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		Oscar Cadena Ibarra
Fecha	De publicación/disposición	Mar/2014
	tres primeras letras del mes/año	
Título Edición	Primera versión Actualización conjunto	INFORME MENSUAL DE ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES GALERAS, CUMBAL, DOÑA JUANA, AZUFRAL, LAS ÁNIMAS, CHILES Y CERRO NEGRO. FEBRERO DE 2014. 0.1
	de datos la numeración va del 0.1 al 0.9	
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 y Las Ánimas. Se utilizan gráficas, tablas, esquemas, mapas y fotografías que ilustran el trabajo.
Uso/Información complementaria	Información básica sobre aplicaciones especificas 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.	Febrero de 2014.

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	DOMINIO
Dominio Espacial		
Extensión geográfica	Descripción del área geográfica. Incluir el nombre del territorio que cubre el producto. Incluir área geográfica dada en km ²	Zona de influencia del Volcán Galeras. Zona de influencia del Volcán Doña Juana. Zona de influencia del Volcán Azufral. Zona de influencia del Volcán Cumbal. Zona de influencia del Volcán Las Ánimas. Zona de influencia del Volcán Chiles. Zona de influencia del Volcán Cerro Negro.
Coordenadas /limites		
Oeste		No aplica.
Este		No aplica.
Norte		No aplica.
Sur		No aplica.
Nivel de resolución	Escala	No aplica.
Descriptores		
Descriptor de tema	Palabra o frase común que describe aspectos temáticos del conjunto de datos	Descriptores 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.
Código temático		Capas de información.
Restricción de acceso	Limitaciones para acceso al conjunto de datos incluye restricciones que aseguren protección de privacidad o propiedad intelectual o limitaciones en obtención del conjunto de datos.	Derechos de propiedad intelectual. Prohibida su reproducción total o parcial con fines comerciales. Incluye información básica para documentos e investigación.
Muestra gráfica	Ilustración gráfica del conjunto de datos. Se especifica la dirección del computador, trayectoria, nombre y extensión del archivo.	Los datos se encuentran en el Servidor de archivos principal en la unidad VIGILANCIA en la siguiente ruta: V:\informes\informes_finales\VIGILANCIA\i nformes_tecnicos_mensuales\2014\feb
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

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	DOMINIO
		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	El informe se encuentra en formato DOC y
	Si no se encuentra en forma digital se escribe "No disponible"	PDF
Opción de transferencia digital		
Dirección en línea	Dirección electrónica donde se puede	http://www.sgc.gov.co/Pasto/Publicaciones
	obtener el conjunto de datos	/Informes-tecnicos/Informe- Mensual/2014.aspx
Medio digital/Ubicación	Opciones del medio digital en el cual	CD-ROM
_	puede ser entregado el conjunto de datos	
	y su ubicación física. Disquete de 3-1/2;	
	CD-ROM	
Contacto		
Organización	Nombre de la organización	Servicio Geológico Colombiano.
Cargo/persona	Nombre e identificación del cargo o	Asesores de Oficina de Servicio al Cliente
	persona asociado al conjunto de datos	
Sede		Bogotá
Dirección		Diag. 53 No. 34-53
Ciudad		Bogotá, D.C.
Departamento		Cundinamarca
País		
leletono		(57+1)2 20 02 00 - 2 20 01 00 - 2 22 18 11
F av		(57+1) 01-8000-110842
		(5/+1) 2 20 00 92
Correo electronico		cliente@sgc.gov.co



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

Edición:

OSCAR ERNESTO CADENA IBARRA

San Juan de Pasto, marzo de 2014

República de Colombia MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO







CONTENIDO

Pág.

INTROD	UCCIÓN	1
RESUM	EN	2
1.	ACTIVIDAD DEL VOLCÁN GALERAS – FEBRERO DE 2014	4
1.1.	RED DE VIGILANCIA	4
1.2.	SISMOLOGÍA	10
1.3.	DEFORMACIÓN VOLCÁNICA	18
1.3.1.	Inclinometría Electrónica	18
1.3.2.	Estaciones GNSS permanentes	22
1.4.	ELECTROMAGNETISMO	26
1.5.	GEOQUÍMICA MUESTREO DE GASES DE ORIGEN VOLCÁNICO EN VOLCÁN GALERAS	27
1.5.1.	Emisión del flujo de dióxido de azufre (SO2) a la atmósfera-Estaciones SCANDOAS	28
1.5.2.	Flujo de gas radón (Rn-222)	29
1.5.3.	Trampa alcalina-volcán Galeras	33
1.5.4.	Muestreo de aguas en fuentes termales-Volcán Galeras	36
1.6.	ACTIVIDAD SUPERFICIAL Y CAMBIOS GEOMORFOLÓGICOS	46
1.7.	CONCLUSIONES	48
2.	ACTIVIDAD DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CUMBAL – FEBRERO DE 2014	48
2.1.	RED DE VIGILANCIA	48
2.2.	SISMOLOGÍA	50
2.3.	DEFORMACIÓN VOLCÁNICA	56
2.4.	ACTIVIDAD SUPERFICIAL	48
2.5.	CONCLUSIONES	59
2	ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES DOÑA JUANA, AZUFRAL, LAS ÁNIMAS, CHILES Y CERRO	60
3.	NEGRO – FEBRERO DE 2014	60
3.1.	ACTIVIDAD DEL VOLCÁN DOÑA JUANA	61
3.1.1.	Red de vigilancia	61
3.1.2.	Sismología	62
3.1.3.	Deformación Volcánica	64
3.1.4.	Actividad Superficial	65
3.1.5.	Conclusiones	65
3.2.	ACTIVIDAD DEL VOLCÁN AZUFRAL	65
3.2.1.	Red de vigilancia	65
3.2.2.	Sismología	67
3.2.3.	Deformación Volcánica	69
3.2.4.	Muestreo de aguas en fuentes termales- volcán Azufral	70
3.2.5	Muestreo de gases, método Giggenbach-Volcán Azufral	83
3.2.6.	Actividad Superficial y Cambios Geomorfológicos	84
3.2.7	Conclusiones	85
3.3.	ACTIVIDAD DEL VOLCÁN LAS ÁNIMAS	86
3.3.1.	Ubicación Geográfica	86
3.3.2.	Red de vigilancia	86
3.3.3.	Sismología	88
3.3.4.	Deformación Volcánica	88
3.3.5.	Actividad Superficial	90
3.3.6.	Conclusiones	90





3.4.	ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO	90
3.4.1.	Ubicación Geográfica	90
3.4.2.	Red de vigilancia	90
3.4.3.	Sismología	92
3.4.4.	Deformación Volcánica	94
3.4.5.	Actividad Superficial	95
3.4.6.	Conclusiones	95

TABLAS

Pág.

Tabla 1.	Estaciones sísmicas y acústicas que conformaron las redes del volcán Galeras durante el mes de febrero de 2014.	5
Tabla 2.	Inclinómetros electrónicos telemétricos que conformaron la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras durante el mes de febrero 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 febrero 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 en el sector de Barranco (Línea Barranco) para el monitoreo de gas Radón en el volcán Galeras.	9
Tabla 8.	Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Galeras, entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2014, incluyendo el mes objeto de evaluación, resaltado en color azul.	10
Tabla 9.	Energía liberada de ondas de cuerpo por los diferentes tipos de eventos volcánicos, ocurridos en Galeras, entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2014, tomando periodos mensuales, incluyendo el mes objeto de evaluación, resaltado en color azul.	12
Tabla 10.	Concentración de dióxido de azufre - febrero de 2014.	29
Tabla 11.	Flujo de del isótopo de gas radón (Rn-222) en suelo (línea Galeras) - febrero 2014.	32
Tabla 12.	Flujo de del isótopo de gas radón (Rn-222) en suelo (línea Barranco) - febrero 2014.	33
Tabla 13.	Imágenes fotográficas de las fuentes termales de la zona de influencia del volcán Galeras - febrero 2014.	35
Tabla 14.	Ubicación geográfica fuentes termales volcán Galeras.	38
Tabla 15.	Datos de parámetros fisicoquímicos fuentes termales volcán Galeras - febrero 2014.	38
Tabla 16.	Datos de parámetros fisicoquímicos FT Volcán Galeras - febrero de 2014.	39
Tabla 17.	Clasificación de aguas termales de acuerdo a la temperatura	41
Tabla 18.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del complejo volcánico Cumbal durante el mes de febrero de 2014.	49
Tabla 19.	Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Cumbal, entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2014, incluyendo los registros clasificados como volcánicos, se resalta en color azul el mes objeto de evaluación.	50
Tabla 20.	Energía liberada de ondas de cuerpo por los diferentes tipos de eventos volcánicos, ocurridos en Cumbal, entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2014, tomando periodos mensuales, incluyendo el mes objeto de evaluación, resaltado en color verde.	52







Tabla 21.	Estaciones que conforman la red de vigilancia del volcán Doña Juana.	61
Tabla 22.	Número de eventos volcánicos por tipo, para el volcán Doña Juana, ocurridos entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2014, incluyendo los registros clasificados como volcánicos, resaltado en color azul el mes objeto de evaluación.	62
Tabla 23.	Estaciones instaladas en el volcán Azufral.	56
Tabla 24.	Número de eventos volcánicos por tipo, para el volcán Azufral, ocurridos entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2014, resaltado en color verde el mes objeto de evaluación en este informe.	67
Tabla 25.	Ubicación geográfica fuentes termales del área de influencia del volcán Azufral.	71
Tabla 26.	Datos de parámetros fisicoquímicos fuentes termales Volcán Azufral - febrero 2014.	74
Tabla 27.	Datos de parámetros fisicoquímicos FT Volcán Azufral - febrero de 2014.	75
Tabla 28.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Las Ánimas durante el mes de febrero de 2014.	87
Tabla 29.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante el mes de febrero de 2014.	92
Tabla 30.	Número de eventos volcánicos por tipo, para el volcán Chiles, ocurridos entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2014, incluyendo los registros clasificados como Volcánicos y el mes objeto de evaluación, resaltado en color verde.	92

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 febrero 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 febrero 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 febrero de 2014.	8
Figura 5	Mapa de localización de las estaciones instaladas en Galeras para el monitoreo de gas Radón.	9
Figura 6	Histograma del porcentaje de funcionamiento durante el mes de febrero de 2014, de las estaciones telemétricas que conformaron las redes de monitoreo telemétrico del volcán Galeras.	10
Figura 7	Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Galeras, entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.	11
Figura 8	Relación porcentual para Galeras, que compara el número de eventos por tipo ocurridos durante el mes de febrero de 2014, con respecto al mes de enero de 2014.	11
Figura 9	Relación porcentual para Galeras, que compara el número de eventos por tipo ocurridos entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2014, tomando periodos mensuales.	12
Figura 10	Energía diaria liberada por los eventos volcánicos ocurridos en Galeras entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2014. La ordenada se muestra en términos de la raíz cuadrada del valor de la energía en ergios.	13







Figura 11	Relación porcentual para Galeras, que compara la energía diaria liberada de eventos por tipo ocurridos durante el mes de febrero de 2014, con respecto al mes de enero de 2014.	13
Figura 12	Relación porcentual de la energía sísmica liberada por los eventos de Galeras, registrados entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2014, tomando periodos mensuales.	14
Figura 13	Enjambre de sismos de bajo nivel energético ocurrido entre las 11:00 p.m. del 3 de febrero y las 3:34 a.m. del 4 de febrero.	15
Figura 14	Sismogramas y espectros en frecuencia de un armónico dominante en diferentes estaciones del volcán Galeras, que puede estar asociado con ruido antrópico, previo análisi realizado por el grupo Técnico del OVSP.	16
Figura 15	Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y el 28 de febrero de 2014. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2.5 km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4200 msnm).	17
Figura 16	Componentes de inclinación Radial y Tangencial (µrad), y del sensor de temperatura, del inclinómetro Cráter, instalado en Galeras para el periodo comprendido entre junio de 2013 y febrero de 2014.	19
Figura 17	Componentes de inclinación Norte y Este (µrad), y del sensor de temperatura, del inclinómetro Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre junio de 2013 y febrero de 2014.	19
Figura 18	Componentes de inclinación Norte y Este (µrad), y del sensor de temperatura, del inclinómetro Cobanegra, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre junio de 2013 y febrero de 2014.	20
Figura 19	Componentes de inclinación Norte y Este (µrad), y del sensor de temperatura, del inclinómetro Arlés, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre junio de 2013 y febrero de 2014.	20
Figura 20	Componentes de inclinación Radial y Tangencial, y del sensor de temperatura, del inclinómetro Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre junio de 2013 y febrero de 2014	20
Figura 21	Componentes de inclinación Norte y Este (µrad), y del sensor de temperatura, del inclinómetro Urcunina, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre junio de 2013 y febrero de 2014.	21
Figura 22	Componentes de inclinación Norte y Este (µrad), y del sensor de temperatura, del inclinómetro Cóndor, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre junio de 2013 y febrero de 2014.	21
Figura 23	Componentes de inclinación Radial y Tangencial del inclinómetro Huairatola, y del sensor de temperatura, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre junio de 2013 y febrero de 2014.	21
Figura 24	Ubicación de las estaciones GNSS instaladas en Galeras (circunferencias) respecto al GNSS QUIL ubicado en el aeropuerto Antonio Nariño (triángulo azul) y orientación de los vectores resultantes de deformación para cada estación (flechas). Las elipses representan los márgenes de error de cada estación.	23
Figura 25	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS San Cayetano instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de julio de 2013 y el 28 de febrero de 2014.	24
Figura 26	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cráter instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de julio de 2013 y el 28 de febrero de 2014.	24
Figura 27	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Barranco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de julio de 2013 y el 28 de febrero de 2014.	25
Figura 28	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cóndor instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de septiembre de 2013 y el 28 de febrero de	25







