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	Grupo de Trabajo Observatorio
	organizar la información	Vulcanológico y Sismológico de Pasto;
Nombre del responsable		Darío Fernando Arcos Guerrero
Fecha	De publicación/disposición	Jul/2014
	tres primeras letras del mes/año	
Título		INFORME MENSUAL DE ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES GALERAS, CUMBAL, DOÑA JUANA, AZUFRAL, LAS ÁNIMAS, CHILES Y CERRO NEGRO. JUNIO DE 2014.
Edición	Primera versión Actualización conjunto de datos la numeración va del 0.1 al 0.9	0.1
Serie		No aplica
Identificador	En proceso de definición	•
Descripción	Breve descripción del conjunto de datos, se destacan los objetivos, metodologías y productos entregados	Presentación de resultados y análisis de los datos obtenidos del monitoreo continuo a la actividad del volcán Galeras en diferentes aspectos como son el funcionamiento de estaciones, la actividad sísmica, la actividad superficial, las medidas geoquímicas y deformación. Presentación de datos obtenidos de monitoreo continuo de la actividad de los volcanes Doña Juana, Azufral, Cumbal, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro. Se utilizan gráficas, tablas, esquemas, mapas y fotografías que ilustran el trabajo.
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,	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	Junio de 2014.

	datos.	
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. Zona de influencia del Volcán Cumbal. Zona de influencia del Volcán Chiles. Zona de influencia del Volcán Chiles. Zona de influencia del Volcán Cerro Negro.
Código temático		Capas de información.
Restricción de acceso	Limitaciones para acceso al conjunto de datos incluye restricciones que aseguren protección de privacidad o propiedad intelectual o limitaciones en obtención del conjunto de datos.	Derechos de propiedad intelectual. Prohibida su reproducción total o parcial con fines comerciales. Incluye información básica para documentos e investigación.
Muestra gráfica	llustración 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\jun
Calidad de los datos		

Informe general de calidad	Incluve conceptos sobre limitaciones	Se vigila v monitorea las diferentes
	exactitud temática, contenido.	manifestaciones de la actividad volcánica
	normatividad	v sísmica en la zona de influencia del
		Volcán Galeras, y volcanes del
		suroccidente colombiano, para acercarse
		al entendimiento de los diferentes
		fenómenos internos que las producen y a
		un pronóstico de eventos eruptivos.
Distribución		
Distribuidor		
Tipo de producto	Artículo, boletín, fotografía aérea, mapa, imagen satelital, informe técnico	Informe Técnico
Proceso estándar de pedido		
Productos impresos	Identificación que tipo de producto	No aplica.
· · · · ·	impreso. Ej. mapa impreso a color	
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	PDF
	escribe "No disponible"	
Opción de transferencia digital		
Dirección en línea	Dirección electrónica donde se puede	http://www.sgc.gov.co/Pasto/Publicacione
	obtener el conjunto de datos	s/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		Bogota
		Diag. 53 No. 34-53
Ciudad		Bogota, D.C.
Departamento		
leletono		(57+1)2 20 02 00 - 2 20 01 00 - 2 22 18 11
Fox		(57+1) 01-0000-110042
Correo electrónico		alianta@aga gay ag
		cuente@sgc.gov.co



San Juan de Pasto, julio de 2014

República de Colombia MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO







CONTENIDO

Pág.

INTROE	DUCCIÓN	1
RESUM	EN	2
1.	ACTIVIDAD DEL VOLCÁN GALERAS – JUNIO DE 2014	4
1.1.	RED DE VIGILANCIA	4
1.2.	SISMOLOGÍA	11
1.3.	DEFORMACIÓN VOLCÁNICA	20
1.3.1.	Inclinometría Electrónica	20
1.3.2.	Estaciones GNSS Permanentes	24
1.3.3.	Medición Electrónica de Distancias - EDM	28
1.4.	GEOQUÍMICA	28
1.4.1.	Mediciones de Dióxido de Azufre SO ₂	28
1.4.2.	Mediciones del gas Radón – Rn222	31
1.4.3.	Trampa Alcalina	35
1.5.	ELECTROMAGNETISMO	37
1.6.	ACTIVIDAD SUPERFICIAL Y CAMBIOS GEOMORFOLÓGICOS	43
1.7.	CONCLUSIONES	45
2.	ACTIVIDAD DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CUMBAL – JUNIO DE 2014	46
2.1.	RED DE VIGILANCIA	46
2.2.	SISMOLOGÍA	47
2.3.	DEFORMACIÓN VOLCÁNICA	51
2.4.	ACTIVIDAD SUPERFICIAL	54
2.5.	CONCLUSIONES	56
3.	ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO – JUNIO DE 2014	57
3.1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	57
3.2.	RED DE VIGILANCIA	57
3.3.	SISMOLOGÍA	59
3.4.	DEFORMACIÓN VOLCÁNICA	61
3.5.	GEOQUÍMICA – MUESTREO DE GASES DE ORIGEN VOLCÁNICO	64
3.6.	ACTIVIDAD SUPERFICIAL	70
3.7.	CONCLUSIONES	70
4.	ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES LAS ÁNIMAS, DOÑA JUANA Y AZUFRAL – JUNIO DE 2014	71
4.1.	ACTIVIDAD DEL VOLCÁN LAS ÁNIMAS	72
4.1.1.	Ubicación Geográfica	72
4.1.2.	Red de vigilancia	72
4.1.3.	Sismología	74
4.1.4.	Deformación Volcánica	75
4.1.5.	Actividad Superficial	77
4.1.6.	Conclusiones	77
4.2.	ACTIVIDAD DEL VOLCÁN DOÑA JUANA	77
4.2.1.	Red de vigilancia	77
4.2.2.	Sismología	79
4.2.3.	Deformación Volcánica	79
4.2.4.	Actividad Superficial	80
4.2.5.	Conclusiones	81
4.3.	ACTIVIDAD DEL VOLCÁN AZUFRAL	81





4.3.1.	Red de vigilancia	81
4.3.2.	Sismología	84
4.3.3.	Deformación Volcánica	85
4.3.3.1.	Inclinometría Electrónica	85
4.3.3.2.	Medición Electrónica de Distancias – E.D.M.	86
4.3.4.	Geoquímica	87
4.3.4.1.	Muestreo de gases de origen volcánico en Azufral	87
4.3.4.2.	Muestreo de aguas en fuentes termales del Volcán Azufral	89
4.3.5.	Actividad Superficial y Cambios Geomorfológicos	95
4.3.6.	Conclusiones	97

TABLAS

Pág.

