas, Baño Grande y Río Blanco (Figura 93), los números en el eje horizontal corresponden a las fechas según el recuadro adjunto.

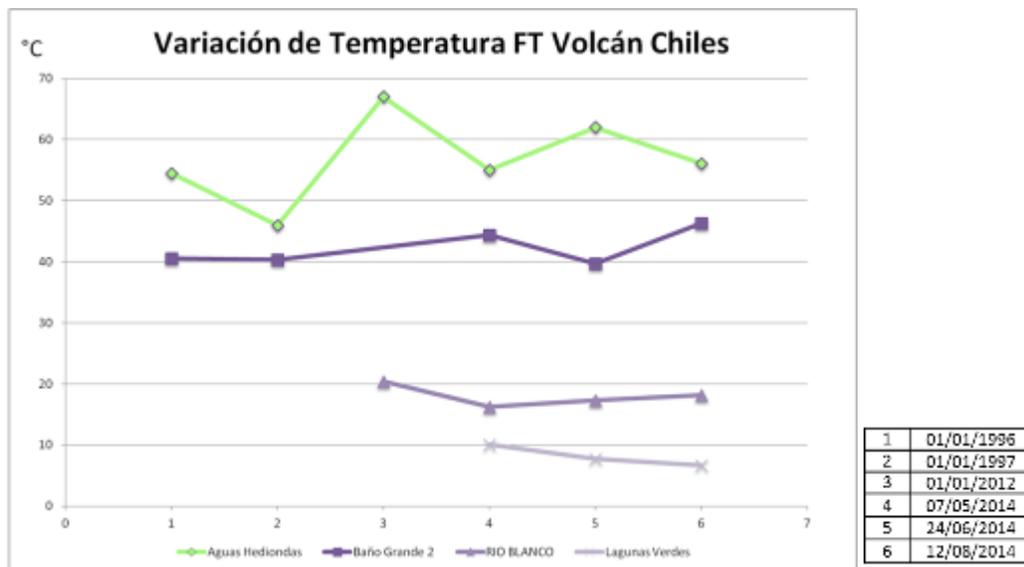


Figura 93. Variación de temperatura en las FT de Volcán Chiles - Agosto 2014.

Con respecto a la temperatura de las FT pertenecientes a la zona de influencia del volcán Chiles, las FT Baño Grande y Río Blanco presentaron un pequeño incremento en comparación con el mes anterior, mientras que las FT Aguas Hediondas y Lagunas Verdes descienden levemente su valor, afectado éste último posiblemente por infiltración de agua meteórica.

En cuanto al pH (Figura 94), puede evidenciarse algunas variaciones; la mayor para las Lagunas Verdes que desciende al valor de pH registrando en el periodo de alta actividad del volcán. Para la

FT Río Blanco, se observó un incremento leve del valor de este parámetro, pero aún no es comparable debido a los pocos datos registrados.

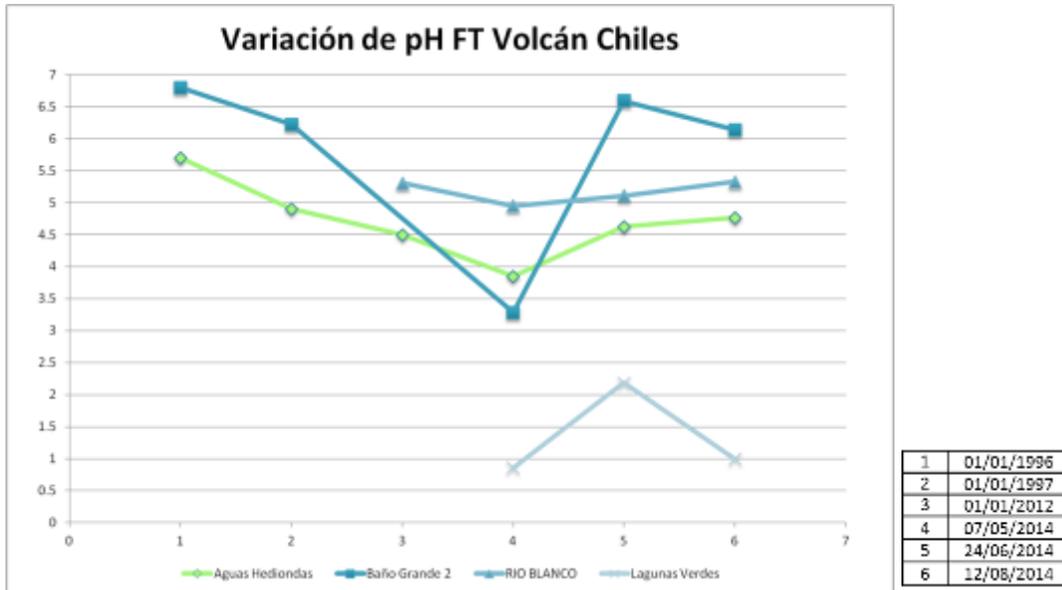


Figura 94. Variación del pH en las FT de Volcán Chiles – Agosto 2014.

En la Figura 95, se encuentra la gráfica sobre la variación de la conductividad eléctrica. Sobre la conductividad eléctrica, se ve un comportamiento ascendente en las FT Baño Grande y Río Blanco, pero, para la FT Lagunas Verdes se observó que el valor registrado en este mes también presentó un aumento significativo.

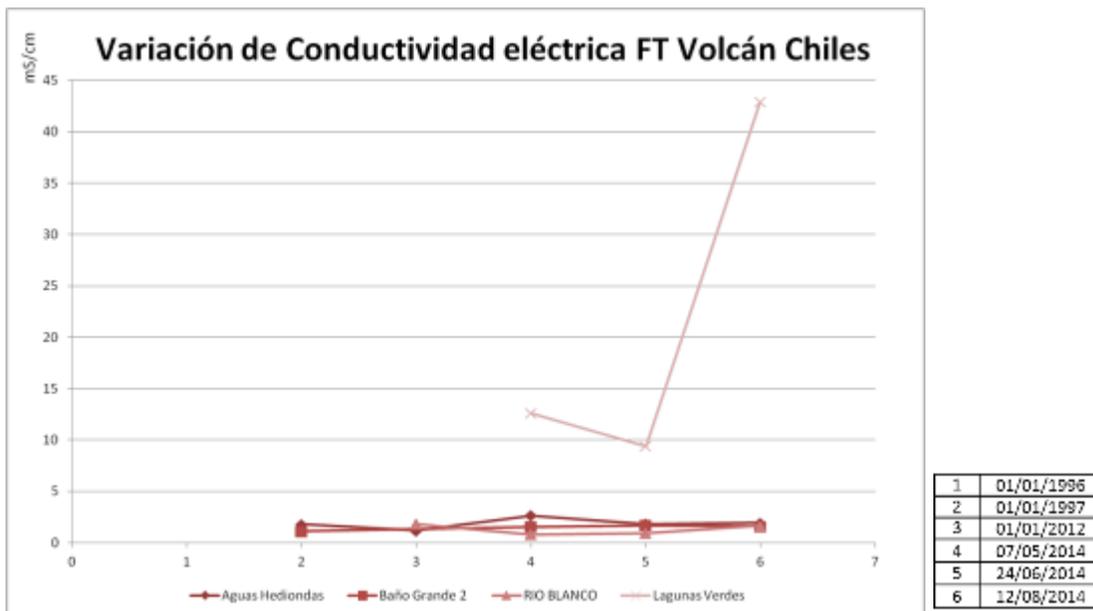


Figura 95. Variación de la conductividad eléctrica en las FT de Volcán Chiles - Agosto 2014.

El ión bicarbonato disminuye notablemente para la FT Baño Grande 2, lo cual puede deberse a una disminución en la cantidad de CO_2 , posiblemente por exsolución lo cual disminuye la probabilidad de encontrar bicarbonato en solución, en las FT Aguas Hediondas y Río Blanco sigue descendiendo el valor sin cambios muy notables, mientras que para la FT Lagunas Verdes, no hay presencia de este ión (Figura 96).

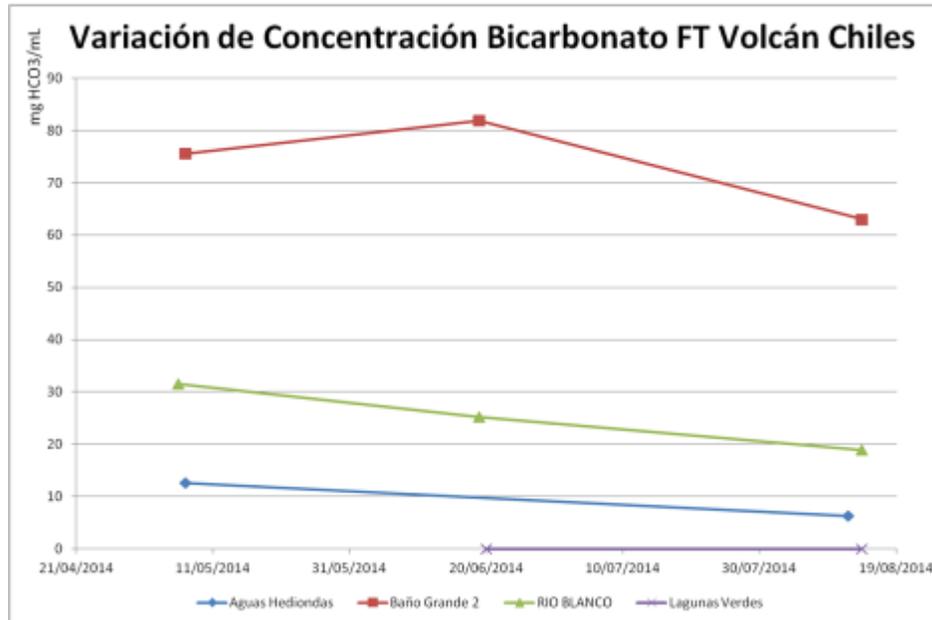


Figura 96. Variación de la concentración de bicarbonato en las FT de Volcán Chiles - Agosto 2014.