	2014.	
Figura 29	Variaciones del potencial espontaneo en la estación La Y, la componente NS corresponde al color rojo y la EW al color azul.	26
Figura 30	Variaciones del potencial espontaneo en la estación Peladitos, la componente NS corresponde al color rojo y la EW al color azul.	27
Figura 31	Variaciones del potencial espontaneo en la estación Lavas, la componente NS corresponde al color azul y la EW al color rojo.	27
Figura 32	Flujo de dióxido de azufre (SO2), velocidad y dirección del viento-mes de febrero de 2014.	28
Figura 33	Flujo de dióxido de azufre (SO2), velocidad y dirección del viento-mes de febrero de 2014.	28
Figura 34	Flujo de del isótopo de gas radón (Rn-222) en suelo (línea Barranco)-febrero de 2014.	30
Figura 35	Flujo de del isótopo de gas radón (Rn-222) en suelo (línea Galeras)-febrero de 2014.	30
Figura 36	Flujo de SO ₂ , eventos sísmico tipo VT y el flujo de radón noviembre 2013 a febrero 2014.	31
Figura 37	Mapa de localización estaciones trampa alcalina volcán Galeras.	34
Figura 38	Preparación de los insumos para la adquisición de información mediante la técnica de Trampa Alcalina-Cima volcán Galeras febrero de 2014.	34
Figura 39	Instalación de la Trampa Alcalina-Cima volcán Galeras febrero de 2014.	35
Figura 40	Protección de la Trampa Alcalina-Cima volcán Galeras febrero de 2014.	35
Figura 41	Mapa de localización de las fuentes termales perteneciente a la zona de influencia del Volcán Galeras.	36
Figura 42	Potencial de hidrógeno de las FT Volcán Galeras febrero 2014.	40
Figura 43	Variación de temperatura de las FT de Volcán Galeras-febrero 2014.	41
Figura 44	Variación de Conductividad Eléctrica de las ET de Volcán Galeras-febrero 2014.	42
Figura 45	Variación de la concentración de Bicarbonato y el pH de las FT de Volcán Galeras- febrero 2014.	44
Figura 46	Variación del pH y ORP de las FT de Volcán Galeras-febrero 2014.	45
Figura 47	Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas en horas de la mañana hacia las 6:11 a.m. y 9:24 a.m., el 4 de febrero de 2014.	46
Figura 48	Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas a las 8:59 a.m. del 7 de febrero de 2014 desde la cámara de Barranco al noroccidente de Galeras.	46
Figura 49	Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas el 16 de febrero de 2014 desde Barranco y Bruma, al noroccidente y suroccidente del edifico volcánico.	47
Figura 50	Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras registrada el 17 de febrero de 2014, desde Barranco y Bruma, al noroccidente y suroccidente del edifico volcánico.	47
Figura 51	Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas el 20 de febrero de 2014 desde Barranco y Bruma, al noroccidente y suroccidente del edifico volcánico.	47
Figura 52	Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas el 28 de febrero de 2014 desde Bruma, al suroccidente del edifico volcánico.	48
Figura 53	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de vigilancia del complejo volcánico Cumbal, durante el mes de febrero de 2014.	49
Figura 54	Porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico Cumbal durante el mes de febrero de 2014.	50
Figura 55	Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Cumbal, entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.	51
Figura 56	Relación porcentual para Cumbal, que compara el número de eventos volcánicos por tipo ocurridos durante el mes de febrero de 2014, con respecto al mes de enero de 2014.	51
Figura 57	Relación porcentual para Cumbal, que compara el número de eventos por tipo ocurridos entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2014, tomando periodos mensuales.	52







Figura 58	Frecuencias mostradas por los eventos tipo TOR registrados por la estación sismológica La Mesa, instalada en el complejo volcánico de Cumbal, entre el 29 de julio de 2010 y el 28 de febrero de 2014.	53
Figura 59	Sismogramas y espectros del sismo tipo TOR, ocurrido en Cumbal, el 1 de febrero de 2014 a las 12:01 a.m.	53
Figura 60	Sismogramas y espectros del sismo tipo TOR, ocurrido en Cumbal, el 1 de febrero de 2014 a las 02:22 a.m.	54
Figura 61	Sismogramas y espectros del sismo tipo TOR, ocurrido en Cumbal, el 18 de febrero de 2014 a las 9:04 p.m.	54
Figura 62	Sismogramas y espectros del sismo tipo TOR, ocurrido en Cumbal, el 21 de febrero de 2014 a las 2:06 a.m.	54
Figura 63	Sismograma de la estación sísmica La Mesa del Complejo Volcánico de Cumbal, en la gráfica se resalta el enjambre de sismos presentado el 6 de febrero de 2014 entre las 8:00 a.m. y la 1:00 p.m.	55
Figura 64	Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y el 28 de febrero de 2014 en el complejo volcánico de Cumbal. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 1 km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4760 msnm).	56
Figura 65	Componentes de inclinación Norte y Este, y del sensor de temperatura, del inclinómetro La Mesa, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre junio de 2013 y febrero de 2014.	57
Figura 66	Componentes de inclinación Norte y Este, y del sensor de temperatura, del inclinómetro Limones, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre junio de 2013 y febrero de 2014.	57
Figura 67	Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Punta Vieja, y del sensor de temperatura, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre junio de 2013 y febrero de 2014.	57
Figura 68	Componentes de inclinación Norte y Este, y del sensor de temperatura, del inclinómetro Nieve, para el periodo comprendido entre junio de 2013 y febrero de 2014.	58
Figura 69	Imagen de la emisión de gases del Complejo Volcánico Cumbal, capturada desde la población de Cumbal el 3 de febrero de 2014, en horas de la mañana.	58
Figura 70	Imágenes del Complejo Volcánico Cumbal, capturadas desde el municipio de Cumbal, el 4 de febrero de 2014, en horas de la mañana, en las fotografías se observa emisión de gases.	59
Figura 71	Imágenes del Complejo Volcánico Cumbal, capturadas el 18 de febrero de 2014 desde el municipio de Cumbal, en las fotografías se observa emisión de gases.	59
Figura 72	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.	60
Figura 73	Mapa de localización de las estaciones que conforman la red de monitoreo del volcán Doña Juana.	61
Figura 74	Histograma del porcentaje de funcionamiento durante el mes de febrero de 2014, de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Doña Juana.	62
Figura 75	Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Doña Juana entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.	63
Figura 76	Localización epicentral e hipocentral de la sismicidad de fractura registrada por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Doña Juana, en el mes de febrero de 2014, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 3 km., de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su	63







	profundidad.	
Figura 77	Componentes de inclinación Norte y Este, y del sensor de temperatura, del inclinómetro Florida, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre junio de 2013 y febrero de 2014.	64
Figura 78	Componentes de inclinación Norte y Este, y del sensor de temperatura, del inclinómetro Lavas, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre junio de 2013 y febrero de 2014.	64
Figura 79	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de febrero de 2014.	66
Figura 80	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.	66
Figura 81	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de febrero de 2014.	67
Figura 82	Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Azufral entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.	68
Figura 83	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 febrero 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.	68
Figura 84	Componentes de inclinación Norte, Este, y sensor de temperatura, del inclinómetro Chaitán, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre junio de 2013 y febrero de 2014.	69
Figura 85	Superior: Componentes de inclinación Norte, Este, y sensor de temperatura, del inclinómetro La Roca, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre junio de 2013 y febrero de 2014. Inferior: Componentes de inclinación Norte y Este, para el periodo comprendido entre enero y febrero de 2014.	70
Figura 86	Mapa de localización de las fuentes termales perteneciente a la zona de influencia del Volcán Azufral.	71
Figura 87	Potencial de hidrógeno de las FT Volcán Azufral febrero 2014.	76
Figura 88	Variación de temperatura y Conductividad eléctrica de las FT de Volcán Azufral- febrero 2014.	77
Figura 89	Variación de la concentración de Bicarbonato y el pH de las FT de Volcán Azufral- febrero 2014.	81
Figura 90	Variación del pH y ORP de las FT de Volcán Azufral-febrero 2014.	82
Figura 91	Muestreo de gases, método Giggenbach y temperatura- Fumarola Domo Mallama, Volcán Azufral_febrero 2014.	83
Figura 92	Imágenes de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, capturadas el 7 de febrero 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.	84
Figura 93	Imágenes de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, capturadas el 17 de febrero de 2014, izquierda: en horas de la mañana, derecha: en horas de la tarde, por la cámara instalada hacia el sector sur, en la fotografía se observa salida de gases de uno de los domos.	84
Figura 94	Imágenes de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, capturadas el 19 de febrero de 2014 por la cámara instalada hacia el sector sur, en las fotografías se observa salida de gases de uno de los domos.	85
Figura 95	Imágenes de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, capturadas el 20 de febrero de 2014 en horas de la tarde por la cámara instalada hacia el sector sur, en la fotografía se observa salida de gases de uno de los domos.	85







Figura 96	Localización del volcán Las Ánimas (izquierda) e imagen del costado occidental del volcán (derecha).	86
Figura 97	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante el mes de febrero de 2014.	87
Figura 98	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante febrero de 2014.	87
Figura 99	Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Las Ánimas, en el mes de febrero de 2014, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 3 km., de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.	88
Figura 100	Componentes de inclinación Norte, Este y Temperatura del inclinómetro Altamira, instalado en el límite entre los volcanes Doña Juana y Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el septiembre 2013 y febrero de 2014.	89
Figura 101	Componentes de inclinación Norte (TAN), Este (RAD) y Temperatura del inclinómetro Petroglifo, instalado en el volcán Las Ánimas, para el periodo comprendido entre septiembre y febrero de 2014.	89
Figura 102	Localización de los volcanes Chiles y Cerro Negro (izquierda) e imágenes de los mismos (derecha).	90
Figura 103	Estaciones sísmicas y de deformación cortical para los volcanes Chiles y Cerro Negro del lado Colombiano.	91
Figura 104	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 febrero de 2014.	92
Figura 105	Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Chiles entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.	93
Figura 106	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 febrero de 2014, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2.0 Km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.	93
Figura 107	Componentes de inclinación Norte (TAN), Este (RAD) y Temperatura del inclinómetro Chiles, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre noviembre de 2013 y febrero de 2014.	94
Figura 108	Componentes de inclinación Norte (TAN), Este (RAD) y Temperatura del inclinómetro El Morro, instalado en el volcán Chiles, para el periodo comprendido entre noviembre de 2013 y febrero de 2014.	94
Figura 109	Componentes de inclinación Norte (TAN), Este (RAD) y Temperatura del inclinómetro Cerro Negro, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre noviembre de 2013 y febrero de 2014.	95







INTRODUCCIÓN

Durante el período evaluado mes de febrero de 2014, el Servicio Geológico Colombiano -Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto, continuó con la tarea institucional de vigilar en tiempo real la actividad de los volcanes Galeras, Cumbal, Azufral, Doña Juana, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro. Se reciben datos en forma continua de las diferentes estaciones de la red de vigilancia instaladas en los diferentes volcanes instrumentados, que permiten realizar la evaluación de la actividad volcánica y generar los diferentes comunicados.

Los volcanes presentan cambios en el tiempo y es por esta razón que se necesita una permanente vigilancia desde diferentes disciplinas como la Geofísica, Geoquímica, Geovulcanología y mediante observaciones superficiales. Las variaciones del estado de los volcanes obedecen a una compleja interacción de diversos factores como movimiento de fluidos (magma o gases), variaciones de presión interna o por cambios en el estado de esfuerzos en la corteza. Estos factores se generan como consecuencia de la intrusión de material desde niveles profundos a niveles superficiales y/o por la variación del contenido de volátiles y/o gases en los reservorios.

En el informe técnico se detallan los datos y los resultados obtenidos como producto de la vigilancia instrumental telemétrica, en tiempo continuo y, de la toma de datos in situ, en las diferentes disciplinas, para el mes de febrero de 2014. El procesamiento primario de los datos obtenidos arroja resultados que son analizados semanalmente con el fin de evaluar la actividad de los volcanes, para poder asignar a cada uno, el nivel de actividad correspondiente, de acuerdo con sus manifestaciones.







RESUMEN

En el **volcán Galeras** la sismicidad dominante estuvo relacionada con eventos que involucran dinámica de fluidos de fuente persistente en el tiempo (tipo TRE), al interior de conductos volcánicos, seguidos por sismos asociados con fracturamiento de roca (tipo VT) y en menor cuantía por eventos que involucran movimiento de fluido de fuente transitoria (tipo LP). En total para el periodo evaluado se registraron 110 sismos, indicando con respecto al mes anterior un descenso en la ocurrencia, pero con un marcado incremento en su energía liberada, cuyo mayor aporte provino de los sismos clasificados como VT.

De los sismos localizados se resalta el ocurrido el 15 de febrero a las 7:44 a.m., con magnitud local de 3.1 en la escala de Richter, el cual fue reportado como sentido por habitantes de sectores del Municipio de Pasto, particularmente de los barrios San Ignacio y Los Laureles en el casco urbano y en la Vereda San Cayetano en el costado oriental del volcán.