Tabla 1.	Estaciones sísmicas y acústicas que conformaron las redes del volcán Galeras durante el mes de junio de 2014.	5
Tabla 2.	Inclinómetros electrónicos telemétricos que conformaron la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras durante el mes de junio 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 junio de 2014.	6
Tabla 4.	Estaciones que conforman la red de instrumentos ScanDOAS del proyecto NOVAC en el volcán Galeras.	8
Tabla 5.	Estaciones que monitorean las variaciones del campo eléctrico y magnético ocasionadas por la actividad del volcán Galeras.	8
Tabla 6.	Estaciones para el monitoreo de gas Radón instaladas sobre la vía de acceso a Galeras (Línea Galeras).	9
Tabla 7.	Estaciones instaladas por el sector de Barranco (Línea Barranco) para el monitoreo de gas Radón en el volcán Galeras.	9
Tabla 8.	Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Galeras, entre el 1 de marzo y el 30 de junio de 2014, incluyendo el mes objeto de evaluación, resaltado en color azul.	11
Tabla 9.	Energía liberada de ondas de cuerpo por los diferentes tipos de eventos volcánicos, ocurridos en Galeras, entre el 1 de marzo y el 30 de junio de 2014, tomando periodos mensuales, incluyendo el mes objeto de evaluación, resaltado en color azul.	13
Tabla 10.	Emisiones de SO ₂ del volcán Galeras (cuantificadas en términos de flujo de emisión) registradas durante el mes de abril de 2014, por las estaciones ScanDOAS y MobileDOAS (Proyecto NOVAC).	30
Tabla 11.	Flujo del gas Radón (Rn-222) en suelo (Línea Galeras) – junio de 2014.	33
Tabla 12.	Flujo del gas Radón (Rn-222) en suelo (Línea Barranco) – junio de 2014.	34
Tabla 13.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del complejo volcánico Cumbal durante el mes de junio de 2014.	47
Tabla 14.	Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Cumbal, entre el 1 de marzo y el 30 de junio de 2014, incluyendo los registros clasificados como volcánicos, se resalta en color azul el mes objeto de evaluación.	48
Tabla 15.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante el mes de junio de 2014.	58
Tabla 16.	Número de eventos volcánicos por tipo, para el volcán Chiles, ocurridos entre el 1 de marzo y el 30 de junio de 2014, el mes objeto de evaluación, resaltado en color azul.	59







Tabla 17.	Ubicación geográfica (WGS84) de las fuentes termales del área de influencia del volcán Chiles.	64
Tabla 18.	Datos fisicoquímicos Fuente de agua Lagunas Verdes - junio 2014.	70
Tabla 19.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Las Ánimas durante el mes de junio de 2014.	73
Tabla 20.	Número de eventos volcánicos por tipo, para el volcán Las Ánimas, ocurridos entre el 1 de marzo y el 30 de junio de 2014, incluyendo los registros clasificados como Volcánicos y el mes objeto de evaluación, resaltado en color azul.	74
Tabla 21.	Estaciones que conforman la red de vigilancia del volcán Doña Juana.	78
Tabla 22.	Estaciones instaladas en el volcán Azufral.	82
Tabla 23.	Número de eventos volcánicos por tipo, para el volcán Azufral, ocurridos entre el 1 de marzo y el 30 de junio de 2014, incluyendo los registros clasificados como Volcánicos y el mes objeto de evaluación, resaltado en color azul.	84
Tabla 24.	Variación de temperaturas en Domo Mallama del volcán Azufral.	88
Tabla 25.	Ubicación geográfica (WGS84) fuentes termales del área de influencia del volcán Azufral.	90

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 junio 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 junio 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 junio de 2014.	8
Figura 5	Mapa de localización de las estaciones instaladas en Galeras para el monitoreo de gas Radón.	9
Figura 6	Localización de los puntos materializados para mediciones EDM en el volcán Galeras. Los triángulos de color naranja indican la ubicación de las Bases de medición 1, 2, 3, 4 y 5, los círculos de color verde indican la ubicación de los prismas reflectores.	10
Figura 7	Histograma del porcentaje de funcionamiento durante el mes de junio de 2014, de las estaciones telemétricas que conformaron las redes de monitoreo telemétrico del volcán Galeras.	10
Figura 8	Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Galeras, entre el 1 de marzo y el 30 de junio de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.	12
Figura 9	Relación porcentual para Galeras, que compara el número de eventos por tipo ocurridos durante el mes de junio de 2014, con respecto al mes de mayo de 2014.	12
Figura 10	Relación porcentual para Galeras, que compara el número de eventos por tipo ocurridos entre el 1 de marzo y el 30 de junio de 2014, tomando periodos mensuales.	13
Figura 11	Energía diaria liberada por los eventos volcánicos ocurridos en Galeras entre el 1 de marzo y el 30 de junio de 2014. La ordenada se muestra en términos de la raíz cuadrada del valor de la energía en ergios.	14