3.6. ACTIVIDAD SUPERFICIAL

Durante el mes de agosto de 2014 no se tuvo reportes relacionados con actividad superficial del Complejo Volcánico Chiles – Cerro Negro.

3.7. CONCLUSIONES

La evaluación del proceso volcánico durante el mes de agosto de 2014 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 – AGOSTO DE 2014

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 97), 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.

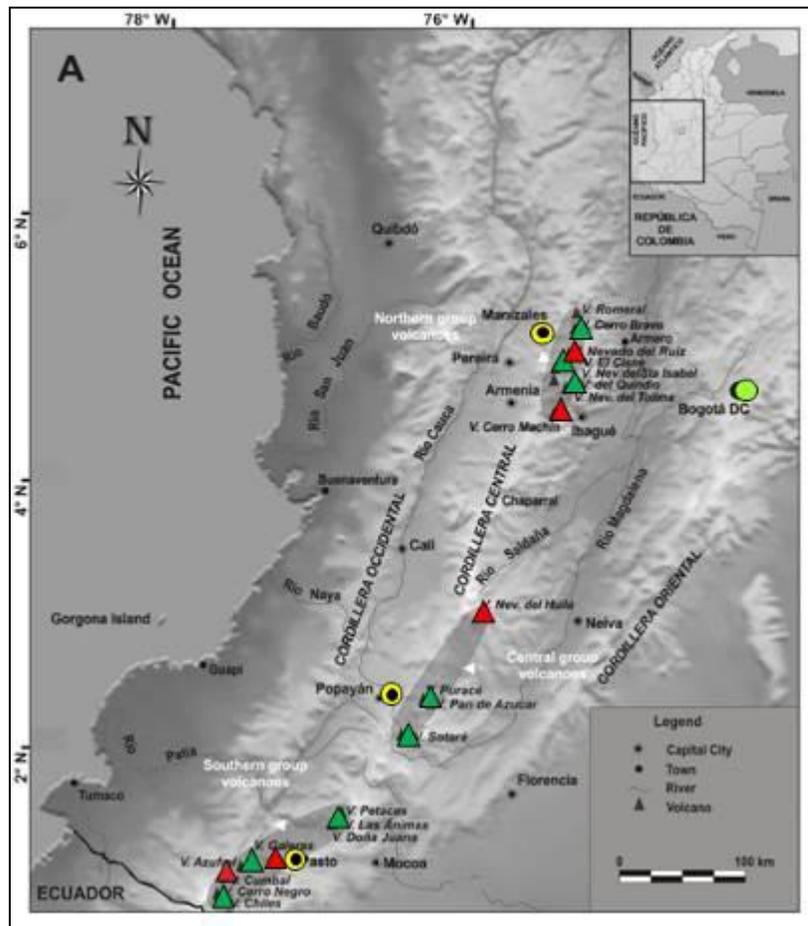


Figura 97. Imagen en la cual se aprecia la localización de algunos volcanes del sur de Colombia, entre ellos están Galeras, Doña Juana, Azufral, Cumbal, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro, monitoreados por el OVSP - Servicio Geológico Colombiano.

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 98).

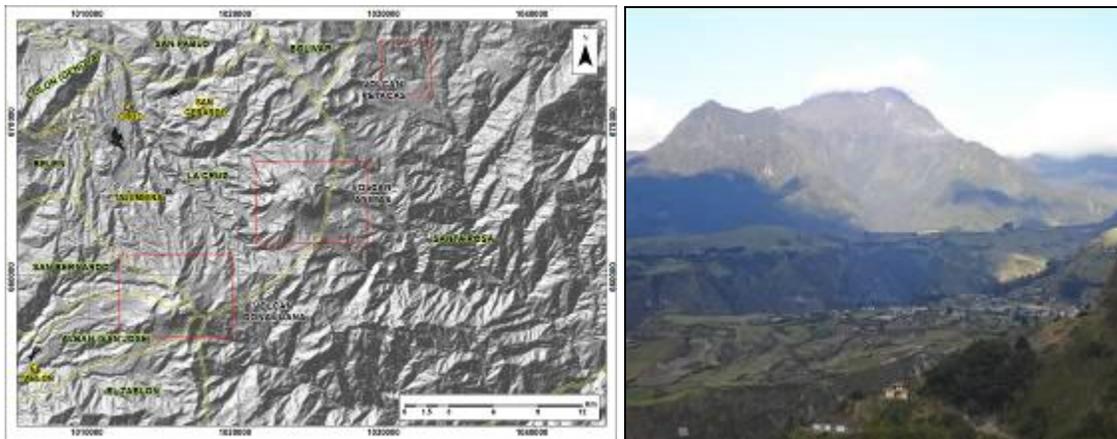


Figura 98. Localización del volcán Las Ánimas (izquierda) e imagen del costado occidental del volcán (derecha).

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 las zonas conocidas como Altamira, Petroglifo y El Troje sobre su costado occidental. Es de resaltar que la estación multiparámetro Altamira (sísmica y de deformación), se encuentra ubicada en los límites de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas.

En la Figura 99 se muestra la disposición de las estaciones para monitoreo de la actividad sísmica y de deformación cortical del volcán Las Ánimas. En la Tabla 24 se consignan sus características.

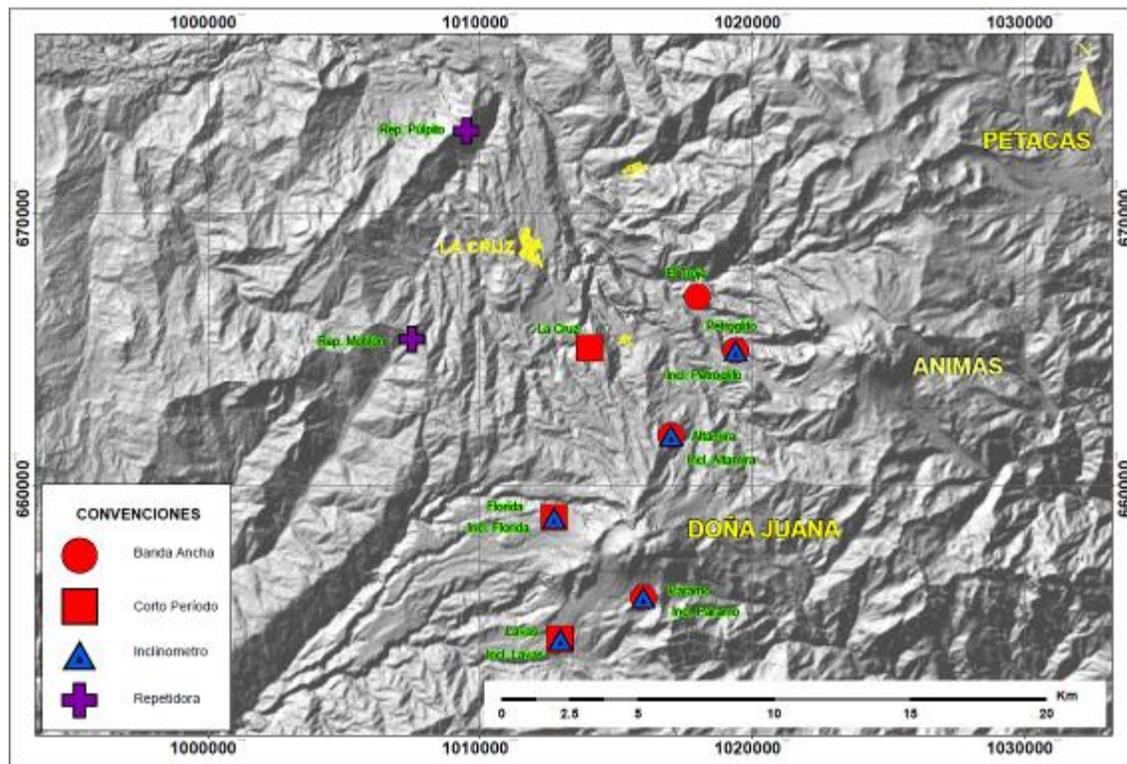


Figura 99. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante el mes de agosto de 2014.

Tabla 24. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Las Ánimas durante el mes de agosto de 2014.

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

En el periodo evaluado, la red de estaciones instaladas para el monitoreo del volcán Las Ánimas presentó un funcionamiento promedio del 93% (Figura 100).

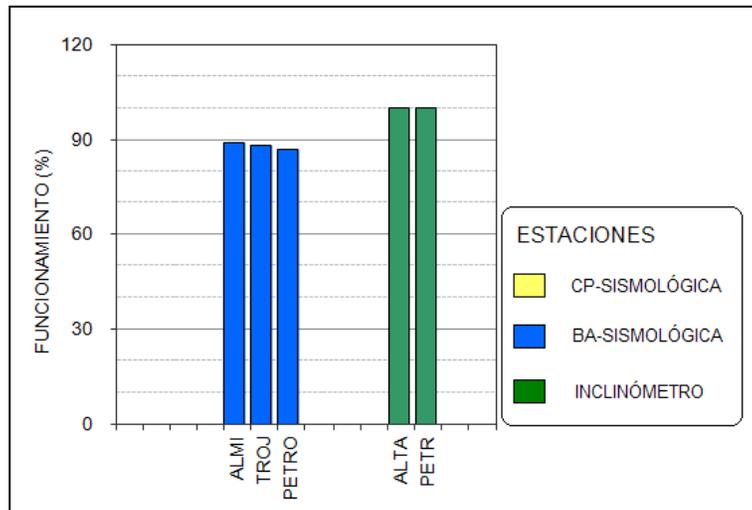


Figura 100. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante agosto de 2014.