Las emisiones de Dióxido de Azufre mostraron valores de flujo de SO₂ de hasta 635 ton/día (valores máximos diarios), considerados entre bajos y moderados.

Fue posible observar emisiones de gases de color blanco y baja altura la mayor parte del mes. Los principales focos de emisión continúan ubicados en el cráter principal, sector norte y occidente del cono volcánico.

Teniendo como base lo anteriormente expuesto, el nivel de actividad de Galeras para el mes de febrero se mantuvo en: Nivel Amarillo 🗆 (III) "Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica".

Para el **Complejo Volcánico Cumbal** en total se registraron 1542 sismos, de los cuales, 779 corresponden al tipo LP, 345 como tipo TRE, 229 tipo VT, 179 tipo HYB y cinco que fueron catalogados como TOR, eventos de Largo Periodo tipo Tornillo. Se destacan pequeños enjambres sísmicos para los días 2, 6, 10 y 15 de febrero. En comparación con lo registrado en el periodo anterior se observó un descenso en la ocurrencia diaria.

La mayoría de los sismos localizados se ubicaron en dos sectores: uno en inmediaciones del cráter La Plazuela (al Norte) y otro próximo al cráter Mundo Nuevo (al Sur), con profundidades menores a 2 km respecto a la cima. Las magnitudes locales fluctuaron entre -0.5 y 2.1 en la escala de Richter.

Las condiciones climáticas en la región permitieron la observación de procesos de emisión de gases, principalmente desde el campo fumarólico El Verde (al Norte) y en algunas oportunidades desde el flanco sur de Mundo Nuevo.

La evaluación del proceso volcánico durante el mes de febrero de 2014 permitió, que la actividad del Complejo Volcánico Cumbal permaneciera en **NIVEL AMARILLO** (III): "Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica".





En cuanto a la actividad del **volcán Doña Juana**, a lo largo del mes de febrero de 2014 se registraron 4 sismos tipo VT, de bajo nivel energético, de los cuales fue posible localizar uno de ellos, que se ubicó hacia el sector suroccidental a 9 km del volcán, con una magnitud local de 1.2 en la escala de Richter y profundidad de 16 km respecto a la cima.

Respecto al **volcán Azufral**, la ocurrencia sísmica en este periodo permaneció estable en comparación al mes anterior, contabilizándose 17 eventos tipo VT, de los cuales fue posible localizar 14, que se ubicaron de manera dispersa en el edificio volcánico. Las magnitudes fluctuaron entre 0.5 y 2.5 en la escala de Richter. La actividad superficial se documento en base a las imágenes capturadas a través de la cámara instalada en el costado Suroccidental del volcán, observándose 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 respecto al **volcán Las Ánimas**, se registraron 6 sismos tipo VT, de los cuales se localizaron 3 que se ubicaron hacia el sector Sur y Suroriente del edificio volcánico, con magnitudes menores a 1 en la escala de Richter y profundidades de hasta 12 km respecto a la cima.

Respecto a la actividad sísmica del **Complejo Volcánico Chiles – Cerro Negro**, la ocurrencia sísmica en febrero disminuyó respecto al mes anterior, pasando de 2437 a 793 eventos, de los cuales 784 se clasificaron como VT y 9 como LP. De los sismos asociados a fractura se localizaron 182, ubicados entre 0.2 y 7 km al suroccidente del Volcán Chiles, aunque la mayoría se concentran a unos 2 km de distancia, con profundidades entre 0.7 y 5 km respecto a la cima volcánica; las magnitudes locales alcanzaron hasta 2.2 en la escala de Richter.

Con base en el análisis de la información de los volcanes Doña Juana, Azufral, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro, estos se consideran en Nivel Verde \bigcirc (IV), "Volcán activo y comportamiento estable".





1. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN GALERAS – FEBRERO DE 2014

1.1. RED DE VIGILANCIA

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

- Doce estaciones sísmicas telemétricas: siete de corto periodo (4 triaxiales y 3 de componente vertical) y cinco de banda ancha triaxiales (Figura 1, Tabla 1).
- Tres sensores 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).
- Cuatro estaciones GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite) telemétricas, ubicadas en el sitio de la estación sísmica Cráter-2, sector de Barranco Alto, San Felipe al noroccidente y hacia el sector de San Cayetano hacia el oriente de Galeras (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 rio Mijitayo (Figura 4).
- Un anemómetro telemétrico, para medición de la velocidad y dirección del viento, ubicado 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 y la segunda hacia el sector norte del volcán (Tablas 6 y 7, Figura 5).





La operatividad de la red instrumental de Galeras fue del 94%. La Figura 6 muestra el histograma de porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo telemétrico durante el mes de febrero de 2014.

Tabla 1.	Estaciones sísmicas y	acústicas que	conformaron	las redes	del volcán	Galeras	durante el	mes de	febrero 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	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
San felipe	SNFZ	Digital	Sismometro Banda Ancha	Triaxial	7.6	SW	3491
Morasurco	MORA	Digital	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	13.7	NE	3504
Cráter Acústico	CRAC	Digita	Sensor de Presión Acústica	Unidireccional	1.5	S	4048
Cóndor Acústico	COND	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.
 Inclinómetros electrónicos telemétricos que conformaron la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras durante el mes de febrero de 2014.

Inclinómetros Electrónicos	Distancia al Cráter <mark>(</mark> Km)	Dirección Respecto al Cráter Principal	Altitud (msnm)
Cráter	0 <mark>,</mark> 8	E	4060
Peladitos	1,4	SE	3850
Huairatola	1,7	Ν	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 febrero de 2014.

Estaciones GNSS	Distancia al Cráter (Km)	Dirección Respecto al Cráter Principal	Altitud (msnm)
Cráter	1,5	S	4048
Barranco	2,6	NW	3904
Cóndor	7,6	SW	3520
San Cayetano	4,1	E	3035



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 febrero de 2014.



SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO



PROSPERIDAD PARA TODOS



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 febrero de 2014.



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





				1 3		
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

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

* 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 febrero 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 en 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	<mark>6</mark> ,6	NNW	2318
BAR02	<mark>6</mark> ,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.



120 90 FUNCIONAMIENTO (%) 60 30 0 ALTI ALJI STBA COB3-1 COND-3 NAR2-1 CALA-3 MORA-3 CRAT CUFS CUFS ARLE SNFE SNFE CRVV CRVV CRVV CRAT HUM COBA COBA COBA SOND CONS BARC BRUM MUIB URCU-3 CRAC CAMI COND ME AC BARE FRAM BARM OVSP BARC COND SCAN ANGA-1 FRAE VILIN CRAT CP-SISMOLÓGICA BA-SISMOLÓGICA CLIMATOLÓGICA INCLINÓMETRO SCANDOAS ACÚSTICO ACELERÓMETRO CAMPO MAGNÉTICO CÁMARA WEB FLUJO DE LODOS GNSS

Figura 6. Histograma del porcentaje de funcionamiento durante el mes de febrero de 2014, de las estaciones telemétricas que conformaron las redes de monitoreo telemétrico del volcán Galeras.

1.2. SISMOLOGÍA

La actividad sísmica dominante estuvo asociada con eventos que involucran dinámica de fluidos de fuente persistente en el tiempo (tipo TRE), al interior de conductos volcánicos, seguidos por sismos relacionados con fracturamiento de roca (tipo VT) y en menor cuantía por eventos que involucran movimiento de fluido de fuente transitoria (tipo LP) (Tabla 8, Figura 7). En total para el periodo evaluado se registraron 110 sismos, indicando con respecto al mes anterior un descenso en la ocurrencia. En las figuras 8 y 9 se observa la comparación de ocurrencia entre el mes evaluado y el mes anterior por tipo de sismos y las relaciones porcentuales por tipo para el mes de febrero.

 Tabla 8.
 Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Galeras, entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2014, incluyendo el mes objeto de evaluación, resaltado en color azul.

Periodo Evaluado	vt	lps	tre	hyb	TOTAL	NO CLASIFICABLES
01-nov-13 a 30-nov-13	35	10	146	8	199	1286
01-dic-13 a 31-dic-13	18	12	86	9	125	962
01-ene-14 a 31-ene-14	11	18	161	7	197	1203
01-feb-14 a 28-feb-14	18	7	74	12	111	1157

PROSPERIDAD









Figura 7. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Galeras, entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.



Comparación Mensual

Figura 8. Relación porcentual para Galeras, que compara el número de eventos por tipo ocurridos durante el mes de febrero de 2014, con respecto al mes de enero de 2014.









Figura 9. Relación porcentual para Galeras, que compara el número de eventos por tipo ocurridos entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2014, tomando periodos mensuales.

Respecto a la energía liberada, el mayor aporte provino de la sismicidad tipo VT y que comparada con lo totalizado el mes inmediatamente anterior se observa un claro incremento (Tabla 9, Figuras 10, 11 y 12), lo anterior debido especialmente a la ocurrencia de un sismo de magnitud considerable y que fue reportado como sentido, este evento se detallará más adelante en este informe

Tabla 9. Energía liberada de ondas de cuerpo por los diferentes tipos de eventos volcánicos, ocurridos en Galeras, entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2014, tomando periodos mensuales, incluyendo el mes objeto de evaluación, resaltado en color azul.

Periodo Evaluado	vtoc	lpsoc	treoc	hyboc	TOTAL
01-nov-13 a 30-nov-13	3.80E+16	5.43E+10	6.88E+11	4.69E+10	3.80E+16
01-dic-13 a 31-dic-13	1.08E+11	7.60E+10	1.08E+12	1.27E+10	1.28E+12
01-ene-14 a 31-ene-14	7.02E+13	4.75E+10	2.11E+12	2.71E+10	7.24E+13
01-feb-14 a 28-feb-14	3.90E+15	1.66E+10	3.35E+11	2.76E+10	3.90E+15

Relación Porcentual Mensual









Figura 10. Energía diaria liberada por los eventos volcánicos ocurridos en Galeras entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2014. La ordenada se muestra en términos de la raíz cuadrada del valor de la energía en ergios.



Figura 11. Relación porcentual para Galeras, que compara la energía diaria liberada de eventos por tipo ocurridos durante el mes de febrero de 2014, con respecto al mes de enero de 2014.



Figura 12. Relación porcentual de la energía sísmica liberada por los eventos de Galeras, registrados entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2014, tomando periodos mensuales.

A continuación se describen algunos eventos ocurridos a lo largo de febrero y que se destacan de entre la sismicidad registrada. El día 7 de febrero se presentó un evento tipo TRE, asociado con procesos de emisión de gases que se evidenciaron desde diversos sectores de la zona de influencia del volcán, por otro lado, en la Figura 13 se observa un enjambre de sismos de bajo nivel energético (recuadro rojo) ocurrido entre las 11:00 p.m. del 3 de febrero y las 3:34 a.m. del 4 de febrero.









Figura 13. Enjambre de sismos de bajo nivel energético ocurrido entre las 11:00 p.m. del 3 de febrero y las 3:34 a.m. del 4 de febrero.

En la Figura 14 se observan los espectros del ruido base de algunas de las estaciones de la red de Galeras durante lapsos diferentes de tiempo, éstos muestran una frecuencia dominante de 4.4 Hz. Análisis anteriores a este informe indican que este fenómeno podría estar asociado con ruido antrópico.







Figura 14. Sismogramas y espectros en frecuencia de un armónico dominante en diferentes estaciones del volcán Galeras, que puede estar asociado con ruido antrópico, previo análisi realizado por el grupo Técnico del OVSP.

En cuanto a la sismicidad tipo VT e HYB (sismos que involucran fracturamiento de roca y posterior tránsito de fluido), en el transcurso del mes fue posible localizar 50 eventos que en su mayoría se ubicaron de manera dispersa alrededor del edificio volcánico, cabe mencionar que 18 de ellos se concentraron hacia el sector suroriental a 4 km del cono con profundidades entre 2.5 y 8 km respecto a la cima; de estos se resalta el ocurrido el 15 de febrero a las 7:44 a.m., con magnitud local de 3.1 en la escala de Richter, el cual fue reportado como sentido por habitantes de sectores del Municipio de Pasto, particularmente de los barrios San Ignacio y Los Laureles en el casco urbano y en la Vereda San Cayetano en el costado oriental del volcán. Las magnitudes locales alcanzaron un máximo de 3.1 en la escala de Richter y profundidades hasta de 13 km respecto a la cima (Figura 15).









Figura 15. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y el 28 de febrero de 2014. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2.5 km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4200 msnm).





1.3. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA

Durante el mes de febrero de 2014 se contó con los datos de los inclinómetros electrónicos: Cráter, Peladitos, Huairatola, Cobanegra, Calabozo, Urcunina, Cóndor y Arlés, cuatro estaciones receptoras GNSS permanentes (Figuras 2 y 3) y con líneas de EDM. Estas últimas no se presentan en el informe porque debido a las características de los reflectores y para garantizar las medidas, se reemplazó varios de ellos y para conocer el comportamiento es necesario tomar más medidas para observar el cambio en el nivel base que se traía.