Figura 12	Relación porcentual para Galeras, que compara la energía diaria liberada de eventos por tipo ocurridos durante el mes de junio de 2014, con respecto al mes de mayo de 2014.	14
Figura 13	Relación porcentual de la energía sísmica liberada por los eventos de Galeras, registrados entre el 1 de marzo y el 30 de junio de 2014, tomando periodos mensuales.	15
Figura 14	Sismograma de la estación sísmica Anganoy ANGV, resaltando el enjambre sísmico ocurrido el 1 de junio de 2014, entre las 11:30 a.m. y las 4:59 p.m. con un total de 227 eventos.	16
Figura 15	Sismograma de la estación sísmica Anganoy ANGV, resaltando el enjambre sísmico ocurrido entre las 3:00 p.m. del 30 de junio y las 3:00 a.m. del 1 de julio de 2014, con un total de 197 eventos.	17
Figura 16	Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y el 30 de junio de 2014. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2 km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4200 msnm).	18
Figura 17	Localización epicentral e hipocentral de sismos VT reportados como sentidos para Galeras en el mes de junio de 2014.	19
Figura 18	Relaciones porcentuales por rangos de magnitud local (izquierda) y por rangos de profundidad (derecha) para los sismos localizados durante el mes de junio de 2014.	19
Figura 19	Componentes de inclinación Norte y Este (µrad) del inclinómetro Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de agosto de 2013 y el 30 de junio de 2014.	20
Figura 20	Componentes de inclinación Radial y Tangencial (µrad), temperatura y voltaje del inclinómetro Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 30 de junio de 2014.	21
Figura 21	Componentes de inclinación Radial y Tangencial (µrad), temperatura y voltaje del inclinómetro Cráter, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 30 de junio de 2014.	21
Figura 22	Componentes de inclinación Norte y Este (µrad), temperatura y voltaje del inclinómetro Cobanegra, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 30 de junio de 2014.	22
Figura 23	Componentes de inclinación Norte y Este (µrad), temperatura y voltaje del inclinómetro Arlés, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 30 de junio de 2014.	22
Figura 24	Componentes de inclinación Norte y Este (µrad), temperatura y voltaje del inclinómetro Urcunina, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 30 de junio de 2014.	23
Figura 25	Componentes de inclinación Norte y Este (µrad), temperatura y voltaje del inclinómetro Cóndor, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 30 de junio de 2014.	23
Figura 26	Componentes de inclinación Radial y Tangencial (µrad), temperatura y voltaje del inclinómetro Huairatola, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 30 de junio de 2014.	24
Figura 27	Ubicación de las estaciones GNSS instaladas en Galeras respecto al GNSS QUIL ubicado en el aeropuerto Antonio Nariño.	25
Figura 28	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cráter instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre diciembre de 2013 y el 30 de junio de 2014.	25
Figura 29	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cóndor instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre diciembre de 2013 y el 30 de junio de 2014.	26
Figura 30	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS San Cayetano instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre diciembre de 2013 y el 30 de junio de 2014.	26





Figura 31	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Barranco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre diciembre de 2013 y el 30 de junio de 2014.	27
Figura 32	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Chiguaco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre mayo y junio de 2014.	27
Figura 33	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Ingenio instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre mayo y junio de 2014.	28
Figura 34	Flujo de emisión de SO ₂ registrado desde el 1 de enero hasta el 30 de junio de 2014, por los instrumentos ScanDOAS y MobileDOAS en Galeras. Se resalta en gris el mes evaluado.	29
Figura 35	Flujo de emisión de SO ₂ , dirección y velocidad del viento para el mes de junio de 2014.	30
Figura 36	Velocidad y dirección del viento para el mes de junio de 2014.	30
Figura 37	Concentraciones de gas radón en las estaciones ubicadas en la línea Barranco del Volcán Galeras en el periodo abril – junio de 2014.	31
Figura 38	Concentraciones de gas radón en las estaciones ubicadas en la línea Galeras, del Volcán Galeras en el periodo abril – junio de 2014.	32
Figura 39	Flujo de SO ₂ , eventos sísmico tipo VT y el flujo de radón noviembre 2013 - junio 2014.	35
Figura 40	Mapa de localización de las estaciones trampa alcalina en el volcán Galeras.	36
Figura 41	Toma de muestras - estaciones Trampa Alcalina-Cima volcán Galeras.	37
Figura 42	Localización de las estaciones campo magnético y eléctrico, y de los puntos de potencial espontáneo que conforman la red de vigilancia del volcán Galeras.	37
Figura 43	Comportamiento de las variaciones periódicas de SP, en las estaciones La Y (componente NS-roja, componente EW-azul) y Peladitos (componente NS-verde, componente EW-amarilla).	38
Figura 44	Comportamiento de las variaciones periódicas de SP, en las estaciones La Urcunina (componente NS-verde, componente EW-amarilla) y, Lavas (componente NS-azul, componente EW-roja).	38
Figura 45	Comportamiento del monitoreo continuo de las variaciones SP en la estación de Frailejón. La línea azul corresponde a la componente NS y la roja a la componente EW.	39
Figura 46	Comportamiento del monitoreo continuo de las variaciones SP en la estación de Barranco. La línea azul corresponde a la componente NS y la roja a la componente EW.	39
Figura 47	Variaciones de campo magnético en la estación de monitoreo continuo de Frailejón. La línea azul corresponde a la componente vertical, la roja a la NS y la verde a la EW.	40
Figura 48	Variaciones de campo magnético en la estación de monitoreo continuo de Barranco. La línea azul corresponde a la componente vertical, la roja a la NS y la verde a la EW.	41
Figura 49	Variaciones de campo magnético en la estación de monitoreo continuo de Cráter. La línea azul corresponde a la componente vertical, la roja a la NS y la verde a la EW.	42
Figura 50	Imágenes de las emisiones de gases del volcán Galeras, capturadas el 4 y 9 de junio de 2014 desde la cámara de Barranco, al noroccidente del edifico volcánico.	43
Figura 51	Imágenes de las emisiones de gases del volcán Galeras, capturadas el 12 y 13 de junio de 2014 desde la cámara de Barranco, al noroccidente del edifico volcánico.	43
Figura 52	Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas en horas de la tarde hacia las 4:30 p.m. el 27 de junio de 2014 desde Barranco y Bruma, al noroccidente y suroccidente del edifico volcánico.	44
Figura 53	Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 28 de junio, en horas de la tarde, capturada desde la cámara ubicada en el sector de Barranco, al noroccidente del edificio volcánico.	44
Figura 54	Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas en horas de la tarde el 29 de junio de 2014 desde Barranco y Bruma, al noroccidente y suroccidente del edifico volcánico.	44
Figura 55	Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 30 de junio, hacia las 6 de la mañana, capturada desde la cámara ubicada en el sector de Barranco, al noroccidente del edificio volcánico.	45