4.1.3. Sismología

Respecto a la actividad de este volcán, para el mes de agosto se registró un evento tipo VT (Tabla 25), de bajo nivel energético, que se localizó a 3.1 km, al oeste-suroeste del volcán y tuvo una profundidad de 6.8 km, respecto de la cima volcánica y magnitud de 0.6 en la escala de Richter (Figura 101).

Tabla 25. Número de eventos volcánicos por tipo, para el volcán Las Ánimas, ocurridos entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2014, incluyendo los registros clasificados como Volcánicos y el mes objeto de evaluación, resaltado en color azul.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo	
	vt	TOTAL
01-may-14 a 31-may-14	21	21
01-jun-14 a 30-jun-14	1	1
01-jul-14 a 31-jul-14	0	0
01-ago-14 a 31-ago-14	1	1

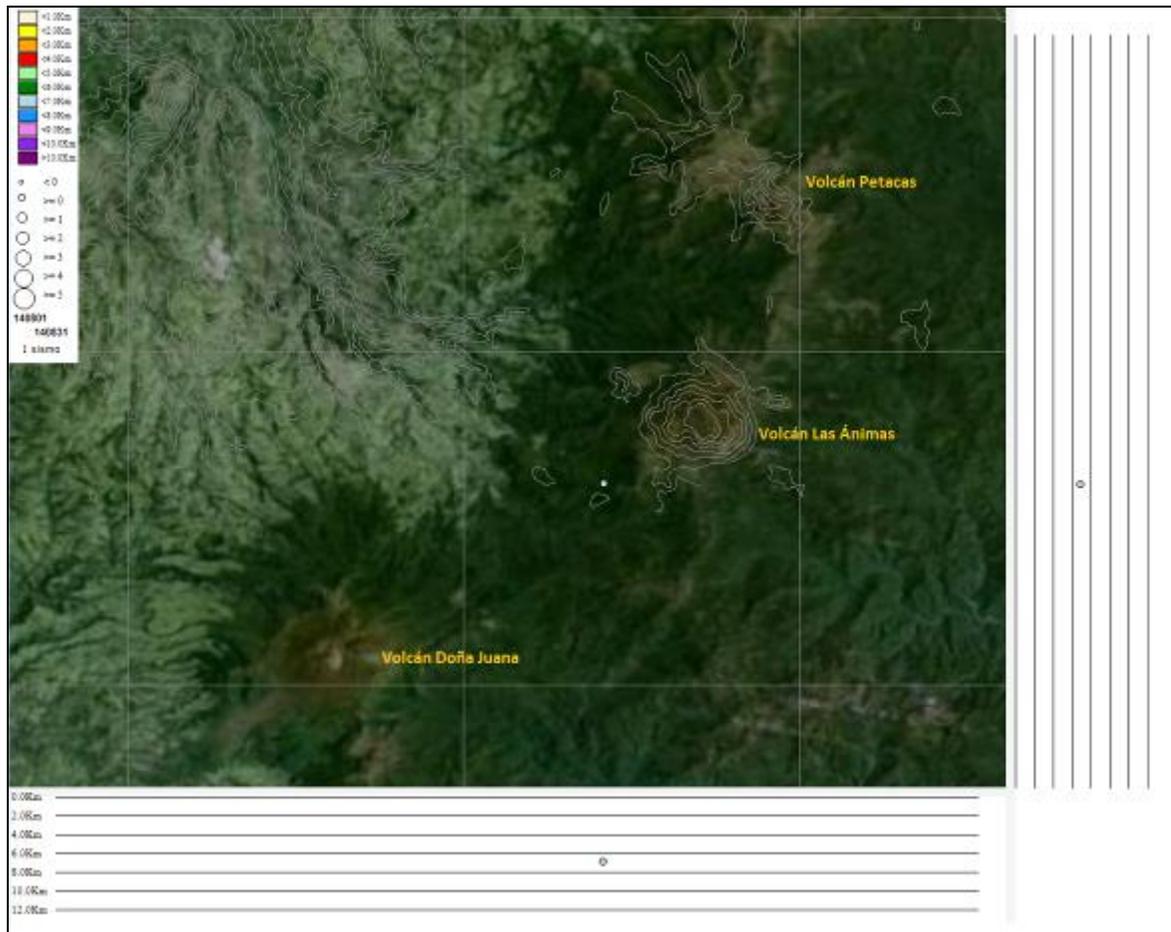


Figura 101. Localización epicentral e hipocentral del sismo de fractura registrado por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Las Ánimas, en el mes de agosto de 2014, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2 km., de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.

4.1.4. Deformación Volcánica

Respecto a los cambios registrados por las estaciones de Inclímetro, continúa el comportamiento ascendente en las componentes del inclinómetro Petroglifo, alcanzando para la Norte desde el 11 de mayo de 2014, una variación de $65 \mu\text{rad}$, y para la Este de $110 \mu\text{rad}$ (Figura 102). De igual forma se observa esta tendencia ascendente en la componente Norte del inclinómetro Altamira, registrando cerca de $70 \mu\text{rad}$ (Figura 103).

En la Figura 104 se muestra la orientación y magnitud del vector resultante calculado teniendo en cuenta el cambio presentado en las componentes del inclinómetro Petroglifo.

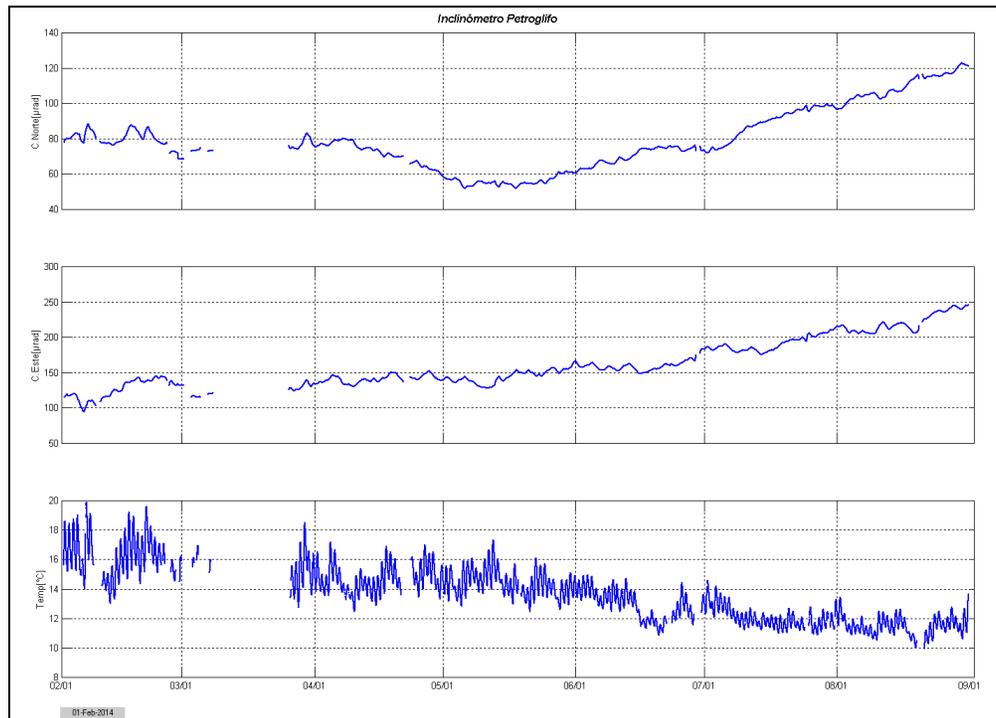


Figura 102. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro electrónico Petroglifo, instalado en el volcán Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero y el 31 de agosto de 2014.

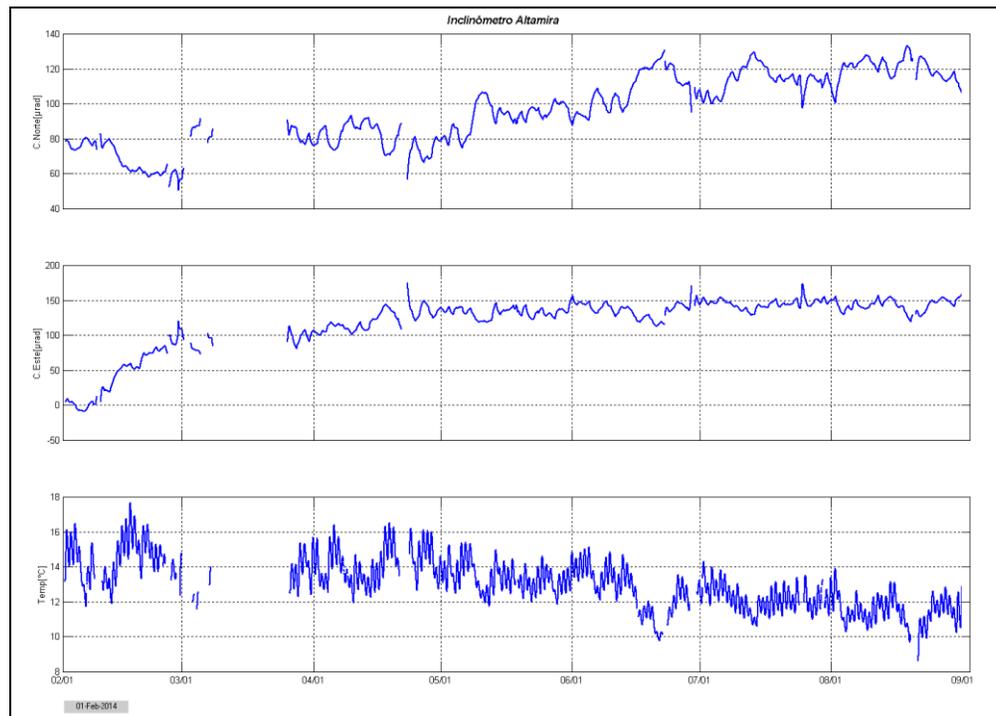


Figura 103. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Altamira, instalado en el límite entre los volcanes Doña Juana y Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero y el 31 de agosto de 2014.