1.3.1. Inclinometría Electrónica

Para el periodo evaluado, la componente Tangencial del inclinómetro Cráter (ubicado a 0.8 km al este del cráter principal y 4060 msnm), continuó con el comportamiento descendente presentado desde julio de 2013, con una variación aproximada de 380 µrad, mientras que la componente Radial mantiene una tendencia estable, (Figura 16). La componente Norte del inclinómetro Calabozo, continuó con su comportamiento ascendente que traía desde el 24 de septiembre de 2013, acumulando cerca de 160 µrad, la componente Este, para los últimos meses muestra una tendencia levemente ascendente, acumulando entre el 29 de septiembre de 2013 y febrero de 2014, cerca de 50 urad (Figura 17). En la componente Norte, el inclinómetro Cobanegra continuó registrando el comportamiento ascendente, registrado desde el 8 de octubre de 2013, acumulando hasta febrero de 2014, cerca de 200 µrad, la componente Este, mantuvo en este periodo una tendencia estable (Figura 18). Las componentes del inclinómetro Arlés mostraron, durante el periodo evaluado, variaciones menores, con una tendencia levemente descendente acumulando desde octubre de 2013 hasta febrero de 2014, cerca de 10 y 20 µrad, para la componente Norte y Este respectivamente (Figura 19). El inclinómetro Peladitos, registró estabilidad en sus componentes, con variaciones menores que pueden obedecer a las condiciones climáticas de la zona, (Figura 20). En el inclinómetro Urcunina, tanto la componente Norte como la Este mostraron estabilidad para el periodo evaluado (Figura 21). La componente Norte del inclinómetro Cóndor continúa con su comportamiento ascendente que traía desde finales de junio de 2013, acumulando hasta febrero de 2014, unos 300 µrad. Su componente Este mostró estabilidad durante el periodo evaluado (Figura 22). Posterior al mantenimiento realizado en el inclinómetro Huairatola, a finales del 2013, se observa estabilidad en sus componentes (Figura 23).







Figura 16. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (µrad), y del sensor de temperatura, del inclinómetro Cráter, instalado en Galeras para el periodo comprendido entre junio de 2013 y febrero de 2014.



Figura 17. Componentes de inclinación Norte y Este (µrad), y del sensor de temperatura, del inclinómetro Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre junio de 2013 y febrero de 2014.







Figura 18. Componentes de inclinación Norte y Este (µrad), y del sensor de temperatura, del inclinómetro Cobanegra, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre junio de 2013 y febrero de 2014.



Figura 19. Componentes de inclinación Norte y Este (µrad), y del sensor de temperatura, del inclinómetro Arlés, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre junio de 2013 y febrero de 2014.



Figura 20. Componentes de inclinación Radial y Tangencial, y del sensor de temperatura, del inclinómetro Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre junio de 2013 y febrero 20 de 2014.









Figura 21. Componentes de inclinación Norte y Este (µrad), y del sensor de temperatura, del inclinómetro Urcunina, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre junio de 2013 y febrero de 2014.



Figura 22. Componentes de inclinación Norte y Este (µrad), y del sensor de temperatura, del inclinómetro Cóndor, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre junio de 2013 y febrero de 2014.



Figura 23.Componentes de inclinación Radial y Tangencial del inclinómetro Huairatola, y del sensor de temperatura, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre junio de 2013 y febrero de 2014.







1.3.2. Estaciones GNSS permanentes

En febrero de 2014 se contó con cuatro estaciones receptoras GNSS permanentes.

Para el análisis se contempló inicialmente un procesamiento diferencial de la información suministrada por estas estaciones considerando una estación de referencia, la estación QUIL ubicada fuera del edificio volcánico de Galeras en el aeropuerto Antonio Nariño a 20.6 km de distancia respecto al cráter, esto en cooperación con el Proyecto Geored, del Servicio Geológico Colombiano. En la Figura 24 se muestra la ubicación de las estaciones respecto al GNSS QUIL y la orientación del vector resultante teniendo en cuenta las variaciones en la posición de las estaciones Cráter, Barranco, San Cayetano y Cóndor. Se resalta que 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. La estación San Cayetano, se instaló 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.

En la Figura 25 se muestra las variaciones de la posición del GNSS San Cayetano en las componentes Norte, Este y Altura. Con respecto al comportamiento de las variaciones en la posición de las estaciones GNSS Cráter, Barranco y Cóndor, donde se observan cambios del orden de los milímetros, éstos podrían estar asociados con el proceso de estabilización de la estación (Figuras 26, 27 y 28); sin embargo, las variaciones observadas en la red de GNSS instalada en Galeras, primero a mediados de julio y posteriormente casi todo el mes de octubre y diciembre de 2013, coinciden con actividad solar incrementada debido al ciclo solar, que se encuentra en una fase de inversión de polos que sucede cada 11 años. Durante el proceso las tormentas solares se intensifican provocando fenómenos tan dispares como las coloridas auroras boreales o interferencias en los sistemas electrónicos de los satélites. Por otro lado, la velocidad del viento aumenta desde los 300 km/segundo a más de 1000 km/segundo afectando la trayectoria de los satélites, lo cual se ve reflejado en los registros de las estaciones GNSS.







Figura 24. Ubicación de las estaciones GNSS instaladas en Galeras (circunferencias) respecto al GNSS QUIL ubicado en el aeropuerto Antonio Nariño (triángulo azul) y orientación de los vectores resultantes de deformación para cada estación (flechas). Las elipses representan los márgenes de error de cada estación.







Figura 25. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS San Cayetano instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de julio de 2013 y el 28 de febrero de 2014.



Figura 26. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cráter instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de julio de 2013 y el 28 de febrero de 2014.


RA TOD





Figura 27. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Barranco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de julio de 2013 y el 28 de febrero de 2014.



Figura 28. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cóndor instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de septiembre de 2013 y el 28 de febrero de 2014.





1.4. Electromagnetismo

Variaciones Magnéticas y Eléctricas en Galeras.

Desde mediados de 2010, se cuenta con dos estaciones para el monitoreo continuo de las variaciones electromagnéticas asociadas con la actividad del volcán Galeras. Estas dos estaciones se ubican en la parte alta del volcán, a 2,7 km al oriente del cráter volcánico y se conoce con el nombre de Frailejón. Adicionalmente, el 22 de marzo y 20 de junio de 2013 se instalaron sistemas de medición de variación de Campo magnético y eléctrico respectivamente en el sector denominado Barranco (EM Barranco), ubicada aproximadamente a 2 km al noroccidente de Galeras. El 18 de julio se instaló una tercera estación de monitoreo magnético, denominada M-Cráter, que cuenta con un sensor para la medición de variación de campo magnético. Esta estación se ubica a 1,9 km al sur-suroriente del cráter.

En el mes de febrero, las tres estaciones de monitoreo de variaciones del potencial espontaneo, ubicadas en inmediaciones de la vía que conduce a la cima del volcán Galeras muestran oscilaciones de alrededor de los 50 mV (Figuras 29, 30 y 31), lo que concuerda con variaciones asociadas con estados de baja actividad volcánica y de fluidos como la ocurrencia de precipitaciones y por la crecida o formación de ríos o riachuelos debidos a algún incremento en las lluvias o al desbordamiento de ríos principales en la zona. Solo a finales del mes se observa un incremento en estas variaciones, en la estación de La Y, que supera ligeramente los 100 mV, y estuvo directamente asociado con el incremento en el régimen de lluvias de la zona y no se observó ninguna asociación con procesos volcánicos en Galeras.



Figura 29. Variaciones del potencial espontaneo en la estación La Y, la componente NS corresponde al color rojo y la EW al color azul.







Figura 30. Variaciones del potencial espontaneo en la estación Peladitos, la componente NS corresponde al color rojo y la EW al color azul.



Figura 31. Variaciones del potencial espontaneo en la estación Lavas, la componente NS corresponde al color azul y la EW al color rojo.

1.5. GEOQUÍMICA MUESTREO DE GASES DE ORIGEN VOLCÁNICO EN VOLCÁN GALERAS.

Durante el mes de febrero de 2014, se obtuvieron registros de las estaciones de SCANDOAS, obteniendo un registro de 15 valores para pluma de dióxido de azufre (SO₂), valores comprendidos como bajos a moderados para Galeras. El valor máximo de flujo de SO₂, fue de 635 Ton/día, registrado el 16 de febrero de 2014, considerado como el más alto en este mes.

En cuanto al flujo de gas radón (Rn-222) registrado a partir de las estaciones correspondientes a las líneas de Galeras y Barranco para el periodo evaluado, se alcanzó una concentración máxima de 2601 pCi/L, correspondiente a la estación BAR 10 para el periodo comprendido entre el 30 de enero y 7 de febrero y de 1416 pCi/L para la estación PARQUES para el periodo comprendido entre el 17 y 27 de febrero, éstas emisiones correspondientes para cada una de las líneas Barranco y Galeras se consideran dentro de un moderado rango de actividad de radón para Galeras.





1.5.1. Emisión del flujo de dióxido de azufre (SO₂) a la atmósfera-Estaciones SCANDOAS

Se obtuvieron escaneos durante todos los días del mes de febrero. Los valores de escaneos estimados para presencia de pluma de dióxido de azufre (SO₂) en la atmósfera durante este mes (Figura 32) y obtenidos de la estaciones Alto Tinajillas y Santa Bárbara, oscilaron entre las 23 Ton/d para el 17 de febrero hasta las 635 Ton/d para el 16 de febrero, valores considerados dentro del rango como bajos a moderados para Galeras (Tabla 10).

En la Figura 33 se encuentran los valores de flujo de SO₂, velocidad y dirección del viento, en el 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 febrero.

Para este periodo se sigue presentando proceso de desgasificación en Galeras alcanzando para el día 16 de febrero el valor más alto de flujo de SO₂ en este mes.



Figura 32. Flujo de dióxido de azufre (SO₂)-mes de febrero de 2014.



Figura 33. Flujo de dióxido de azufre (SO2), velocidad y dirección del viento-mes de febrero de 2014.







FECHA	HORA LOCAL	DIRECCION AZIMUT	VELOCIDAD [m/s]	Máximo flujo SO2 diario	Estación de registro	Instrumento
01-Feb-14	03:37 PM	267.9	6.99	372	Alto Jiménez	SCANDOAS
02-Feb-14	08:04 AM	300.2	10.08	293	Santa Bárbara	SCANDOAS
03-Feb-14	07:14 AM	343.4	9.14	446	Santa Bárbara	SCANDOAS
07-Feb-14	11:11 AM	27.1	2	44	Santa Bárbara	SCANDOAS
08-Feb-14	09:54 AM	312.6	10.3	77	Santa Bárbara	SCANDOAS
09-Feb-14	08:52 AM	310.4	10.01	170	Santa Bárbara	SCANDOAS
13-Feb-14	08:45 AM	225.4	7.67	163	Alto Jiménez	SCANDOAS
14-Feb-14	08:57 AM	293.8	4.1	55	Alto Jiménez	SCANDOAS
15-Feb-14	08:37 AM	305.6	10.2	460	Santa Bárbara	SCANDOAS
16-Feb-14	07:10 AM	280.1	7.1	635	Alto Jiménez	SCANDOAS
17-Feb-14	08:45 AM	220	2.11	23	Alto Jiménez	SCANDOAS
18-Feb-14	12:12 PM	315.1	3.88	51	Santa Bárbara	SCANDOAS
19-Feb-14	09:40 AM	225.7	5.74	114	Alto Jiménez	SCANDOAS
20-Feb-14	08:38 AM	287.5	3.79	140	Santa Bárbara	SCANDOAS
26-Feb-14	08:38 AM	296.9	8.71	266	Santa Bárbara	SCANDOAS

 Tabla 10. Concentración de dióxido de azufre - febrero de 2014.

*Valores de flujo de SO₂ para Galeras: Bajo (0<500 Ton/d); Moderados (>500<1000 Ton/d); Alto (>1000<3000 Ton/d); Muy alto (> 3000 Ton/d).

1.5.2 Flujo de gas radón (Rn-222)

El radón 222, es un producto en la cadena de descomposición nuclear del uranio 235, tiene una vida media de 3.8 días y no se encuentra más allá de los 50 a 60 m de profundidad, entonces su difusión es la única responsable de su dispersión (Dyck y Smith 1969). En las figuras 34 y 35 se puede observar que durante el mes de febrero se presentaron variaciones en la concentración de radón.

Los datos de flujo de gas radón en suelo para el mes de febrero 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 (U238, Rn 226) (Flexser et al.,1987; Wollenberg et al.,1984/85).

En las figuras 4 y 5 se encuentra el mapa de la red de estaciones para medición de flujo de gas Radón ubicadas en la zona de influencia del volcán Galeras.

En las figuras 34 y 35 se encuentran graficados los flujos del isótopo gas radón en suelo (Rn 222), correspondientes 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.

En las estaciones ubicadas en la línea Barranco (Figura 34), se observa que el flujo de Rn 222 se empieza a incrementar a finales del mes de febrero en las estaciones BAR 06 y BAR 02, también se observa incremento en la estación BAR 04, sin embargo el flujo vuelve a decaer a finales de este mes. Para el resto de las estaciones su comportamiento es similar con respecto a meses anteriores.





En cuanto a la línea Galeras (Figura 35), el valor del flujo de Rn 222 decae para el mes de febrero en casi todas las estaciones, sin embargo para las estaciones PARQUES, PIEDRAS y LAVAS 1, se inicia a incrementar nuevamente el flujo a mediados de este mes, para la estación MIRADOR se observa también aumento, pero decae su valor a finales del mismo mes.





Figura 35. Flujo de del isótopo de gas radón (Rn-222) en suelo (línea Galeras)-febrero de 2014.