Figura 56	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de vigilancia del complejo volcánico Cumbal, durante el mes de junio de 2014.	46
Figura 57	Porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico Cumbal durante el mes de junio de 2014.	47
Figura 58	Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Cumbal, entre el 1 de marzo y el 30 de junio de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.	48
Figura 59	Relación porcentual para Cumbal, que compara el número de eventos volcánicos por tipo ocurridos durante el mes de junio de 2014, con respecto al mes de mayo de 2014.	49
Figura 60	Relación porcentual para Cumbal, que compara el número de eventos por tipo ocurridos entre el 1 de marzo y el 30 de junio de 2014, tomando periodos mensuales.	49
Figura 61	Sismogramas y espectros en frecuencia del sismo tipo TOR, ocurrido en Cumbal, el 3 de junio de 2014 a las 3:12 p.m., registrando 67 segundos de duración.	50
Figura 62	Frecuencias mostradas por los eventos tipo TOR registrados por la estación sismológica La Mesa, instalada en el complejo volcánico de Cumbal, entre el 1 de enero de 2013 y el 30 de junio de 2014, resaltando el evento registrado en el mes de junio de 2014.	50
Figura 63	Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y el 30 de junio 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).	51
Figura 64	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura y voltaje del inclinómetro La Mesa, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2014.	52
Figura 65	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura y voltaje del inclinómetro Limones, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2014.	52
Figura 66	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura y voltaje del inclinómetro La Nieve, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2014.	53
Figura 67	Componentes de inclinación Norte, Este, temperatura y voltaje del inclinómetro Punta Vieja, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2014.	53
Figura 68	Imagen del Complejo Volcánico Cumbal, capturada desde el municipio de Cumbal, el 9 de junio de 2014, en horas de la mañana, en la fotografía se observa emisión de gases desde el campo fumarólico El Verde.	54
Figura 69	Imágenes del Complejo Volcánico Cumbal, capturadas desde el municipio de Cumbal, el 30 de junio de 2014, en las fotografías se observa emisión de gases desde el campo fumarólico El Verde.	55
Figura 70	Localización de los volcanes Chiles y Cerro Negro (izquierda) e imágenes de los mismos (derecha).	57
Figura 71	Estaciones sísmicas y de deformación cortical para los volcanes Chiles y Cerro Negro del lado Colombiano.	58
Figura 72	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante el mes de junio de 2014.	59
Figura 73	Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Chiles entre el 1 de marzo y el 30 de junio de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.	60







Figura 74	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 junio de 2014, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.	60
Figura 75	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura y voltaje del inclinómetro Chiles, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 6 de noviembre de 2013 y el 30 de junio de 2014.	61
Figura 76	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura y voltaje del inclinómetro El Morro, instalado en el volcán Chiles, para el periodo comprendido entre el 6 de noviembre de 2013 y el 30 de junio de 2014.	62
Figura 77	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura y voltaje del inclinómetro Cerro Negro, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 16 de diciembre de 2013 y el 30 de junio de 2014.	63
Figura 78	Orientación y magnitud del vector resultante, teniendo en cuenta las variaciones mostradas por las componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Cerro Negro.	63
Figura 79	Mapa de localización de las fuentes termales perteneciente a la zona de influencia de los Volcanes Chiles y Cerro Negro.	64
Figura 80	Potencial de hidrógeno de las FT Volcán Chiles - junio 2014.	66
Figura 81	Imagen térmica FT Baño Grande-Volcán Chiles - Junio 2014.	66
Figura 82	Imagen térmica FT Aguas Hediondas -Volcán Chiles - Junio 2014.	67
Figura 83	Imagen térmica Fuente de aguas sector Lagunas Verdes -Volcán Chiles - Junio 2014.	67
Figura 84	Imagen térmica FT Río Blanco -Volcán Chiles -Junio 2014.	67
Figura 85	Variación de temperatura en las FT de Volcán Chiles - Junio 2014.	68
Figura 86	Variación del pH en las FT de Volcán Chiles – junio 2014.	69
Figura 87	Variación de la conductividad eléctrica en las FT de Volcán Chiles - junio 2014.	69
Figura 88	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.	71
Figura 89	Localización del volcán Las Ánimas (izquierda) e imagen del costado occidental del volcán (derecha).	72
Figura 90	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante el mes de junio de 2014.	73
Figura 91	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante junio de 2014.	74
Figura 92	Localización epicentral e hipocentral del sismo de fractura registrado por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Las Ánimas, en el mes de junio 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.	75
Figura 93	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura y voltaje del inclinómetro Petroglifo, instalado en el volcán Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2014.	76
Figura 94	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura y voltaje del inclinómetro Altamira, instalado en el límite entre los volcanes Doña Juana y Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2014.	76
Figura 95	Orientación y magnitud de los vectores resultantes calculados teniendo en cuenta las variaciones registradas por las componentes de los sensores de Inclinometría electrónica.	77
Figura 96	Mapa de localización de las estaciones que conforman la red de monitoreo del volcán Doña Juana.	78







Figura 97	Histograma del porcentaje de funcionamiento durante el mes de junio de 2014, de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Doña Juana.	79
Figura 98	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura y voltaje del inclinómetro Florida, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2014.	80
Figura 99	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura y voltaje del inclinómetro Lavas, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2014.	80
Figura 100	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de junio de 2014.	82
Figura 101	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.	83
Figura 102	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de junio de 2014.	83
Figura 103	Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Azufral entre el 1 de marzo y el 30 de junio de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.	84
Figura 104	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 junio 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.	85
Figura 105	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura y voltaje del inclinómetro Chaitán, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2014.	86
Figura 106	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura y voltaje del inclinómetro La Roca, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2014.	86
Figura 107	Medición de parámetros en gases por los métodos (izquierda a derecha) trampa alcalina, estación telemétrica de temperatura, toma de datos de temperatura (Termómetro digital con termocupla) y muestreo de gases condensables Giggenbach. Domo Mallama Volcán Azufral-Junio 2014.	87
Figura 108	Mapa de localización del campo fumarólico Domo Mallama perteneciente a la zona de influencia del Volcán Azufral.	87
Figura 109	Variación de temperatura campo fumarólico Domo Mallama perteneciente a la zona de influencia del Volcán Azufral. Mayo - Junio 2014.	88
Figura 110	Registro de temperatura campo fumarólico Domo Mallama perteneciente a la zona de influencia del Volcán Azufral. Junio 2014.	89
Figura 111	Mapa de localización de las fuentes termales perteneciente a la zona de influencia del Volcán Azufral.	89
Figura 112	Potencial de hidrógeno de las FT Volcán Azufral junio 2014.	92
Figura 113	Variación del pH en las FT de Volcán Azufral – Junio 2014.	92
Figura 114	Variación de la temperatura en las FT de Volcán Azufral - Junio 2014.	93
Figura 115	Variación en la concentración de bicarbonato en las FT de Volcán Azufral - Junio 2014.	93
Figura 116	Variación de la conductividad eléctrica en las FT de Volcán Azufral - Junio 2014.	94
Figura 117	Imagen FT LV N° 1 - Volcán Azufral - Junio 2014.	94
Figura 118	Imagen LV N° 3 - Volcán Azufral - Junio 2014.	95