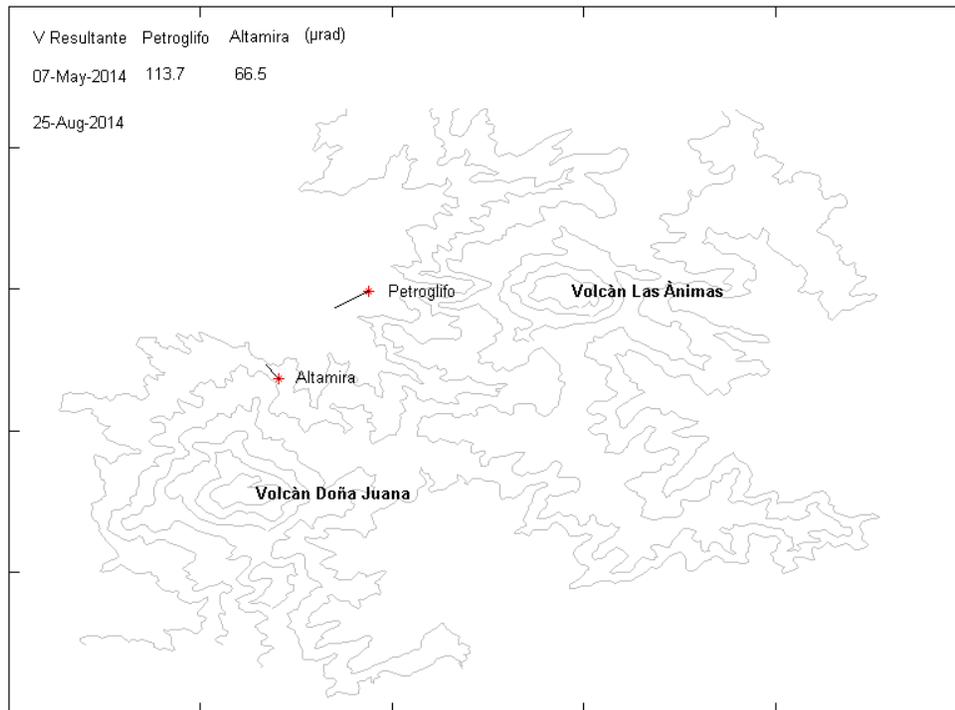


Figura 104. Orientación y magnitud de los vectores resultantes calculados teniendo en cuenta las variaciones registradas por las componentes de los sensores de Inclínometría electrónica.

4.1.5. Actividad Superficial

Durante el mes de agosto de 2014 no se tuvieron 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 agosto de 2014 permitió establecer el **NIVEL VERDE ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”**.

4.2. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN DOÑA JUANA

4.2.1. Red de vigilancia

En la Figura 105 se puede apreciar la disposición de la red de vigilancia del volcán Doña Juana que consta de dos estaciones de corto periodo y una de banda ancha para monitorear su 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 105, Tabla 26).

En la Tabla 26, se consigna el nombre de cada estación y en la Figura 106 se muestra el porcentaje de funcionamiento de las estaciones.

Tabla 26. 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

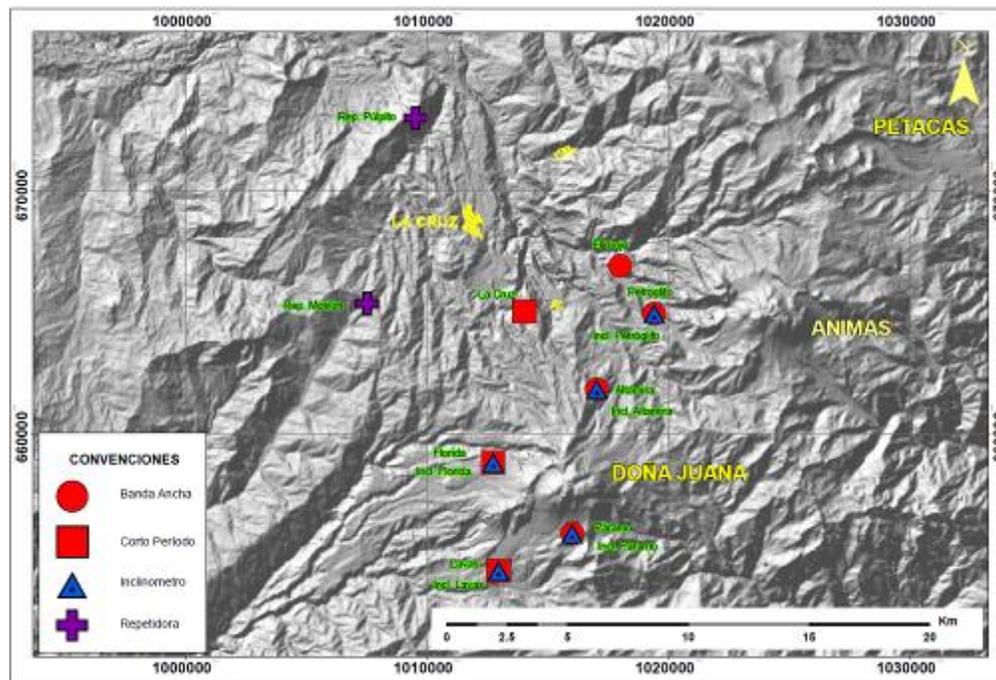


Figura 105. Mapa de localización de las estaciones que conforman la red de monitoreo del volcán Doña Juana.

Las estaciones de la red instalada para el monitoreo del volcán Doña Juana para el mes de agosto de 2014 presentaron un funcionamiento del 94% (Figura 106), debido principalmente a fallas en las estaciones repetidoras que permiten que se tenga las señales en tiempo real en la sede del Observatorio ocasionando pérdida de información. La estación sísmica Lavas se encuentra con un porcentaje de funcionamiento del 67% debido a problemas de interferencias en la señal.

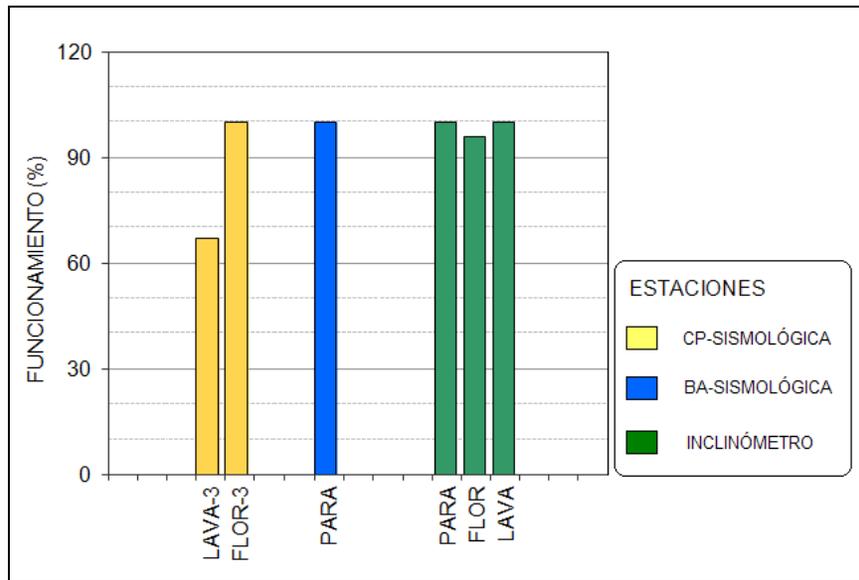


Figura 106. Histograma del porcentaje de funcionamiento durante el mes de agosto de 2014, de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Doña Juana.

4.2.2. Sismología

En relación a la sismicidad del volcán Doña Juana, para el periodo evaluado se registró un evento tipo VT (Tabla 27), de bajo nivel energético, que se localizó a 7.0 km, al oeste-noroeste del volcán y tuvo una profundidad de 11.3 km, respecto de la cima volcánica y magnitud de 0.8 en la escala de Richter (Figura 107).