En la tablas 11 y 12 se encuentran resaltados los mayores valores que durante el mes de febrero alcanzaron una concentración máxima de 2601 pCi/L, correspondiente a la estación BAR 10 para el periodo comprendido entre el 30 de enero y el 7 de febrero y de 1416 pCi/L para la estación PARQUES para el periodo comprendido entre el 17 y el 27 de febrero, éstas emisiones correspondientes para cada una de las líneas Barranco y Galeras se consideran dentro de un moderado rango de actividad de radón para Galeras.

A continuación se presenta una relación entre el flujo de SO₂, eventos sísmico tipo VT y el flujo de radón a partir del mes de noviembre de 2013 hasta el mes de febrero del presente año para el volcán Galeras (Figura 36).

Figura 36. Flujo de SO₂, eventos sísmico tipo VT y el flujo de radón noviembre 2013 a febrero 2014.

Se puede observar un comportamiento casi constante en el flujo de radón en suelo a partir del mes de noviembre de 2013 hasta febrero del presente año, presentando valores entre 1652 y 2601 pCi/L (flujos >2000 pCi/L considerados como anomalías de radón para Galeras), por lo tanto y según el periodo evaluado en la figura anterior se puede observar que para el día 3 de febrero de 2014 se presenta un máximo de concentración de radón (2601pCi/L), presentándose 12 días antes de un evento tipo VT, registrado para Galeras con una magnitud de 3.1 en la escala de Richter el día 15 de febrero de 2014. En cuanto a la desgasificación de SO₂, el sistema mantiene hasta el momento niveles bajos a moderados de flujo (>0<1000Ton/dia para Galeras) entre 23 y 635 Ton/d. La poca salida de SO₂ puede sugerir un sistema parcialmente abierto que permite un cierto nivel de despresurización en el sistema, pero también puede ser indicio de acumulación de esfuerzos en el sistema, sin embargo estos niveles bajos a moderados también podrían indicar que este gas se encuentra solubilizado en el magma.

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.

Tabla 11. Flujo de del isótopo de gas radón (Rn-222) en suelo (línea Galeras) - febrero 2014.

LÍNEA GALERAS						
PERÍODO DE	MUESTREO					
Inicial	final	Estación	Concentración (pCi/L)			
30-Ene-14	07-Feb-14		118			
07-Feb-14	17-Feb-14	CALD1	242			
17-Feb-14	27-Feb-14		125			
30-Ene-14	07-Feb-14		51			
07-Feb-14	17-Feb-14	CUFIÑ	28			
17-Feb-14	27-Feb-14		40			
30-Ene-14	07-Feb-14		284			
07-Feb-14	17-Feb-14	FRJON	164			
17-Feb-14	27-Feb-14		136			
30-Ene-14	07-Feb-14		843			
07-Feb-14	17-Feb-14	LAVA1	663			
17-Feb-14	27-Feb-14		911			
30-Ene-14	07-Feb-14		221			
07-Feb-14	17-Feb-14	LAVA2	196			
17-Feb-14	27-Feb-14		198			
30-Ene-14	07-Feb-14		759			
07-Feb-14	17-Feb-14	MIRAD	937			
17-Feb-14	27-Feb-14		232			
30-Ene-14	07-Feb-14		68			
07-Feb-14	17-Feb-14	PDRAS	280			
17-Feb-14	27-Feb-14		1384			
30-Ene-14	07-Feb-14		91			
07-Feb-14	17-Feb-14	PELAD	120			
17-Feb-14	27-Feb-14		60			
30-Ene-14	07-Feb-14		1201			
07-Feb-14	17-Feb-14	PQUES	798			
17-Feb-14	27-Feb-14		1416			
30-Ene-14	07-Feb-14		413			
07-Feb-14	17-Feb-14	TELEC	391			
17-Feb-14	27-Feb-14		371			

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

Tabla 12. Flujo de del isótopo de gas radón (Rn-222) en suelo (línea Barranco) - febrero 2014.

LÍNEA BARRANCO							
PERÍO MUES	DO DE TREO	Estación	Concentración				
Inicial	final		(pCI/L)				
30-Ene-14	07-Feb-14		748				
07-Feb-14	17-Feb-14	BAR01	393				
17-Feb-14	27-Feb-14		466				
30-Ene-14	07-Feb-14		278				
07-Feb-14	17-Feb-14	BAR02	86				
17-Feb-14	27-Feb-14		785				
30-Ene-14	07-Feb-14		789				
07-Feb-14	17-Feb-14	BAR03	1352				
17-Feb-14	27-Feb-14		913				
30-Ene-14	07-Feb-14		678				
07-Feb-14	17-Feb-14	BAR04	1652				
17-Feb-14	27-Feb-14		639				
30-Ene-14	07-Feb-14		679				
07-Feb-14	17-Feb-14	BAR05	1014				
17-Feb-14	27-Feb-14		637				
30-Ene-14	07-Feb-14		756				
07-Feb-14	17-Feb-14	BAR06	669				
17-Feb-14	27-Feb-14		2126				
30-Ene-14	07-Feb-14		545				
07-Feb-14	17-Feb-14	BAR07	502				
17-Feb-14	27-Feb-14		619				
30-Ene-14	07-Feb-14		566				
07-Feb-14	17-Feb-14	BAR08	804				
17-Feb-14	27-Feb-14		760				
30-Ene-14	07-Feb-14		230				
07-Feb-14	17-Feb-14	BAR09	87				
17-Feb-14	27-Feb-14		96				
30-Ene-14	07-Feb-14		2601				
07-Feb-14	17-Feb-14	BAR10	390				
17-Feb-14	27-Feb-14		361				

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

1.5.3 Trampa alcalina-volcán Galeras

En el mes de febrero se realizó la instalación de dos sistemas de trampa alcalina en la cima de Galeras, que permitirá capturar moléculas de los gases condensables emitidos por el volcán (Azufre total (St), Cloruro de hidrógeno (HCl) y dióxido de carbono (CO₂)).

En el volcán Galeras se encuentran ubicadas dos estaciones no telemétricas de Trampa Alcalina (Figura 37): Trampa Alcalina-Base Militar y Trampa Alcalina-Mirador.

Figura 37. Mapa de localización estaciones trampa alcalina volcán Galeras.

La trampa alcalina consiste en utilizar un montaje (Figura 40), 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.

Figura 38. Preparación de los insumos para la adquisición de información mediante la técnica de Trampa Alcalina-Cima volcán Galeras febrero de 2014.

Figura 49. Instalación de la Trampa Alcalina-Cima volcán Galeras febrero de 2014.

Figura 40. Protección de la Trampa Alcalina-Cima volcán Galeras febrero de 2014.

1.5.4. 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). (Figura 41, tablas 13 y 14).

Figura 41. Mapa de localización de las fuentes termales perteneciente a la zona de influencia del Volcán Galeras.

Tabla 13. Imágenes fotográficas de las fuentes termales de la zona de influencia del volcán Galeras - febrero 2014.

Tabla 14. Ubicación geográfica fuentes termales volcán Galeras.

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

El trabajo de muestreo en campo para la toma de datos y medición de parámetros fisicoquímicos en las fuentes termales pertenecientes a la zona de influencia del volcán Galeras se realiza con los siguientes equipos (Tabla 15):

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

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

-Termómetro: permite hacer mediciones de temperatura.

FT	Potencial de hidrógeno (pH)	Temperatura (°C)	Potencial de óxido reducción (ORP)	Conductivida d eléctrica (CE)	Muestras para análisis
Río Pasto			SCHOIT 355*	00	- HERE
Cehani	Schon 538		SCHOTT 115-		

Tabla 15. Datos de parámetros fisicoquímicos fuentes termales volcán Galeras - febrero 2014.

En la Tabla 16 se presentan los resultados de los parámetros fisicoquímicos medidos durante trabajo en campo en el mes de febrero de 2014.

VOLCÁN	Muestra	Fecha	рН	T (°C)	ORP (mV)	CE (mS/cm)	Carbonato (mg CO3/L)	Bicarbonato (mg HCO3/L)
	RIO PASTO	24/02/2014	6,4	41	35 <i>,</i> 6	2,92	0	75,6
	AGUAS							0
	AGRIAS	24/02/2014	3,17	26,4	228	3,66	0	0
CALEDAS	CEHANI	26/02/2014	6,78	36	11,6	2,21	0	176,4
GALENAS	AGUA							12.6
	BLANCA	25/02/2014	6,87	21,4	6,5	1,59	0	12,0
	LICAMANCHA	25/02/2014	7,33	21,4	-28,4	1,76	0	6,3

 Tabla 16. Datos de parámetros fisicoquímicos FT Volcán Galeras - febrero de 2014.

En la Figura 42 se muestra el valor del potencial de hidrógeno (pH) correspondiente al mes de febrero para las FT de la zona de influencia del volcán Galeras.

Los colores en las gráfica indican el estado de acidez o basicidad de el manantial (grado de concentración de iones de hidrógeno en solución), indicando de esta manera una escala de 0 a 14 para pH (Figura 42).

Figura 42. Potencial de hidrógeno de las FT Volcán Galeras febrero 2014.

Las fuentes termales de Galeras presentan durante el mes de febrero potenciales de Hidrógeno (pH), entre 3.17 (ácida) y 7.33 (neutra) correspondientes a las FT Aguas Agrías y Licamancha respectivamente (Figura 42).

En las figuras 43 y 44 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 del mes de febrero.

Más adelante, en las figuras 45 y 46 se puede observar las relaciones de parámetros como el pH con la presencia de bicarbonato en los manantiales y con el potencial de óxido-reducción (ORP).

Figura 43. Variación de temperatura de las FT de Volcán Galeras-febrero 2014.

20,4

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

10/07/2012 18/10/2012 26/01/2013 06/05/2013 14/08/2013

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

Figura 44. Variación de Conductividad Eléctrica de las FT de Volcán Galeras-febrero 2014.

• Fuente termal Río Pasto

Temperatura superficial: 41° C (Temperatura registrada en febrero 2014).

Tipo de surgencia: manantiales.

<u>Área termal:</u> 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 2.92 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

• Fuente termal Aguas Agrías

Temperatura superficial: 26.4° C. (Temperatura registrada en febrero 2014)

Tipo de surgencia: manantiales.

<u>Área termal:</u> 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. Presenta una mediana conductividad eléctrica de 3.66 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en solución.

• Fuente termal Agua Blanca

Temperatura superficial: 21.4° C. (Temperatura registrada en febrero 2014)

Tipo de surgencia: manantiales.

<u>Área termal:</u> La temperatura de la manifestación termal se encuentra entre los 20°C y 35°C, por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como hipotermal. Presenta también una mediana conductividad eléctrica de 1.59 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en solución.

• Fuente termal Licamancha

Temperatura superficial: 21.4° C. (Temperatura registrada en febrero 2014)

Tipo de surgencia: manantiales.

<u>Área termal:</u> La temperatura de la manifestación termal se encuentra entre los 20°C y 35°C, por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como hipotermal. Presenta también una mediana conductividad eléctrica de 1.76 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

-Fuente termal Cehani

Temperatura superficial: 36° C. (Temperatura registrada en febrero 2014)

Tipo de surgencia: manantiales.

<u>Área termal:</u> Las temperaturas de las manifestaciones termales se encuentran 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 2.21 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

Con respecto al comportamiento de las FT de Galeras con respecto a parámetros como la temperatura se observa que para el mes de febrero, en las FT Río Pasto y Cehani disminuye levemente su valor en menos de una unidad, mientras que para las FT Agua Blanca y Licamancha se presenta un leve incremento. La FT Aguas Agrías presenta para este mes un importante incremento en su temperatura (23°C a 26.4°C), regresando a su temperatura promedio después de haber presentado un descenso para el mes de noviembre de 2013.

Sobre la conductividad eléctrica, para el mes de febrero la FT Cehani presenta un leve descenso, que podría estar asociada a la disminución de su temperatura en el mismo periodo de tiempo, como también el aumento de la temperatura en la FT Aguas Agrías se relaciona con el incremento de la

conductividad eléctrica. Lo anterior puede estar asociado con la presencia y la cantidad de sólidos disueltos en el manantial, que pueden estar directamente afectados por la temperatura.

Para las FT Agua Blanca, Río Pasto y Licamancha no se presentan variaciones importantes con respecto a meses anteriores.

En la Figura 45 se presenta la relación entre la presencia del ión bicarbonato (HCO₃⁼) en el medio y su influencia en la variación del pH para el mes de febrero.

Figura 45. Variación de la concentración de Bicarbonato y el pH de las FT de Volcán Galeras- febrero 2014.

Se puede observar claramente (Figura 45) disminución en la concentración del ion HCO₃⁼ en todas la FT para el mes de febrero, sin embargo para el caso de las FT Río Pasto y Agua Blanca el pH se ve disminuido, probablemente a la rápida liberación del gas carbónico (CO₂), que no permitió la formación del bicarbonato y por lo tanto especies como el sulfuro de hidrógeno (H₂S) sería más influyente en el medio para afectar esta disminución. Por el contrario en las FT Cehani y Licamancha se observa un claro ascenso del pH, que puede deberse a la presencia del CO₂ en el medio, actuando como un ácido receptor de protones.