Figura 119	Imagen de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, capturada el 3 de junio de 2014 a las 3:12 de la tarde por la cámara instalada hacia el sector sur, en la fotografía se observa salida de gases de uno de los domos.	95
Figura 120	Imagen de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, capturada el 14 de junio de 2014 a las 6:42 de la tarde por la cámara instalada hacia el sector sur, en la fotografía se observa salida de gases de uno de los domos.	96
Figura 121	Imagen de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, capturada el 28 de junio de 2014 a las 12:32 de la tarde por la cámara instalada hacia el sector sur, en la fotografía se observa salida de gases de uno de los domos.	96







INTRODUCCIÓN

A lo largo del mes de junio de 2014, el Servicio Geológico Colombiano - Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto, continuó con la tarea institucional de vigilar la actividad de los volcanes Galeras, Cumbal, Azufral, Doña Juana, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro. Se toman datos en forma continua durante las 24 horas del día de los diferentes parámetros de estudio que permiten la evaluación de la actividad volcánica y se realizaron muestreos periódicos de otros parámetros geofísicos y geoquímicos, de importancia para la evaluación de la actividad.

El estado y características de un volcán pueden variar a través del tiempo y es por ello que surge el monitoreo volcánico, el cual consiste en la vigilancia y estudio de los cambios ocurridos en diferentes fases del estado de actividad de un volcán, mediante la aplicación de una serie de disciplinas y técnicas. Los cambios observados son el reflejo de los procesos al interior del sistema volcánico, y pueden ser provocados, entre otras causas, por movimiento de magma, cambios en el estado de esfuerzos de la corteza o, por variaciones de presión interna, que normalmente se producen como consecuencia de la intrusión de material desde niveles más profundos a reservorios más someros y/o a la variación del contenido de volátiles y/o gases en estos reservorios.

En este informe técnico se resaltan principalmente los resultados obtenidos en junio de 2014, en las diferentes áreas de monitoreo, mediante el procesamiento primario de los datos instrumentales y apreciables de la actividad volcánica y así acercarse al entendimiento de los diferentes fenómenos internos que las producen y a un posible pronóstico de eventos eruptivos. El nivel de actividad de un volcán, es el resultado de la combinación de varios factores, tanto mesurables, como los apreciables de la actividad volcánica superficial, los cuales pueden variar en intensidad, duración y frecuencia.







RESUMEN

En el mes de junio de 2014, la actividad sísmica de Galeras fue dominada por eventos relacionados con fracturamiento de roca y posterior movimiento de fluidos (Híbridos - HYB). En comparación con el mes anterior, para este periodo se observó un incremento en ocurrencia total de sismicidad y de igual forma un notable incremento en la energía liberada, reflejado principalmente en los sismos clasificados como VT. Los eventos no clasificables (sismos que no alcanzan el umbral de amplitud y duración para su clasificación en una estación de referencia) mostraron descenso cercano al 26.3%.

La gran mayoría de sismicidad de fractura (sismos Volcano-tectónicos, VT) se concentraron en dos fuentes sísmicas, unos ubicados muy próximos al cráter y otros hacia el sector nororiental del edificio volcánico, con magnitudes entre -0.2 y 2.7 en la escala de Richter, el 73% de los eventos presentaron magnitudes menores de 1. Se resaltan tres sismos reportados como sentidos por habitantes ubicados hacia el sector norte del Municipio de Pasto, dos ocurridos el 12 de junio, y el del 24 de junio.

Teniendo en cuenta el registro de los sensores utilizados para el monitoreo de la deformación del edificio volcánico, la mayoría de éstos muestran estabilidad en sus componentes.

En el transcurso del periodo evaluado se obtuvieron 8 mediciones de emisiones de Dióxido de Azufre (SO₂) a la atmósfera, con valores en el rango entre bajos y altos para Galeras. El valor máximo de flujo de SO₂ del periodo evaluado, fue de 1121 Tn/día, registrado el 9 de junio de 2014.

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

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

De acuerdo al monitoreo sísmico registrado por las estaciones instaladas en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo evaluado se observó que la mayor parte de eventos se asocian con procesos de movimiento de fluidos al interior del edificio volcánico. En relación con el mes anterior, se observó un descenso en la ocurrencia de la sismicidad. En este mes se registró un evento de Largo Periodo tipo Tornillo, (TOR), asociados con movimiento de fluidos, donde las características físicas y geometría de la cavidad propician una gran duración con un contenido frecuencial monocromático, cuya frecuencia dominante fue de 2.4 Hz.

La mayor parte de la sismicidad de fractura localizada se ubicó en inmediaciones de los cráteres Mundo Nuevo (al sur) y La Plazuela (al norte), con magnitudes entre -0.5 y 1.4 en la escala de Richter.

Para los días 9 y 30 de junio, fue posible observar emisiones de gases de color blanco, cuyos focos principales continúan siendo los campos fumarólicos El Verde y Rastrojo.





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

Haciendo referencia a los volcanes Chiles y Cerro Negro, se observó un descenso tanto en ocurrencia, como en energía liberada, el número de sismos fue 3.8 veces menor a lo presentado en el mes anterior, la mayoría de los eventos localizados se ubicaron principalmente hacia el sector suroccidente del edificio volcánico, con magnitudes entre 0 y 3.6 en la escala de Richter. Ningún evento fue reportado como sentido.

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

La evaluación del proceso volcánico durante el mes de junio de 2014 permitió, que la actividad en la región de los volcanes Chiles y Cerro Negro permaneciera en **NIVEL AMARILLO** (III): "Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica".

Con respecto al volcán Las Ánimas, para el periodo evaluado se registró un sismo asociado a fracturamiento de la roca, con una magnitud local de 1.8 en la escala de Richter. Se observó un comportamiento ascendente en las componentes Norte y Este del inclinómetro Petroglifo y, estabilidad en Altamira.