Tabla 27. Número de eventos volcánicos por tipo, para el volcán Doña Juana, ocurridos entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2014, incluyendo los registros clasificados como Volcánicos y el mes objeto de evaluación, resaltado en color azul.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo	
	vt	TOTAL
01-may-14 a 31-may-14	1	1
01-jun-14 a 30-jun-14	0	0
01-jul-14 a 31-jul-14	1	1
01-ago-14 a 31-ago-14	1	1

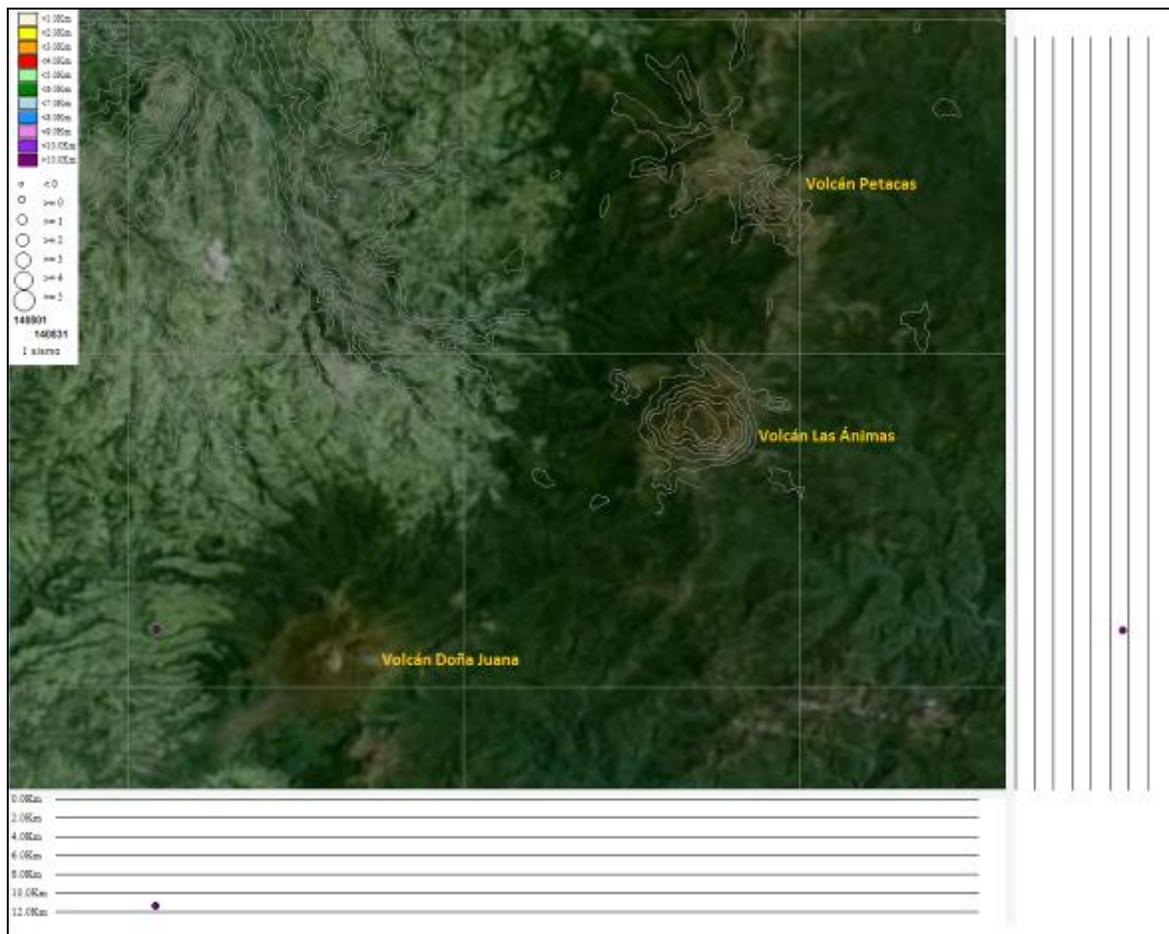


Figura 107. Localización epicentral e hipocentral del sismo de fractura registrado por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Doña Juana, en el mes de agosto de 2014, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2 km., de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.

4.2.3. Deformación Volcánica

Respecto a los cambios registrados por las componentes Norte y Este del inclinómetro Florida (ubicado a 2.3 km., al Oeste de los domos, 3154 m.s.n.m.) se muestra un comportamiento estable, con fluctuaciones por debajo de los 10 μrad (Figura 108). Para el periodo evaluado se observa estabilidad en la componente Este del inclinómetro Lavas, mientras que la componente Norte presenta una tendencia descendente en su registro, el cual desde junio es cercano a los 40 μrad (Figura 109).

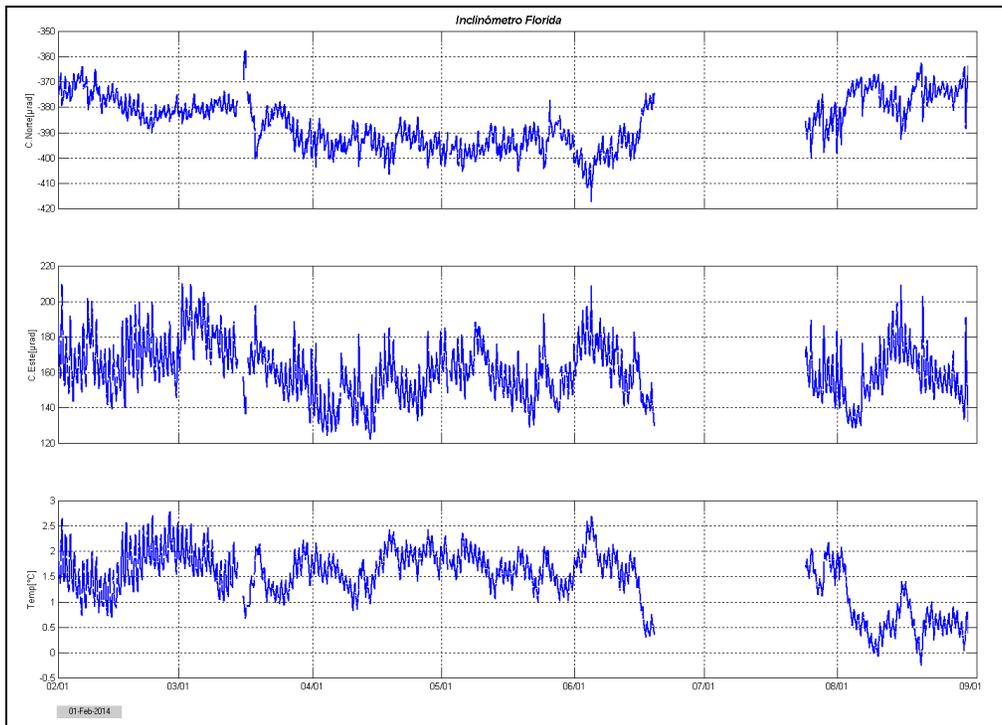


Figura 108. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Florida, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero y el 31 de agosto de 2014.

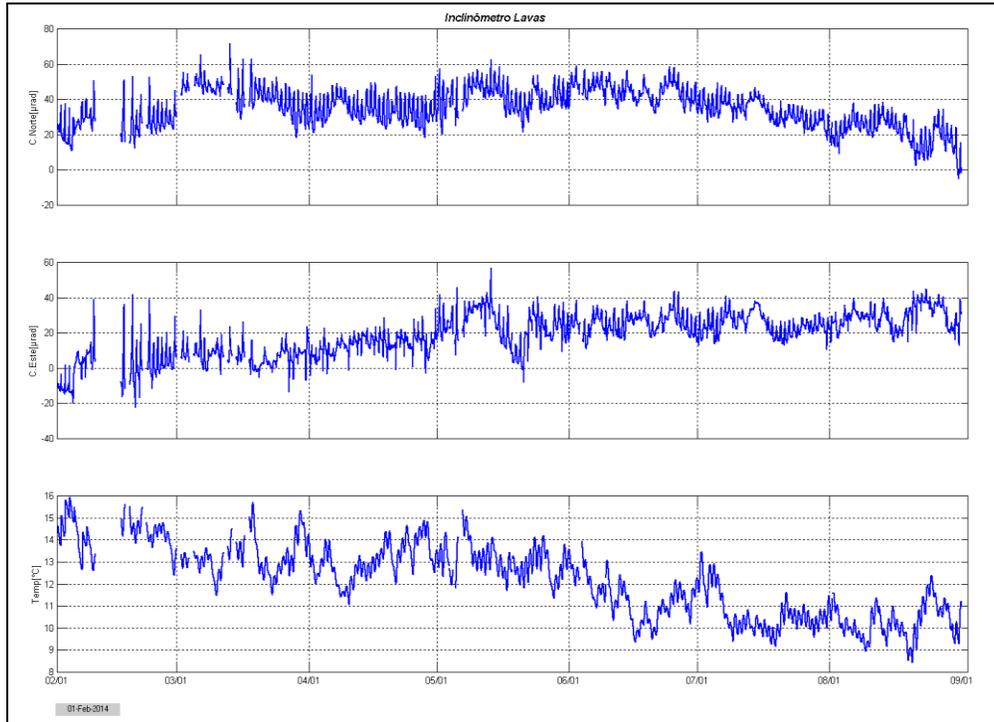


Figura 109. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura y voltaje del inclinómetro Lavas, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero y el 31 de agosto de 2014.

4.2.4. Actividad Superficial

Durante el mes de agosto de 2014 no se tuvieron reportes relacionados con actividad superficial del volcán Doña Juana.

4.2.5. Conclusiones

- La evaluación de los parámetros monitoreados durante el mes de agosto de 2014, permitieron establecer el **NIVEL VERDE ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”**.

4.3. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN AZUFRAL

4.3.1. Red de vigilancia

En la Figura 110 se muestra la disposición de las estaciones para monitoreo de la actividad sísmica y de deformación cortical del volcán Azufral, sus estaciones La Roca, Chaitán, Laguna, Ventana y Lobo, las dos primeras cuentan con sensores sísmicos e inclinómetros electrónicos y Laguna con un sensor sísmico y una cámara web para el seguimiento de la actividad superficial. En la Tabla 28 se consignan sus características. Adicionalmente el 15 de mayo se instaló una estación climatológica cerca a la estación La Roca, la cual consta de un anemómetro para medida de velocidad y dirección del viento, un sensor de temperatura, un sensor de humedad relativa, un pluviómetro, un sensor de presión atmosférica y uno para medidas de radiación solar. De igual forma el 14 de mayo se instaló un sensor de Temperatura en una de las fumarolas en el domo Mallama hacia el nororiente de la Laguna cratérica.