En la FT Aguas Agrías no hay presencia del ion HCO₃⁼, 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 (Figura 44), además por ser altamente sulfatada, en la cual podrían estar ocurriendo procesos continuos de oxidación del sulfuro de hidrógeno (H₂S), del azufre nativo (SO₄) o del dióxido de azufre (SO₂).

En la Figura 46 se encuentra representada la relación entre los parámetros pH y ORP (potencial de óxido reducción) de las FT de Galeras para el mes de febrero.

Figura 46. Variación del pH y ORP de las FT de Volcán Galeras-febrero 2014.

Se observa en todas las FT de Galeras una relación inversa entre el pH y el ORP. Para el mes de febrero mientras el pH aumenta, el índice de óxido-reducción disminuye mostrando una posible y continua capacidad de movilización de los componentes en este medio, es así como los valores positivos altos en las gráficas anteriores como en el caso de la FT Aguas Agrias, indica un ambiente totalmente oxidante, en caso contrario para las demás FT en las que se registraron valores positivos muy bajos y negativos altos de ORP, indican ambientes reductores, lo cual implica un cambio importante en el pH consecuentemente con la aceptación o donación de protones.

Lo anterior depende de la estabilidad de las especies en este medio, ya que especies con mayor capacidad de oxidación o reducción dominaran el comportamiento y dinámica del sistema. 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.

1.6 ACTIVIDAD SUPERFICIAL Y CAMBIOS GEOMORFOLÓGICOS

Mediante la observación directa realizada desde la sede del OVSP, utilizando reportes de las comisiones de personal en campo de las comunidades ubicadas en el área de influencia del volcán, de autoridades en general y con la ayuda de las cámaras Web ubicadas en sede OVSP, Consacá, Barranco Alto y Bruma, se documenta la actividad superficial. Cuando las condiciones del clima lo permitieron se observaron emisiones de color blanco durante la mayor parte del período evaluado exceptuando los días 12 y 27 de febrero de 2014 en los cuales la nubosidad impidió la observación directa de la cima volcánica. En general las emisiones registradas fueron de color blanco, baja altura y con dirección que dependió de la acción de los vientos, la máxima altura registrada fue de 950 m sobre la cima de Galeras.

En las Figuras 47 a 52 se presentan algunas imágenes las cuales se asocian a procesos de emisión de gases en Galeras.

Figura 47. Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas en horas de la mañana hacia las 6:11 a.m. y 9:24 a.m., el 4 de febrero de 2014.

Figura 48. Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas a las 8:59 a.m. del 7 de febrero de 2014 desde la cámara de Barranco al noroccidente de Galeras.

Figura 49. Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas el 16 de febrero de 2014 desde Barranco y Bruma, al noroccidente y suroccidente del edifico volcánico.

Figura 50. Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras registrada el 17 de febrero de 2014, desde Barranco y Bruma, al noroccidente y suroccidente del edifico volcánico.

Figura 51. Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas el 20 de febrero de 2014 desde Barranco y Bruma, al noroccidente y suroccidente del edifico volcánico.

Figura 52. Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas el 28 de febrero de 2014 desde Bruma, al suroccidente del edifico volcánico.

1.7. CONCLUSIONES

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

2. ACTIVIDAD DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CUMBAL – FEBRERO DE 2014

2.1. RED DE VIGILANCIA

La Figura 53 muestra la disposición de la red de vigilancia del complejo volcánico Cumbal que consta de cuatro estaciones sísmicas (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.

La Tabla 18, resume el nombre de cada estación con sus características, adicionalmente, se tiene una cámara de video permanente para observación y seguimiento de la actividad superficial, instalada en el municipio de Cumbal.

Las estaciones de la red instalada para el monitoreo del volcán Cumbal, durante el mes de febrero de 2014, tuvieron un porcentaje de funcionamiento del 98% (Figura 54).

Figura 53. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de vigilancia del complejo volcánico Cumbal, durante el mes de febrero de 2014.

 Tabla 18. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del complejo volcánico Cumbal durante el mes de febrero 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 54. Porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico Cumbal durante el mes de febrero de 2014.

2.2. SISMOLOGÍA

Respecto al mes de enero, el total de sismos registrados disminuyó, pasando de 2479 a 1542, el descenso en la ocurrencia se hizo evidente para todos los tipos de eventos. (Tabla 19, Figura 55). La actividad sísmica continúa siendo dominada por el tipo LP, seguido por los sismos tipo TRE. Las figuras 56 y 57 muestran la comparación respecto al mes inmediatamente anterior y las relaciones porcentuales por tipo de sismicidad.

En cuanto al total de energía liberada, se observa disminución respecto al mes anterior, sin embargo los sismos tipo HYB muestran un incremento (Tabla 20). El mayor aporte de energía liberada continúa siendo de la sismicidad tipo LP, seguido del tipo TRE.

Tabla 19. Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Cumbal, entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2014, incluyendo los registros clasificados como volcánicos, se resalta en color azul el mes objeto de evaluación.

Periodo evaluado	VT	LP	TRE	HYB	TOR	VOL	TOTAL
01-nov-13 a 30-nov-13	423	929	571	270	3	18	2214
01-dic-13 a 31-dic-13	660	1123	650	306	3	3	2745
01-ene-14 a 31-ene-14	473	1160	380	462	2	4	2481
01-feb-14 a 28-feb-14	229	779	345	179	5	10	1547

Figura 55. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Cumbal, entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

Figura 56. Relación porcentual para Cumbal, que compara el número de eventos volcánicos por tipo ocurridos durante el mes de febrero de 2014, con respecto al mes de enero de 2014.

Figura 57. Relación porcentual para Cumbal, que compara el número de eventos por tipo ocurridos entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2014, tomando periodos mensuales.

Tabla 20. Energía liberada de ondas de cuerpo por los diferentes tipos de eventos volcánicos, ocurridos en Cumbal, entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2014, tomando periodos mensuales, incluyendo el mes objeto de evaluación, resaltado en color verde.

FECHA	LP	TR	HD	VT	TOTAL
NOV 01 - NOV 30	1.21E+11	4.82E+11	3.05E+10	2.34E+12	2.97E+12
DIC 01 - DIC 31	1.96E+11	5.05E+11	5.94E+10	6.50E+10	8.25E+11
ENE 01 - ENE 31	1.24E+11	3.17E+11	2.31E+10	2.18E+11	6.82E+11
FEB 01 - FEB 28	6.39E+10	2.41E+11	1.18E+11	1.43E+11	5.66E+11

Se resalta la ocurrencia de dos eventos de 6 Largo Periodo 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. Las frecuencias dominantes oscilaron entre 1.7 y 2.6 y la mayor duración fue de 76 s. La Figura 58 muestra la evolución temporal de la frecuencia dominante de los sismos tipo TOR entre julio de 2010 y febrero de 2014. En las figuras 59 a 62 se muestran 4 de los eventos tipo TOR ocurridos durante el mes en evaluación.

Durante febrero también se registraron enjambres de sismos de bajo contenido energético, como el que se muestra en la Figura 63 que se muestra a manera de ejemplo, en este caso el enjambre tuvo una duración aproximada de 5 horas, tiempo en el cual se registraron cerca de 180 sismos entre los tipos VT, LP y HYB.

Figura 58. Frecuencias mostradas por los eventos tipo TOR registrados por la estación sismológica La Mesa, instalada en el complejo volcánico de Cumbal, entre el 29 de julio de 2010 y el 28 de febrero de 2014.

Figura 59. Sismogramas y espectros del sismo tipo TOR, ocurrido en Cumbal, el 1 de febrero de 2014 a las 12:01 a.m.

Figura 60. Sismogramas y espectros del sismo tipo TOR, ocurrido en Cumbal, el 1 de febrero de 2014 a las 02:22 a.m.

Figura 61. Sismogramas y espectros del sismo tipo TOR, ocurrido en Cumbal, el 18 de febrero de 2014 a las 9:04 p.m.

Figura 62. Sismogramas y espectros del sismo tipo TOR, ocurrido en Cumbal, el 21 de febrero de 2014 a las 2:06 a.m.

Figura 63. Sismograma de la estación sísmica La Mesa del Complejo Volcánico de Cumbal, en la gráfica se resalta el enjambre de sismos presentado el 6 de febrero de 2014 entre las 8:00 a.m. y la 1:00 p.m.

Con relación a los eventos tipo VT e HYB, fue posible localizar 162 sismos, la mayoría de los cuales se ubicaron próximos al cráter La Plazuela, con profundidades menores a 2 km respecto a la cima (Figura 64). Las magnitudes locales por debajo de 2.1 en la escala de Richter.

Figura 64. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y el 28 de febrero de 2014 en el complejo volcánico de Cumbal. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2.5 km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4760 msnm).

2.3. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA

En relación a los procesos de deformación del edificio volcánico se observó que continúa el comportamiento ascendente de las componentes de los inclinómetros La Mesa y Limones, aunque con una pendiente mucho menor de la que traía hasta noviembre de 2013. La componente Norte del inclinómetro La Mesa alcanzó una variación de 85 µrad, entre abril de 2013 y febrero de 2014, mientras que la variación de la componente Este es de unos 100 µrad para el mismo periodo (Figura 65). De igual forma en el inclinómetro Limones entre mayo de 2013 y febrero de 2014 se observó un ascenso que acumula en la componente Norte 20 µrad y en la componente Este 15 µrad (Figura 66).

El comportamiento de los inclinómetros La Nieve y Punta Vieja fue de estabilidad en sus componentes Norte y Este (Figuras 67 y 68).

Figura 65. Componentes de inclinación Norte y Este, y del sensor de temperatura, del inclinómetro La Mesa, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre junio de 2013 y febrero de 2014.

Figura 66. Componentes de inclinación Norte y Este, y del sensor de temperatura, del inclinómetro Limones, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre junio de 2013 y febrero de 2014.

Figura 67. Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Punta Vieja, y del sensor de temperatura, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre junio de 2013 y febrero de 2014.

Figura 68. Componentes de inclinación Norte y Este, y del sensor de temperatura, del inclinómetro Nieve, para el periodo comprendido entre junio de 2013 y febrero de 2014.

2.4. ACTIVIDAD SUPERFICIAL

Las condiciones favorables de clima, en los días 4, 5, 6, 7, 9, 12, 17, 18, 20 y 21de febrero de 2014 permitieron observar la actividad superficial del volcán a través de la cámara instalada en la cabecera del municipio de Cumbal. Las emisiones de gases provenientes principalmente en el campo fumarólico El Verde, al costado norte del complejo volcánico, tuvieron un color blanco, baja altura y se dispersaron de acuerdo a la dirección de los vientos.

En las Figuras 69 a 71 se presentan algunas imágenes relacionadas a procesos de emisión de gases en el Complejo Volcánico Cumbal a lo largo del mes de febrero.

Figura 69. Imagen de la emisión de gases del Complejo Volcánico Cumbal, capturada desde la población de Cumbal el 3 de febrero de 2014, en horas de la mañana.

Figura 70. Imágenes del Complejo Volcánico Cumbal, capturadas desde el municipio de Cumbal, el 4 de febrero de 2014, en horas de la mañana, en las fotografías se observa emisión de gases.

Figura 71. Imágenes del Complejo Volcánico Cumbal, capturadas el 18 de febrero de 2014 desde el municipio de Cumbal, en las fotografías se observa emisión de gases.

2.5. CONCLUSIONES

La evaluación del proceso volcánico durante el mes de febrero 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 DOÑA JUANA, AZUFRAL, LAS ÁNIMAS, CHILES Y CERRO NEGRO – FEBRERO 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, Las Ánimas y desde el mes de noviembre de 2013, los volcanes Chiles y Cerro Negro (Figura 72), con el propósito de establecer el 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 su comportamiento y realizar el diagnóstico del nivel de actividad.

Figura 72. 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.




3.1. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN DOÑA JUANA

3.1.1. Red de vigilancia

La Figura 73 tiene 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 73, Tabla 21).

En la tabla 21, se consignan las características principales de cada estación y la Figura 74 registra el porcentaje de funcionamiento de las estaciones.

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

Tabla 21. Estaciones que conforman la red de vigilancia del volcán Doña Juana.



Figura 73. 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 febrero de 2014, tuvieron un funcionamiento del 90% (Figura 74). La estación sísmica Lavas se encuentra con un bajo porcentaje de funcionamiento debido a problemas en la repetidora.



Figura 74. Histograma del porcentaje de funcionamiento durante el mes de febrero de 2014, de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Doña Juana.

3.1.2. Sismología

Durante el mes de febrero se registraron 4 sismos tipo VT de bajo contenido energético y de ellos fue posible localizar uno que se ubicó a una distancia de 9 km al sur occidente del cráter principal a una profundidad de 16 km aproximadamente y se calculó para este sismo una magnitud local de 1.2 en la escala de Richter. La Tabla 22 y figuras 76 y 77 muestran el número de sismos diario y las localizaciones de la sismicidad registrada durante el mes evaluado.

Tabla 22. Número de eventos volcánicos por tipo, para el volcán Doña Juana, ocurridos entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2014, incluyendo los registros clasificados como volcánicos, resaltado en color verde el mes objeto de evaluación.

Periodo	VT	Vol	Total
01-nov-13 a 30-nov-13	9	4	13
01-dic-13 a 31-dic-13	2	4	6
01-ene-14 a 31-ene-14	7	0	7
01-feb-14 a 28-feb-14	4	0	4







Figura 75. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Doña Juana entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.



Figura 76. Localización epicentral e hipocentral de la sismicidad de fractura registrada por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Doña Juana, en el mes de febrero de 2014, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 3 km., de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.