En cuanto a la actividad del volcán Doña Juana, no se tuvo el registro de sismos asociados con la actividad volcánica.

En relación al volcán Azufral, predominaron los sismos clasificados como VT, y en comparación con el mes anterior, la sismicidad del volcán presento un ligero descenso en ocurrencia, totalizando 5 eventos. De esta sismicidad se localizaron dos eventos con magnitudes de 1.3 y 2.4 en la escala de Richter.

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

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





1. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN GALERAS – JUNIO DE 2014

1.1. RED DE VIGILANCIA

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

- Catorce estaciones sísmicas telemétricas: ocho de corto periodo (cinco triaxiales y tres de componente vertical) y seis de banda ancha triaxiales (Figura 1, Tabla 1).
- Tres sensores de presión acústicos, uno ubicado en el sector occidental, en el sitio de la estación sísmica de corto periodo Calabozo, otro ubicado en el sitio de la estación sísmica de banda ancha Cráter-2 y el último ubicado en el sitio de la estación sísmica Cóndor (Figura 1, Tabla 1).
- Ocho inclinómetros electrónicos con transmisión telemétrica (Figuras 2 y 3, Tabla 2).
- Seis estaciones GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite) telemétricas, ubicadas alrededor del cono activo (Figura 2, Tabla 3).
- Tres estaciones con transmisión telemétrica para la detección de emisiones de dióxido de azufre (SO₂), localizadas en el cuadrante noroccidental del edificio volcánico (Figura 4, Tabla 4).
- Tres sistemas de medición de variación del campo Magnético, Cráter, Frailejón y Barranco. Adicionalmente, las estaciones EM-Frailejón y EM-Barranco cuentan con sistemas de medición de variación de campo eléctrico (Figura 4, Tabla 5).
- Cuatro cámaras de video permanentes para observación y seguimiento de la actividad superficial, una instalada en la sede del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto, otra en el municipio de Consacá, otra instalada en el flanco norte de la cima de Galeras, en el sitio denominado Barranco Alto y la última Bruma, hacia el sector suroccidental del cono (Figura 4).
- Dos estaciones para monitoreo constante de flujos de lodos, con transmisión telemétrica, compuestas por un geófono y un pluviómetro, instaladas en la cuenca del 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 del volcán y la segunda hacia el sector norte del volcán (Tablas 6 y 7, Figura 5).

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





En el periodo evaluado, se realizaron mantenimientos preventivos y correctivos a las estaciones que conforman las redes de monitoreo volcánico de Galeras; adicionalmente, se hicieron mantenimientos en las repetidoras y equipos de recepción en la sede del Observatorio. La operatividad de la red instrumental de Galeras fue cercana al 90%. En la Figura 7 se muestra el histograma de porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo telemétrico durante el mes de junio de 2014.

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

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

 Tabla 2.
 Inclinómetros electrónicos telemétricos que conformaron la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras durante el mes de junio de 2014.

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





Tabla 3. Estaciones GNSS permanentes telemétricas que forman parte de la red de vigilancia en deformación del volcán

 Galeras durante el mes de junio de 2014.

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



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







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



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





	•					
Estación	Distancia al cráter (km)	angulo del scan (°)	Altura de referencia de la pluma* (m)	Dirección compás (° azimut)	Ubicación respecto al cráter	Altitud (msnm)
Santa Bárbara	7.9	60	1600	131	NNW	2600
Alto Jiménez	10.8	90	1800	295	NW	2400
Alto Tinajillas	13.3	60	2100	94	W	2100

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 junio de 2014.







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

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

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

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



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







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



Figura 7. Histograma del porcentaje de funcionamiento durante el mes de junio de 2014, de las estaciones telemétricas que conformaron las redes de monitoreo telemétrico del volcán Galeras.





1.2. SISMOLOGÍA

Durante el periodo evaluado, se observaron cambios en el comportamiento de la actividad de Galeras, principalmente relacionados con la ocurrencia y energía liberada de eventos sísmicos. La actividad sísmica dominante, estuvo asociada con eventos que involucran fracturamiento de roca y posterior movimiento de fluidos al interior de los conductos volcánicos (HYB), seguidos por sismos relacionados con fracturamiento de roca (VT) y en menor cuantía por eventos tipo LPS, los cuales involucran movimiento de fluido de fuente transitoria (Tabla 8, Figura 8).

En términos generales, se observó un incremento en la ocurrencia diaria de eventos sísmicos clasificables con respecto al mes anterior, cercano al 32% (Tabla 8); resaltando para el periodo evaluado un incremento principalmente de los eventos tipo VT (Tabla 8, Figura 9). De igual forma, en cuanto a los sismos registrados no clasificables, se observó un descenso, que en comparación con el mes de mayo de 2014, es del 26.3% (Tabla 8).

En total se registraron 25 eventos tipo Tremor espasmódico clasificables, la duración por evento fluctuó entre 1 y 5 minutos y se totalizó una duración aproximada de 46 minutos.

En la Figura 10 se muestra una comparación en términos porcentuales de ocurrencia de la sismicidad registrada entre los meses de marzo y junio de 2014, esta información permite corroborar de manera porcentual las fluctuaciones de la misma. Se observa el cambio de actividad sísmica dominante, ya que en los últimos periodos ha sido la relacionada a movimiento de fluidos de fuente persistente en el tiempo y ahora, la asociada a fracturamiento de roca.

Poriodo Evoluado	Número de eventos por tipo						
Fenouo Evaluado	vt	lps	tre	hyb	TOTAL	NO CLASIFICABLES	
01-mar-14 a 31-mar-14	27	1	41	3	72	2185	
01-abr-14 a 30-abr-14	8	5	41	7	61	1051	
01-may-14 a 31-may-14	11	10	49	21	91	2418	
01-jun-14 a 30-jun-14	38	20	25	40	123	1783	

Tabla 8. Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Galeras, entre el 1 de marzo y el 30 de junio de 2014, incluyendo el mes objeto de evaluación, resaltado en color azul.









Figura 8. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Galeras, entre el 1 de marzo y el 30 de junio de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.



Figura 9. Relación porcentual para Galeras, que compara el número de eventos por tipo ocurridos durante el mes de junio de 2014, con respecto al mes de mayo de 2014.