Además, 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 111).

En general, la red de monitoreo telemétrico del volcán Azufral alcanzó en promedio un porcentaje de funcionamiento del 94% para este mes (Figura 112).

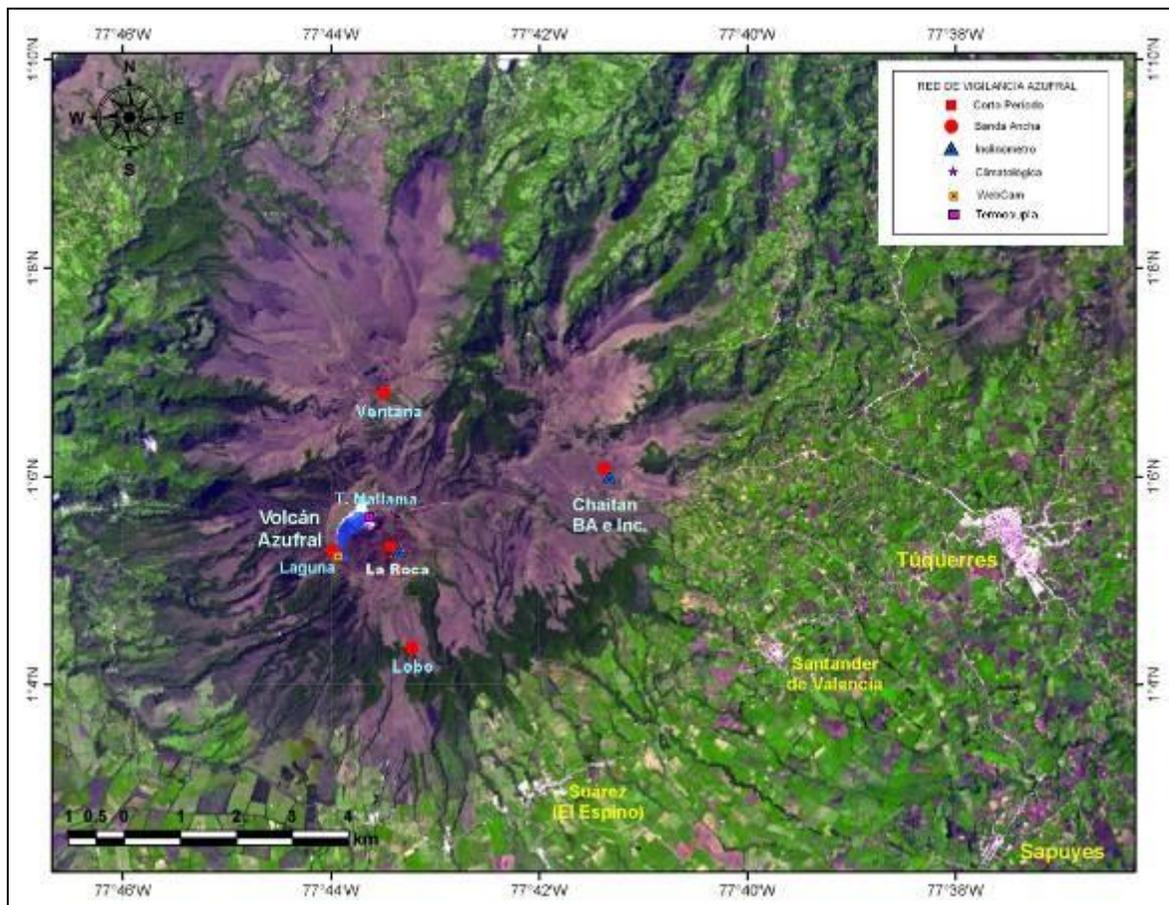


Figura 110. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de agosto de 2014.

Tabla 28. 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	Analógica	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	1,2	E	4025
Chaitán	Digital	Sismómetro de Banda Ancha	Triaxial	4,3	ENE	3730
Laguna	Digital	Sismómetro de Banda Ancha	Triaxial	0,5	SW	3921
Lobo	Digital	Sismómetro de Banda Ancha	Triaxial	2,4	SE	3569
Ventana	Digital	Sismómetro de Banda Ancha	Triaxial	2,5	NE	3981
La Roca	Digital	Inclínometro electrónico	Biaxial	1,2	E	4025
Chaitán	Digital	Inclínometro electrónico	Biaxial	4,3	ENE	3730

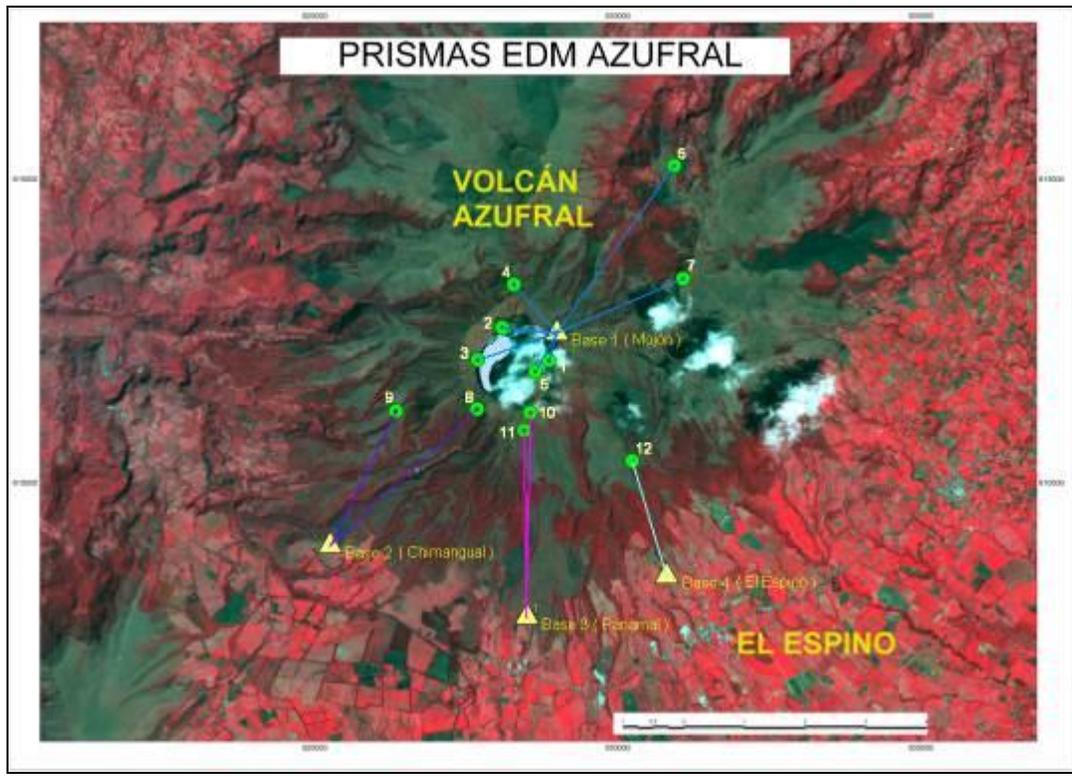


Figura 111. Mapa de localización de los puntos materializados para mediciones EDM, en el volcán Azufral. Las figuras de color amarillo indican la ubicación de las Base 1, 2, 3 y 4, los círculos de color verde indican la ubicación de los prismas reflectores.

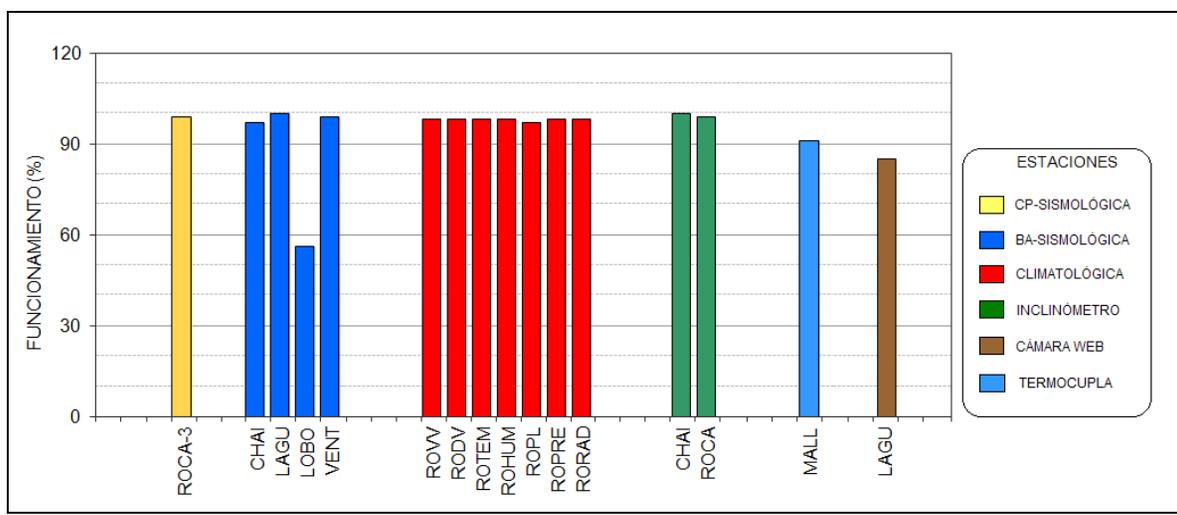


Figura 112. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de agosto de 2014.

4.3.2. Sismología

Las estaciones sísmicas de monitoreo del volcán Azufral, mostraron que la sismicidad para el periodo evaluado estuvo dominada por registros asociados con fracturamiento de material cortical, eventos VT (Tabla 29, Figura 113). En total se registraron 7 eventos sísmicos, de los cuales fue posible localizar tres, que se ubicaron de manera dispersa sobre el edificio volcánico, a distancias entre 0.6 y 8.7 km respecto a la Laguna Cratérica, con profundidades entre 3.2 y 7.9 km respecto a la cima volcánica, las magnitudes fluctuaron entre 1.1 y 1.3 en la escala de Richter (Figura 114).