3.1.3. Deformación Volcánica

El inclinómetro electrónico Florida (ubicado a 2.3 km., al Oeste de los domos del volcán Doña Juana, 3154 msnm) registró en su componente Norte, una tendencia descendente a partir de noviembre de 2013, acumulando hasta febrero de 2014, unos 25µrad; por su parte la componente Este mantiene un comportamiento estable, tanto en la componente Norte, como en la Este (Figura 78).

El inclinómetro Lavas mantiene un comportamiento estable en sus dos componentes desde su instalación en mayo 5 de 2013 (Figura 79).

Para el periodo evaluado, no se tiene en cuenta el registro del inclinómetro Páramo por problemas de funcionamiento en el equipo.



Figura 77. Componentes de inclinación Norte y Este, y del sensor de temperatura, del inclinómetro Florida, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre junio de 2013 y febrero de 2014.



Figura 78. Componentes de inclinación Norte y Este, y del sensor de temperatura, del inclinómetro Lavas, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre junio de 2013 y febrero de 2014.





3.1.4. Actividad Superficial

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

3.1.5. Conclusiones

3.2. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN AZUFRAL

3.2.1. Red de vigilancia

La Figura 80 muestra la red de estaciones para monitoreo de la actividad sísmica y de deformación cortical del volcán Azufral, conformada por las estaciones La Roca, Chaitán, Laguna, La Ventana y El 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 (Tabla 23). Además, se tiene instalado un pluviómetro, cerca de la estación La Roca, esto con el fin de monitorear la precipitación en la zona de influencia del volcán Azufral.

Adicionalmente, 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 81).

La red de monitoreo telemétrico del volcán Azufral alcanzó un porcentaje de operación del 99% para el mes de febrero (Figura 82).

Estación	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia a la Laguna (Km)	Ubicación Respecto a la Laguna	Altitud (msnm)
La Roca	Analógica	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	1,2	E	4025
Chaitán	Digital	Sismómetro de Banda Ancha	Triaxial	4,3	ENE	3730
Laguna	Digital	Sismómetro de Banda Ancha	Triaxial	0,5	SW	3921
Lobo	Digital	Sismómetro de Banda Ancha	Triaxial	2,4	SE	3569
Ventana	Digital	Sismómetro de Banda Ancha	Triaxial	2,5	NE	3981
La Roca	Digital	Inclinómetro electrónico	Biaxial	1,2	E	4025
Chaitán	Digital	Inclinómetro electrónico	Biaxial	4,3	ENE	3730

Tabla 23. Es	staciones	instaladas	en el	volcán	Azufral.
--------------	-----------	------------	-------	--------	----------









Figura 79. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de febrero de 2014.



Figura 80. 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 81. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de febrero de 2014.

3.2.2. Sismología

La actividad sísmica del volcán Azufral estuvo dominada por registros asociados con fracturamiento de material solido, eventos tipo VT (Tabla 24, Figura 83). A lo largo del mes de febrero se registraron 17 sismos VT, 14 de los cuales se localizaron dispersos sobre el edificio volcánico con profundidades que oscilaron entre 2 y 8 km y magnitudes locales inferiores a 2.5 en la escala de Richter (Figura 84).

Tabla 24. Número de eventos volcánicos por tipo, para el volcán Azufral, ocurridos entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2014, resaltado en color verde el mes objeto de evaluación en este informe.

Periodo	VT	Total
01-nov-13 a 30-nov-13	10	10
01-dic-13 a 31-dic-13	15	15
01-ene-14 a 31-ene-14	18	18
01-feb-14 a 28-feb-14	17	17







Figura 82. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Azufral entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.



Figura 83. 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 febrero 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.

3.2.3. Deformación Volcánica

Para el volcán Azufral se cuenta con dos inclinómetros electrónicos y 11 líneas de EDM. En el presente informe no se detalla la red de EDM porque, debido a las características de los reflectores y para garantizar las medidas, se reemplazó varios de ellos y para conocer el comportamiento es necesario tomar más medidas para observar el cambio en el nivel base que se traía.

Las componentes de los inclinómetros electrónicos Chaitán (ubicado a 4.3 km al este-noreste de la laguna Verde del volcán Azufral, 3730 m.s.n.m.), registró un comportamiento estable con variaciones que posiblemente están asociadas la temperatura (Figuras 85). El inclinómetro La Roca (ubicado a 1.2 km., al este de la laguna Verde del volcán, 4025 msnm), a partir de enero de 2014, mostró en sus componentes cambios en las tendencias que traía, la componente Norte cambió a descendente acumulando hasta febrero de 2014 cerca de 100 µrad, mientras que la componente Este cambió a ascendente para febrero de 2014 acumulando unos 100 µrad (Figura 86).



Figura 84.Componentes de inclinación Norte, Este, y sensor de temperatura, del inclinómetro Chaitán, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre junio de 2013 y febrero de 2014.







Figura 85. Superior: Componentes de inclinación Norte, Este, y sensor de temperatura, del inclinómetro La Roca, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre junio de 2013 y febrero de 2014. Inferior: Componentes de inclinación Norte y Este, para el periodo comprendido entre enero y febrero de 2014.

3.2.4. Muestreo de aguas en fuentes termales- volcán Azufral

El volcán Azufral cuenta con una red actual de monitoreo de 9 fuentes termales (FT), entre las que se encuentran: FT Salado de Malaver (A), FT La Cabaña (B), FT Quebrada Blanca (C), FT San Ramón (D), FT Arrayán Salado (E), FT Tutachag (F), FT Laguna Verde N°1 (G), FT Laguna Verde N°2 (H), Laguna Verde N°3 (I), Laguna Verde N°4 (J), (Figura 87, Tabla 25).









Figura 86. Mapa de localización de las fuentes termales perteneciente a la zona de influencia del Volcán Azufral.

NOMBRE FUENTE TEMAL	IMAGEN	LATITUD	LONGITUD	ALTURA
SALADO DE MALAVER		1.03776°	77.63923°	2901
LA CABAÑA	B	1.00083°	77.67163°	3047

Tabla 25. Ubicación geográfica fuentes termales del área de influencia del volcán Azufral.





QUEBRADA BLANCA	c	1.06936°	77.73779	3165
SAN RAMÓN	D	0.98480°	77.69732°	3033
ARRAYÁN SALADO		1.09198°	77.66354°	3108
TUTACHAG		1.09198°	77.66354°	3259
LAGUNA VERDE 1	H	1.09139°	77.72163°	3782





LAGUNA VERDE 2 1.09008° 77.72233° 3789 F LAGUNA VERDE 3 1.08949° 77.72227° 3789 G LAGUNA VERDE 4 1.09157° 77.72290° 3788

Con respecto a la toma de datos y medición de parámetros fisicoquímicos en las fuentes termales pertenecientes a la zona de influencia del volcán Galeras, se utilizan los siguientes equipos (Tabla 26):

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

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

-Termómetro: permite hacer mediciones de temperatura.







FT	Potencial de hidrógeno (pH)	Temperatura (°C)	Potencial de óxido reducción (ORP)	Conductivi dad eléctrica (CE)	Muestras para análisis
Salado de Malaver				E S S	
La Cabaña					
a Blanca					
San Ramón					
Arrayán Salado					





Laguna Verde 1	
Laguna Verde 2	
Laguna Verde 3	
Laguna Verde 4	

En la Tabla 27 se presentan los resultados de los parámetros fisicoquímicos medidos durante el trabajo en campo en el mes de febrero de 2014.

Volcán	Muestra	Fecha de nuestreo	рН	Та	ORP	CE (mS/cm)
	LV N°1	13/02/2014	7.01	67.6	-3.9	0.8
	LV N°2	13/02/2014		69.4		
	LV N°3	13/02/2014		67.3		
A []	LV N°4	13/02/2014	3.65	52.1	197.9	0.7
Azufral	El Salado de Malaver	14/02/2014	7.1	23.7	-6.8	6.44
	La Cabaña	14/02/2014	7.03	20	-1.9	1.69
	Quebrada Blanca (Chimangual)	15/02/2014	6.66	48.6	19.2	2.65

Tabla 27. Datos de parámetros fisicoquímicos FT Volcán Azufral - febrero de 2014.





San Ramón	14/02/2014	7.28	29.9	15.6	2.96
Arrayán Salado	15/02/2014	6.64	16.1	21.6	2.46
Tutachag	15/02/2014	6.47	15	34.1	1.63

Para el mes de febrero no fue posible realizar muestreo de parámetros fisicoquímicos en las FT LV N°2 y LV N°3 debido a que el nivel de la Laguna Verde, hace que exista una permanente mezcla y por lo tanto los datos no serian mensurables, ni representativos.

En la Figura 87 se muestra aclarar esto el valor del potencial de hidrógeno (pH) tomado en el mes de febrero, correspondiente a las FT de la zona de influencia del volcán Azufral.

Los colores en las gráfica indican el estado de acidez o basicidad de una sustancia, indicando de esta manera una escala de 0 (ácido) colores rojos, pasando por el amarillo (7 neutro) y acercándose a los colores azules (14 básico) (Figura 87 - inferior).



Figura 87. Potencial de hidrógeno de las FT Volcán Azufral febrero 2014.

Las fuentes termales (FT) de la zona de influencia del Volcán Azufral presentan para el mes de febrero potenciales de Hidrógeno (pH), que oscilan entre pH's como el de la LAGUNA VERDE N°4 con un pH ácido de 3.65; hasta de 7.28 correspondiente a la FT SAN RAMÓN.

En la Figura 88 se puede observar la relación entre las variables temperatura y conductividad, eléctrica con respecto a meses anteriores, correspondientes a las FT de la zona de influencia del volcán Azufral registradas en trabajo de campo del mes de febrero.

Más adelante en las figuras 90 y 91, se puede observar las relaciones de parámetros como el pH con la presencia de bicarbonato en los manantiales y con el potencial de óxido-reducción (ORP).







Figura 88. Variación de temperatura y Conductividad eléctrica de las FT de Volcán Azufral- febrero 2014.





Los manantiales de Azufral se consideran como fuentes termales de acuerdo a su temperatura (Tabla 9).

• Fuente termal LV N°1

Temperatura superficial: 67.6° C (Temperatura registrada en febrero 2014).

Tipo de surgencia: manantiales.

<u>Área termal:</u> 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. Presenta también una baja conductividad eléctrica de 0.8 mS/cm (25°C), que refleja la poca presencia de sales solubles en el medio.

• Fuente termal LV N°2

Temperatura superficial: 69.4° C. (Temperatura registrada en febrero 2014)

Tipo de surgencia: manantiales.

<u>Área termal:</u> 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.

• Fuente termal LV N°3

Temperatura superficial: 67.3° C. (Temperatura registrada en febrero 2014)

Tipo de surgencia: manantiales.

<u>Área termal:</u> 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.

• Fuente termal LV N°4

Temperatura superficial: 52.1° C. (Temperatura registrada en febrero 2014)

Tipo de surgencia: manantiales.

<u>Área termal:</u> 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. Presenta también una baja conductividad eléctrica de 0.7 mS/cm (25°C), que refleja la poca presencia de sales solubles en el medio.

-Fuente termal San Ramón

Temperatura superficial: 29.9° C. (Temperatura registrada en febrero 2014)





Tipo de surgencia: manantiales.

<u>Área termal:</u> Las temperaturas de las manifestaciones termales se encuentran entre los 20°C y 35°C, por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como hipotermal. Presenta también una mediana conductividad eléctrica de 2.96 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

-Fuente termal La Cabaña

Temperatura superficial: 20° C. (Temperatura registrada en febrero 2014)

Tipo de surgencia: manantiales.

<u>Área termal:</u> Las temperaturas de las manifestaciones termales se encuentran entre los 20°C y 35°C, por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como hipotermal. Presenta también una mediana conductividad eléctrica de 1.69 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

-Fuente termal Salado de Malaver

<u>Temperatura superficial</u>: 23.7° C. (Temperatura registrada en febrero 2014)

Tipo de surgencia: manantiales.

<u>Área termal:</u> Las temperaturas de las manifestaciones termales se encuentran entre los 20°C y 35°C, por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como hipotermal. Presenta también una alta conductividad eléctrica de 6.44 mS/cm (25°C), que refleja la alta presencia de sales solubles en el medio.

-Fuente termal Quebrada Blanca

<u>Temperatura superficial</u>: 48.6° C. (Temperatura registrada en febrero 2014)

Tipo de surgencia: manantiales.

<u>Área termal:</u> Las temperaturas de las manifestaciones termales se encuentran entre los 45°C y 100°C, por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como hipertermal. Presenta también una mediana conductividad eléctrica de 2.65 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

-Fuente termal Salado de Arrayán

Temperatura superficial: 16.1° C. (Temperatura registrada en febrero 2014)

Tipo de surgencia: manantiales.

<u>Área termal:</u> Puede ser clasificada según su temperatura como hipotermal, debido a que su temperatura varía en 5°C a la temperatura medioambiental de la zona. Presenta también una





mediana conductividad eléctrica de 2.46 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

-Fuente termal Tutachag

Temperatura superficial: 15° C. (Temperatura registrada en febrero 2014)

Tipo de surgencia: manantiales.