Figura 10. Relación porcentual para Galeras, que compara el número de eventos por tipo ocurridos entre el 1 de marzo y el 30 de junio de 2014, tomando periodos mensuales.

En cuanto al total de liberación diaria de energía para el mes de junio, con respecto al mes anterior, se observó un marcado incremento cercano a 589 veces lo registrado el mes pasado, reflejado principalmente en los eventos clasificados como VT (Tabla 9, Figuras 11 y 12). El mayor aporte energético provino de los eventos tipo VT (Tabla 9, Figura 13) el cual corresponde casi al 100%.

Tabla 9. Energía liberada de ondas de cuerpo por los diferentes tipos de eventos volcánicos, ocurridos en Galeras, entre el 1 de marzo y el 30 de junio de 2014, tomando periodos mensuales, incluyendo el mes objeto de evaluación, resaltado en color azul.

Poriodo Evaluado	Energía liberada por tipo de evento [ergios]						
Fellouo Evaluauo	VT	LPS	TRE	HYB	TOTAL		
01-mar-14 a 31-mar-14	4.74E+11	2.28E+09	1.17E+11	1.11E+10	6.04E+11		
01-abr-14 a 30-abr-14	2.88E+12	1.19E+10	1.76E+12	1.64E+10	4.67E+12		
01-may-14 a 31-may-14	3.43E+10	4.23E+10	1.63E+11	1.34E+11	3.74E+11		
01-jun-14 a 30-jun-14	2.19E+14	1.85E+11	1.26E+11	7.24E+11	2.20E+14		







Figura 11. Energía diaria liberada por los eventos volcánicos ocurridos en Galeras entre el 1 de marzo y el 30 de junio de 2014. La ordenada se muestra en términos de la raíz cuadrada del valor de la energía en ergios.



Figura 12. Relación porcentual para Galeras, que compara la energía diaria liberada de eventos por tipo ocurridos durante el mes de junio de 2014, con respecto al mes de mayo de 2014.









Figura 13. Relación porcentual de la energía sísmica liberada por los eventos de Galeras, registrados entre el 1 de marzo y el 30 de junio de 2014, tomando periodos mensuales.

De la actividad sísmica se resalta el registro de varios enjambres de eventos (varios eventos en lapsos de tiempo cortos), entre los cuales se tienen los ocurridos el 1 de junio, entre las 11:30 a.m. y las 4:59 p.m. con un total de 227 eventos no clasificables, el 24 de junio, entre las 9:05 p.m. y las 11:42 p.m. con un total de 65 sismos, el 25 de junio, entre las 10:00 p.m. y las 7:00 a.m. del 26 de junio, con un total de 64 eventos y el 30 de junio, entre las 3:00 p.m. y las 3:00 a.m. del 1 de julio de 2014 con un total de 197 eventos. Las Figuras 14 y 15 corresponden a los sismogramas de la estación Anganoy, resaltando los enjambres presentados.









Figura 14. Sismograma de la estación sísmica Anganoy ANGV, resaltando el enjambre sísmico ocurrido el 1 de junio de 2014, entre las 11:30 a.m. y las 4:59 p.m. con un total de 227 eventos.







Figura 15. Sismograma de la estación sísmica Anganoy ANGV, resaltando el enjambre sísmico ocurrido entre las 3:00 p.m., del 30 de junio y las 3:00 a.m. del 1 de julio de 2014, con un total de 197 eventos.

En cuanto a la sismicidad cuya génesis es el fracturamiento de material cortical al interior del edificio volcánico, eventos VT e HYB, en el transcurso del mes y haciendo uso del programa HYPO71, fue posible localizar 89 sismos entre clasificables y no clasificables, la mayoría se concentraron en dos fuentes sísmicas, unos ubicados muy próximos al cráter y otros hacia el sector nororiental del edificio volcánico (Figura 16). Las distancias epicentrales fluctuaron entre 0.3 y 16 km y profundidades entre 0.5 y 12 km respecto a la cima (Figura 16).

Las magnitudes locales de estos sismos fluctuaron entre -0.2 y 2.7 en la escala de Richter, cerca del 73% de los eventos tuvieron magnitudes menores a 1 en la escala de Richter. Se resalta que tres de estos eventos fueron reportados como sentidos por habitantes al Norte de la ciudad de Pasto y en los sectores de Mapachico y Jamondino, estos eventos tuvieron magnitudes entre 2.2 y 2.7 en la escala de Richter y se registraron, dos el 12 de junio (6:08 a.m. ML de 2.4, 11:20 p.m. ML de 2.2) y





el otro el 24 de junio de 2014 (4:43 p.m. ML de 2.7). En la Figura 17 se muestra la ubicación de los tres eventos.

En las Figuras 16 y 18, se muestran algunos parámetros de los sismos VT e HYB, como localizaciones y porcentajes de profundidad y magnitud local.



Figura 16. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y el 30 de junio de 2014. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2 km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4200 msnm).







Figura 17. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT reportados como sentidos para Galeras en el mes de junio de 2014.



Figura 18. Relaciones porcentuales por rangos de magnitud local (izquierda) y por rangos de profundidad (derecha) para los sismos localizados durante el mes de junio de 2014.





1.3. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA

1.3.1. Inclinometría Electrónica

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

En cuanto a la información suministrada por los inclinómetros electrónicos sobre los procesos deformativos del edificio volcánico, se resalta que la componente Este del inclinómetro Calabozo (localizado a 6.8 km al oeste-suroeste del cráter principal, 2350 m.s.n.m.), mostró hasta el 21 de junio el comportamiento ascendente, el cual desde el pasado 28 de septiembre de 2013 hasta el 21 de junio registró una variación de 60 µrad, mientras que su componente Norte presentó estabilidad en el periodo evaluado (Figura 19).

De igual forma se muestran los cambios presentados en el inclinómetro Peladitos, principalmente el descenso en la componente Tangencial entre el 28 de mayo y el 20 de junio, acumulando cerca de 15 µrad, mientras que en la componente Radial se observó un pequeño ascenso de 4 µrad, entre el 12 y el 20 de junio de 2014 (Figura 20).

Los inclinómetros Cráter, Cobanegra, Arlés, Urcunina, Cóndor y Huairatola mostraron estabilidad en sus componentes, con pequeñas fluctuaciones en su registro (Figuras 21 a 26).