Tabla 29. Número de eventos volcánicos por tipo, para el volcán Azufral, ocurridos entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2014, incluyendo los registros clasificados como Volcánicos y el mes objeto de evaluación, resaltado en color azul.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo	
	vt	TOTAL
01-may-14 a 31-may-14	4	4
01-jun-14 a 30-jun-14	5	5
01-jul-14 a 31-jul-14	1	1
01-ago-14 a 31-ago-14	7	7

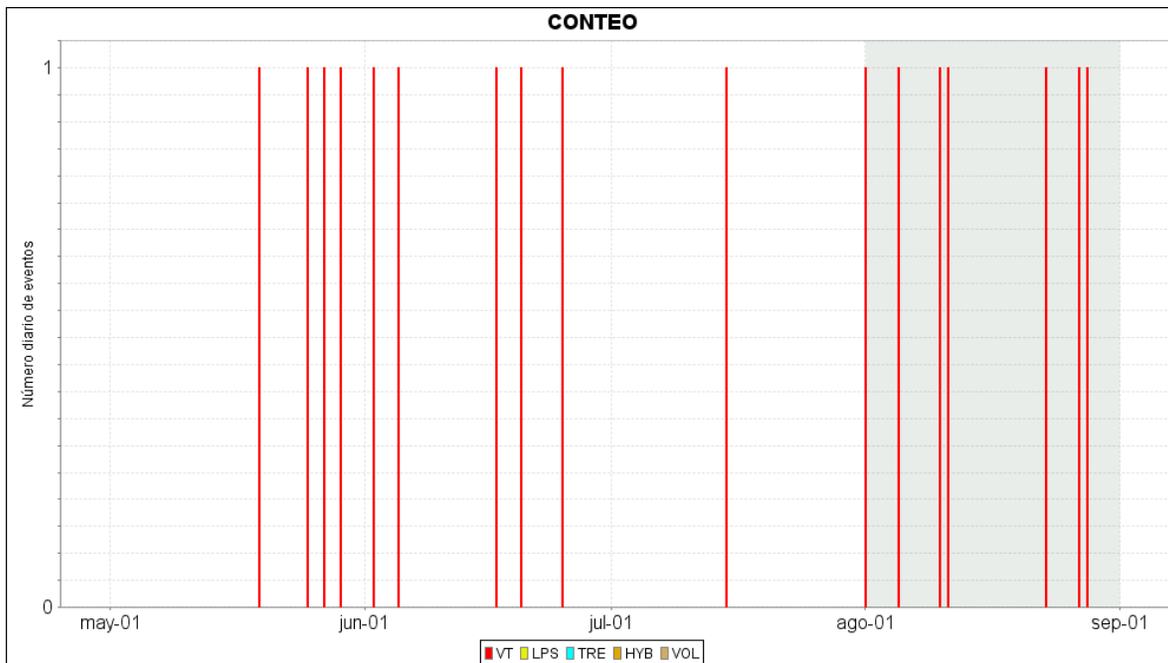


Figura 113. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Azufral entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

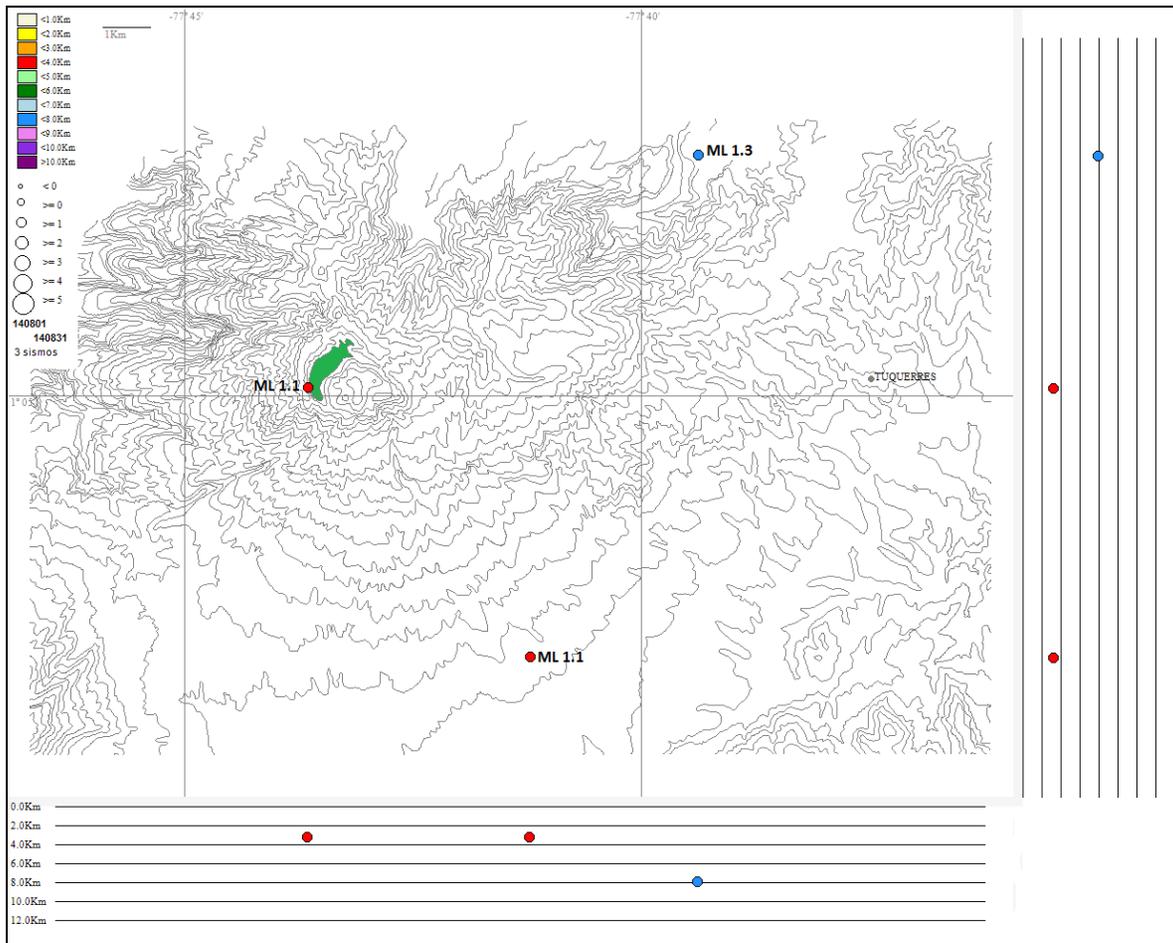


Figura 114. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Azufral, en el mes de agosto de 2014, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2 km., de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.

4.3.3. Deformación Volcánica

4.3.3.1. Inclínometría Electrónica

En cuanto a la deformación del edificio volcánico, se observó que el comportamiento de las componentes Norte y Este del inclinómetro Chaitán (ubicado a 4,3 km al este-noreste de la laguna cratérica, 3730 m.s.n.m.), obedecen al registro del sensor de la temperatura del equipo (Figura 115).

En la Figura 116 se muestra el registro del inclinómetro La Roca (ubicado a 1.2 Km., al este de la laguna cratérica, 4025 msnm) que para el periodo evaluado presentó estabilidad en sus componentes.

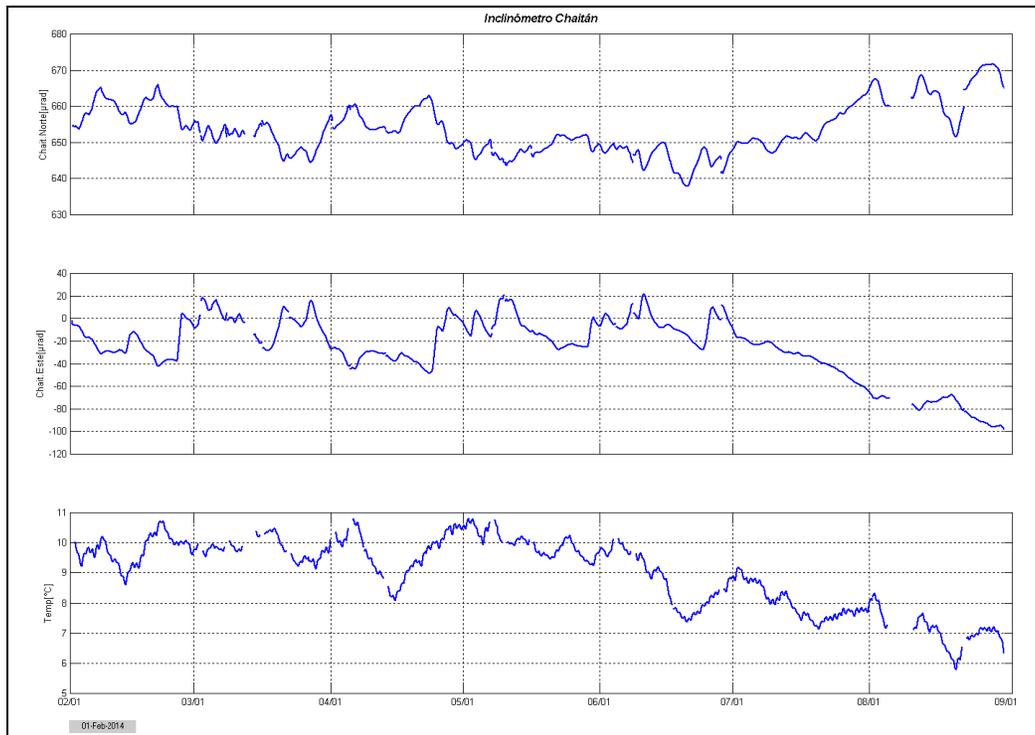


Figura 115. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Chaitán, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero y el 31 de agosto de 2014.