<u>Área termal:</u> Puede ser clasificada según su temperatura como hipotermal, debido a que su temperatura varía en 5°C a la temperatura medioambiental de la zona. Presenta también una mediana conductividad eléctrica de 1.63 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

Con respecto al comportamiento de las FT de Azufral y la relación de las variables temperatura y conductividad eléctrica se observa que para el mes de febrero, en las FT LV N°1, LV N°4, San Ramón, La Cabaña, y Quebrada Blanca aumenta el valor de la conductividad eléctrica y se incrementa la temperatura, mientras que para las FT Salado de Malaver y Salado de Arraýan se presenta el fenómeno inverso.

Lo anterior puede estar asociado a la presencia y la cantidad de sólidos disueltos en el manantial, que pueden estar directamente afectados por la temperatura, ya que esta facilita o no su disolución permitiendo un aumento o disminución en la energía cinética del sistema afectando su solubilidad.

En la Figura 89 se presenta la relación entre la presencia del ión bicarbonato (HCO₃⁼) en el medio y su influencia en la variación del pH para el mes de febrero.







Figura 89. Variación de la concentración de Bicarbonato y el pH de las FT de Volcán Azufral-febrero 2014.

Se puede observar que para las FT LV N°1, La Cabaña, Quebrada Blanca y Salado de Arrayán, se presenta disminución en la concentración del ion HCO₃⁼, mientras que para las FT San Ramón y Salado de Malaver este valor aumentó con respecto a meses anteriores.

Una de las probables causas del aumento o disminución en la formación del ion $HCO_3^=$ en los manantiales, se debe a la rápida liberación del gas carbónico (CO_2), que no permite la formación del bicarbonato, influyendo entonces a que especies como el sulfuro de hidrógeno (H_2S) equilibren el sistema o en caso contrario el pH se verá afectado en su disminución.





Para el caso en el que la concentración de este ión aumentó, se observa como el pH se vuelve más alcalino, ya que la formación del bicarbonato promueve un comportamiento de base débil en el medio más concentrado que la del dióxido de carbono que implicaría tener un medio más básico.



Figura 90. Variación del pH y ORP de las FT de Volcán Azufral-febrero 2014.





Se observa para todas las FT de Azufral una relación inversa entre el pH y el ORP para el mes de febrero (Figura 89), con excepción de la FT la Cabaña. Mientras el pH aumenta, el índice de óxidoreducción disminuye mostrando una posible y continua capacidad de movilización de los componentes en este medio, es así como los valores positivos altos en las gráficas anteriores como en el caso de la FT LV N°4, indica un ambiente totalmente oxidante, en caso contrario para las demás FT, LV N°1, LV N°2, San Ramón, Salado de Malaver, Quebrada Blanca y Salado de Arrayan en las que se registraron valores positivos muy bajos y negativos altos de ORP, indican ambientes reductores, lo cual implica un cambio importante en el pH consecuentemente con la aceptación o donación de protones.

En cuanto a la FT La Cabaña, su comportamiento contrario al del resto de manantiales de Azufral puede deberse a la presencia de elementos contaminantes en el medio y que además su ubicación implique una continua intervención humana.

Lo anterior al igual que las termales en Galeras, depende de la estabilidad de las especies en este medio, ya que especies con mayor capacidad de oxidación o reducción dominaran el comportamiento y dinámica del sistema.

3.2.5. Muestreo de gases, método Giggenbach-Volcán Azufral

En el trabajo de campo realizado en el mes de febrero se realizó el muestreo de gases por el método Giggenbach en una de las fumarolas ubicadas en el Domo Mallama del Volcán Azufral. El método Giggenbach permite mediante la utilización de una botella al vacio, con un contenido de solución alcalina atrapar los gases condensables emitidos de la fumarola (Figura 92).







Figura 91. Muestreo de gases, método Giggenbach y temperatura- Fumarola Domo Mallama, Volcán Azufral_febrero 2014.

Las temperaturas registradas durante el trabajo de campo en el campo fumarólico Domo Mallama, fueron las siguientes:

82.8°C, 85.0°C, 85.3°C, 86.4°C y 86.7°C, para un promedio de 85.2°C.

3.2.6. Actividad Superficial y Cambios Geomorfológicos

Las condiciones favorables de clima permitieron observar emisiones casi todos los días del mes de febrero, estas emisiones fueron de baja altura y color blanco, provenientes principalmente de uno de los domos activos ubicados al nororiente de la Laguna Verde.

En las Figuras 93 a 95 se presentan algunas imágenes de procesos de emisión de gases en Azufral.



Figura 92. Imágenes de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, capturadas el 7 de febrero 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 93. Imágenes de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, capturadas el 17 de febrero de 2014, izquierda: en horas de la mañana, derecha: en horas de la tarde, por la cámara instalada hacia el sector sur, en la fotografía se observa salida de gases de uno de los domos.









Figura 94. Imágenes de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, capturadas el 19 de febrero de 2014 por la cámara instalada hacia el sector sur, en las fotografías se observa salida de gases de uno de los domos.



Figura 95. Imágenes de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, capturadas el 20 de febrero de 2014 en horas de la tarde por la cámara instalada hacia el sector sur, en la fotografía se observa salida de gases de uno de los domos.

3.2.7. Conclusiones





3.3. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN LAS ÁNIMAS

3.3.1. Ubicación Geográfica

El volcán Las Ánimas, con 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 96).



Figura 96. Localización del volcán Las Ánimas (izquierda) e imagen del costado occidental del volcán (derecha).

3.3.2. Red de vigilancia

La red de monitoreo del volcán Las Ánimas está conformada por tres estaciones sísmicas y dos inclinómetros electrónicos localizados en las zonas conocidas como Altamira, Petroglifo y El Troje sobre su costado occidental. Es de resaltar que la estación multiparámetro Altamira (sísmica y de deformación), se encuentra ubicada en los límites de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas (Figura 97, Tabla 28).



SPERIDAD





Figura 97. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante el mes de febrero de 2014.

Tabla 28.	Estaciones	que (conformaro	n la	red	de	vigilancia	de l	a a	actividad	del	volcán	Las	Ánimas	durante	el r	nes	de
febrero 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 64% (Figura 98).



Figura 98. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante febrero de 2014.





3.3.3. Sismología

Durante el mes de febrero de 2014 se registraron 6 sismos tipo VT, tres de los cuales fue posible localizar uno de los cuales se ubica cerca al domo principal hacia su sector sur, los otros dos eventos se ubicaron hacia el sur este del edificio volcánico, los tres eventos se encuentran a una profundidad cercana a 12 k respecto a la cima del volcán y magnitudes entre 0.6 y 0.8 en la escala de Richter (Figura 99).



Figura 99. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Las Ánimas, en el mes de febrero de 2014, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 3 km., de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.

3.3.4. Deformación Volcánica

En este momento, para el monitoreo de los cambios en superficie del volcán Las Ánimas se cuenta con dos inclinómetros electrónicos localizados en las zonas conocidas como Altamira y Petroglifo. La estación multiparámetro Altamira (sísmica y de deformación), se encuentra ubicada en los límites de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas.





El inclinómetro Altamira, en febrero de 2014, continuó con el cambio que se registró a partir del 26 de enero hasta febrero de 2014, acumulando hasta febrero una variación cercana a los 125y 20 µrad, para la componente Este y Norte, respectivamente. (Figura 100).

Respecto al registro del inclinómetro Petroglifo, para el periodo evaluado se observó en la componente Este un ascenso hasta mediados de febrero 2014, acumulando entre septiembre de 2013 y febrero de 2014 unos 25 µrad. La componente Norte, mantiene un comportamiento estable (Figura 101).



Figura 100.Componentes de inclinación Norte, Este y Temperatura del inclinómetro Altamira, instalado en el límite entre los volcanes Doña Juana y Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el septiembre 2013 y febrero de 2014.



Figura 101. Componentes de inclinación Norte (TAN), Este (RAD) y Temperatura del inclinómetro Petroglifo, instalado en el volcán Las Ánimas, para el periodo comprendido entre septiembre y febrero de 2014.





3.3.5. Actividad Superficial

Durante el mes de febrero de 2014 no se tuvieron reportes relacionados con actividad superficial del volcán Las Ánimas.

3.3.6. Conclusiones

La evaluación de la actividad volcánica de Las Ánimas durante el mes de febrero de 2014 permitió establecer el **NIVEL VERDE** (IV): "Volcán activo y comportamiento estable".

3.4. ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO

3.4.1. 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. El acceso es posible realizarlo por dos carreteras principales, una que parte desde Chiles hasta Tiuquer en Colombia, y otra desde Tufiño hasta Maldonado en el Ecuador; el ascenso hasta las partes más altas se efectúa por numerosos caminos utilizados por la gente de la región (Figura 102).



Figura 102. Localización de los volcanes Chiles y Cerro Negro (izquierda) e imágenes de los mismos (derecha).





3.4.2. Red de vigilancia

Gracias a la colaboración de las autoridades y habitantes del Cabildo indígena de Chiles ubicado en el municipio de Cumbal, el grupo del OVSP logró instalar, a comienzos del mes de noviembre de 2013, estaciones telemétricas sísmicas y deformación en los volcanes Chiles y Cerro Negro, con sus correspondientes repetidoras, que permiten recibir las señales en nuestra sede en la ciudad de San Juan de Pasto, y así establecer una línea base y seguimiento de su actividad.

En este momento, la red de monitoreo del volcán Chiles está conformada por dos estaciones sísmicas de banda ancha y dos inclinómetros electrónicos, una de las estaciones ubicada en la cima volcánica en el costado occidental y la otra en el sector denominado El Morro, ubicado al nororiente del volcán. Por su parte, la red de monitoreo del volcán Cerro Negro está conformada por una estación sísmica de banda ancha y un inclinómetro electrónico, ubicada al noroccidente de la parte alta del volcán (Figura 103, Tabla 29).

En el periodo evaluado, las estaciones de la red instalada para el monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro presentó un funcionamiento promedio del 94% (Figura 104).



Figura 103. Estaciones sísmicas y de deformación cortical para los volcanes Chiles y Cerro Negro del lado Colombiano.







 Tabla 29. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante el mes de febrero 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	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	1	WNW	4478
El Morro	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	1,9	NNE	4068
I. El Morro	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	1,9	NNE	4068
Cerro Negro	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	4	WNW	4216
I. Cerro Negro	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	4	WNW	4216



Figura 104. 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 febrero de 2014.

3.4.3. Sismología

La sismicidad registrada en febrero disminuyó considerablemente respecto al mes de enero, pasando de 2437 a 794 sismos (Tabla 30 Figura 105). La sismicidad dominante es del tipo VT, 178 de los cuales fue posible localizar, la mayoría se ubicaron sobre el cuadrante sur-suroccidente del volcán chiles a distancias epicentrales entre 0.5 y 4 km y profundidades de hasta 6 km, una minoría se localizó dispersos sobre el área de influencia de Chiles Cerro Negro a profundidades de hasta 12 km. Las magnitudes locales no superaron los 2.2 en la escala de Richter (Figura 106).

Tabla 30. Número de eventos volcánicos por tipo, para el volcán Chiles, ocurridos entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2014, incluyendo los registros clasificados como Volcánicos y el mes objeto de evaluación, resaltado en color verde.

Periodo	VT	LP	HYB	Total
01-nov-13 a 30-nov-13	7376	0	0	7376
01-dic-13 a 31-dic-13	6976	18	11	7005
01-ene-14 a 31-ene-14	2407	26	4	2437
01-feb-14 a 28-feb-14	784	9	0	793







Figura 105. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Chiles entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.



Figura 106. 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 febrero de 2014, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2.0 Km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.





3.4.4. Deformación Volcánica

La red de deformación en el volcán Chiles está conformada por tres inclinómetros electrónicos: Chiles y el Morro, ubicadas en la cima volcánica en el costado occidental y en el sector denominado El Morro, al nororiente del volcán, respectivamente. Y para el seguimiento de los cambios en deformación, en el volcán Cerro Negro se tiene un inclinómetro electrónico, ubicado al noroccidente de la parte alta del volcán y recibe el mismo nombre.

Respecto a los cambios registrados por las componentes Norte y Este del inclinómetro Chiles, se muestra un comportamiento estable (Figura 107). Las componentes Norte y Este del inclinómetro El Morro muestran un comportamiento ascendente desde el 5 de diciembre de 2013, acumulando hasta finales de febrero de 2014 cerca de 60 µrad y 30µrad , respectivamente (Figura 108).



Figura 107. Componentes de inclinación Norte (TAN), Este (RAD) y Temperatura del inclinómetro Chiles, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre noviembre de 2013 y febrero de 2014.



Figura 108. Componentes de inclinación Norte (TAN), Este (RAD) y Temperatura del inclinómetro El Morro, instalado en el volcán Chiles, para el periodo comprendido entre noviembre de 2013 y febrero de 2014.





En la Figura 109 se presenta el registro del Inclinómetro Cerro Negro, instalado en el volcán del mismo nombre, en el cual se observó un cambio en sus componentes desde el 14 de diciembre de 2013, acumulando hasta febrero de 2014, cerca de 1000 µrad tanto para la componente Este como para la Norte.



Figura 109. Componentes de inclinación Norte (TAN), Este (RAD) y Temperatura del inclinómetro Cerro Negro, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre noviembre de 2013 y febrero de 2014.

3.4.5. Actividad Superficial

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

3.4.6. Conclusiones

Con base en la información disponible del mes de febrero de 2014 se estableció el **NIVEL VERDE (IV): "Volcán activo y comportamiento estable**".