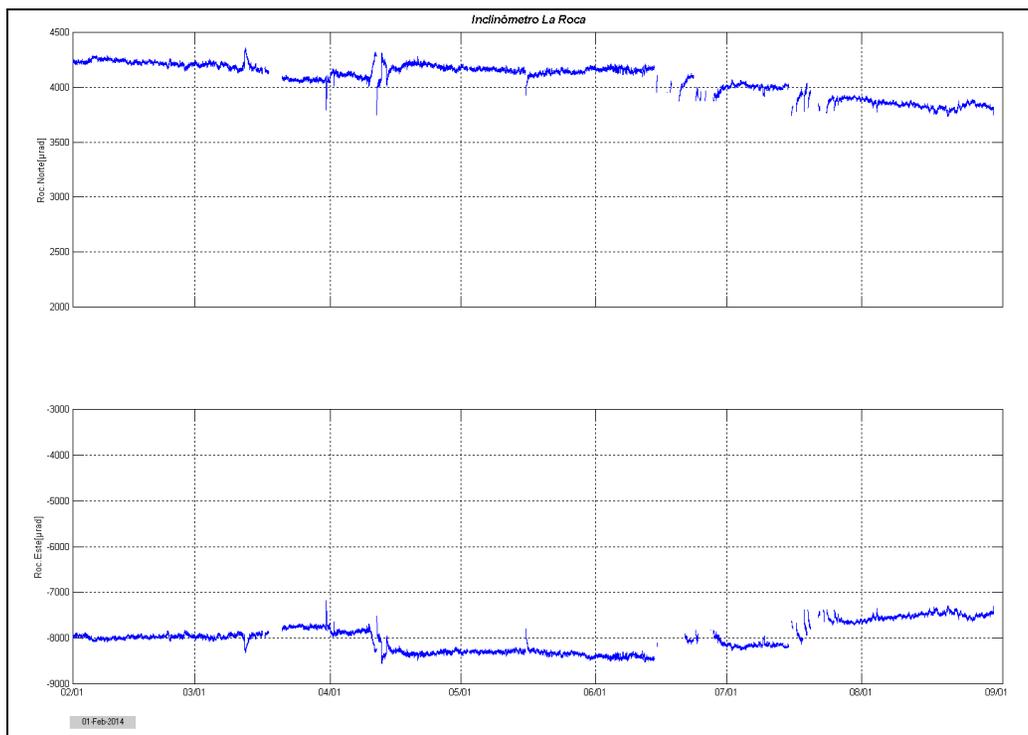


Figura 116. Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro La Roca, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero y el 31 de agosto de 2014.

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.

4.3.4. Geoquímica

4.3.4.1. Registro de temperatura del domo Mallama en el volcán Azufral

A continuación se presenta el mapa sobre la localización del campo fumarólico Domo Mallama en el cual se realiza de manera permanente la medida de la temperatura (Figura en el campo fumarólico “Domo Mallama” del volcán Azufral obtenidos de la estación telemétrica termocupla (Figura 117).

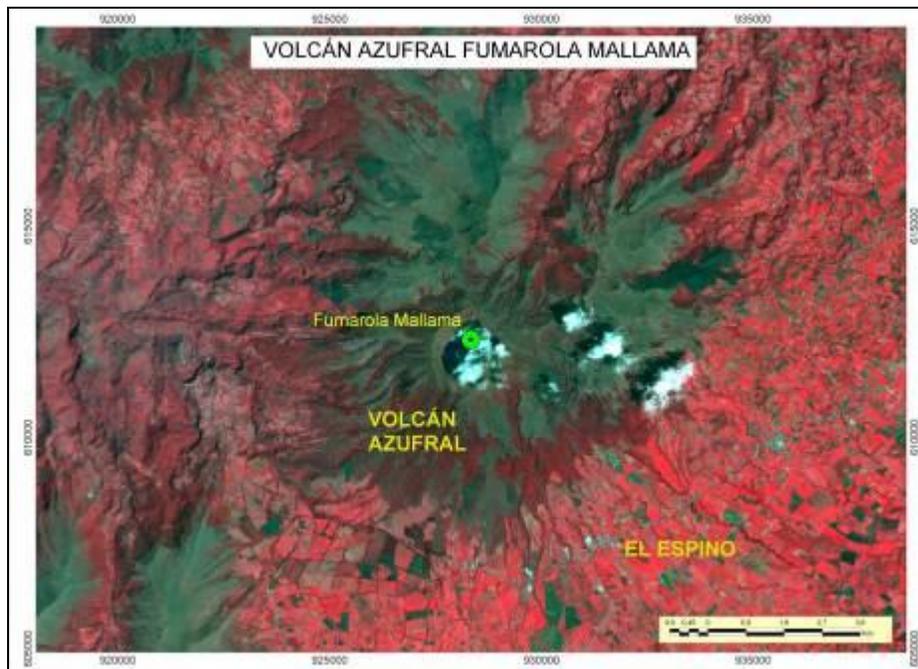


Figura 117. Mapa de localización del campo fumarólico Domo Mallama perteneciente a la zona de influencia del Volcán Azufral.

En la Figura 118 se encuentra graficada la variación de temperatura a partir de los datos diarios obtenidos cada 10 minutos, de la estación telemétrica instalada en el mes de mayo de 2014. En la Tabla 30 se encuentran los valores máximo, mínimo y promedio de los datos registrados por la termocupla ubicada en el campo fumarólico del domo Mallama en el volcán Azufral durante los tres meses que lleva en operación. Se puede detectar una tendencia durante los tres meses de aumento en la temperatura promedio y un ligero descenso para el mes de agosto (Figura 118).

Para verificar si existe esta tendencia se debe continuar con el monitoreo de esta variable por un período de tiempo mayor.

Se presentó pérdida de datos para los días 21, 22 y 25 de agosto de 2014.

Tabla 30. Variación de temperaturas en Domo Mallama del volcán Azufral.

Valores	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Máximo	103,7	97,6	101,4	100,4
Mínimo	83,3	87,4	88,6	89,5
Promedio	91,9	92,1	93,7	92,8

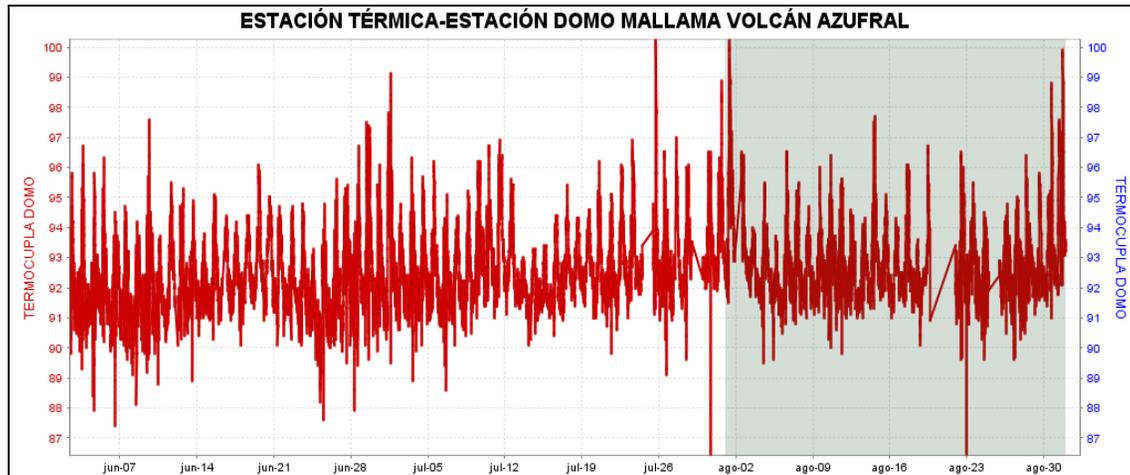


Figura 118. Variación de temperatura campo fumarólico Domo Mallama perteneciente a la zona de influencia del Volcán Azufral. Junio - Agosto 2014.

4.3.5. Actividad Superficial y Cambios Geomorfológicos

Condiciones de clima favorables durante los días 1, 7, 9, 10, 12, 14, 17, 21, 22, 27, 28 y 31 de agosto de 2014 fue posible 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 uno de los domos activos ubicados al nororiente de la Laguna Verde.

En las Figuras 119 a 122 se presentan algunas imágenes las cuales se asocian a procesos de emisión de gases en Azufral.



Figura 119. Imagen de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufra, capturada el 1 de agosto de 2014 a las 7:26 a.m., por la cámara instalada hacia el sector sur, en la fotografía se observa salida de gases de uno de los domos.



Figura 120. Imágenes de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufra, capturadas el 21 de agosto de 2014 en horas de la mañana por la cámara instalada hacia el sector sur, en las fotografías se observa salida de gases de uno de los domos.



Figura 121. Imagen de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, capturada el 28 de agosto de 2014 a las 8:36 de la mañana por la cámara instalada hacia el sector sur, en la fotografía se observa salida de gases de uno de los domos.



Figura 122. Imágenes de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, capturadas el 31 de agosto de 2014 en horas de la mañana por la cámara instalada hacia el sector sur, en las fotografías se observa salida de gases de uno de los domos.

4.3.6. Conclusiones

- La evaluación de la actividad volcánica de Azufral durante el mes de agosto de 2014 permitió establecer el **NIVEL VERDE ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”**.