Figura 19. Componentes de inclinación Norte y Este (µrad) del inclinómetro Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de agosto de 2013 y el 30 de junio de 2014.







Figura 20. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (µrad), temperatura y voltaje del inclinómetro Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 30 de junio de 2014.



Figura 21. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (µrad), temperatura y voltaje del inclinómetro Cráter, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 30 de junio de 2014.







Figura 22. Componentes de inclinación Norte y Este (µrad), temperatura y voltaje del inclinómetro Cobanegra, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 30 de junio de 2014.



Figura 23. Componentes de inclinación Norte y Este (µrad), temperatura y voltaje del inclinómetro Arlés, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 30 de junio de 2014.







Figura 24. Componentes de inclinación Norte y Este (µrad), temperatura y voltaje del inclinómetro Urcunina, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 30 de junio de 2014.



Figura 25. Componentes de inclinación Norte y Este (µrad), temperatura y voltaje del inclinómetro Cóndor, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 30 de junio de 2014.






Figura 26. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (µrad), temperatura y voltaje del inclinómetro Huairatola, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 30 de junio de 2014.

1.3.2. Estaciones GNSS Permanentes

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

Para el análisis se contempló inicialmente un procesamiento diferencial de la información suministrada por estas estaciones considerando una estación de referencia, la estación QUIL ubicada fuera del edificio volcánico de Galeras en el aeropuerto Antonio Nariño a 20.6 km de distancia respecto al cráter, esto en cooperación con el Proyecto Geored, del Servicio Geológico Colombiano. En la Figura 27 se muestra la ubicación de las estaciones respecto al GNSS QUIL.

Algunas de las estaciones se encuentran en un proceso de estabilización con respecto al nivel base y que se requiere de un tiempo cercano de 2.5 años a partir de su instalación para la estabilidad del equipo. Las estaciones Chiguaco e Ingenio se instalaron en abril de 2014, San Cayetano, en octubre de 2012, Cráter y Barranco en agosto y octubre de 2011 respectivamente y Cóndor se reinstaló el 4 de septiembre de 2013, luego de haber sido objeto de saqueo el 20 de mayo de 2013.

Con respecto al comportamiento de las variaciones en la posición de las estaciones GNSS en el periodo evaluado, se observa una tendencia estable en el registro Este, Norte y Altura de Cráter, Cóndor y San Cayetano, mientras que en Barranco se muestra un comportamiento descendente presentado desde el 12 de abril de 2014, principalmente en la Norte y en la Altura (Figuras 28, 29, 30 y 31).

Los cambios observados en las estaciones de Chiguaco y de Ingenio podrían estar asociados con el proceso de estabilización de la estación (Figuras 32 y 33).

PROSPERIDAD PARA TODOS

Figura 27. Ubicación de las estaciones GNSS instaladas en Galeras respecto al GNSS QUIL ubicado en el aeropuerto Antonio Nariño.

Figura 28. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cráter instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre diciembre de 2013 y el 30 de junio de 2014.

Figura 29. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cóndor instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre diciembre de 2013 y el 30 de junio de 2014.

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

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

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

Figura 33. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Ingenio instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre mayo y junio de 2014.

1.3.3. Medición Electrónica de Distancias – EDM

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

1.4. GEOQUÍMICA

En cuanto a las emisiones de gases de origen volcánico en la zona de influencia del volcán Galeras, durante el mes de junio de 2014 se efectuaron mediciones de Dióxido de Azufre (SO₂) en la atmosfera, con las estaciones permanentes ScanDOAS. Además, se realizaron mediciones de emisión del isótopo 222 del elemento radiactivo Radón (Rn₂₂₂), que es el isótopo más estable de éste gas, con el sistema E-PERM, e igualmente se continuo con el muestreo de fuentes termales.

1.4.1. Mediciones de Dióxido de Azufre SO₂

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

En volcán Galeras se encuentran ubicadas tres estaciones telemétricas de SCANDOAS: Alto Jiménez, Alto Tinajillas y Santa Bárbara para la captura de moléculas de dióxido de azufre (SO₂), partículas provenientes de la desgasificación del magma en el reservorio profundo.

El SCANDOAS es un sistema de espectroscopia de absorción UV que funciona mediante absorción óptica diferencial, diseñado para medir la emisión de gas SO₂, convirtiendo la luz ultravioleta detectada en señales digitales, éstas señales son el espectro para la evaluación del gas. (Instructivo del APLICATIVO ISOLUCIÓN: IN-AME-OVS-003).

Se obtuvieron escaneos durante todos los días del mes de junio, para el día 9 de junio se obtiene el mayor flujo de SO₂ registrando un valor de 1121 Ton/d. Los valores de escaneos estimados para presencia de pluma de dióxido de azufre (SO₂) en la atmósfera durante este mes (Figura 34) y obtenidos de la estaciones Alto Jiménez, Santa Bárbara y Alto Tinajíllas, oscilaron entre las 347 Ton/d para el 17 de junio, hasta las 1121 Ton/d para el 9 de junio, valores considerados como bajos hasta altos para Galeras (Tabla 10), se registra un valor de flujo de SO₂ mayor en comparación con meses anteriores.

En las Figura 35 y 36 se encuentran los valores de flujo de SO₂, velocidad y dirección del viento, en el que se puede observar que existe una relación con estas dos últimas variables y la cantidad de partículas de SO₂ calculadas para el flujo total en el mes de junio, se observa que se mantiene una tendencia en la dirección del viento y se presenta variación en la velocidad registrada, lo que podría causar diferencias en el cálculo del flujo.

Para este periodo se sigue presentando proceso de desgasificación en Galeras alcanzando para el día 9 de junio el valor más alto de flujo de SO₂ en este periodo.

Los datos de velocidad y dirección del viento, necesarios para los cálculos, fueron obtenidos de un anemómetro telemétrico, ubicado en el sitio de la estación sísmica Cráter.

Figura 34. Flujo de emisión de SO₂ registrado desde el 1 de enero hasta el 30 de junio de 2014, por los instrumentos ScanDOAS y MobileDOAS en Galeras. Se resalta en gris el mes evaluado.

Figura 35. Flujo de emisión de SO₂, dirección y velocidad del viento para el mes de junio de 2014.

Figura 36. Velocidad y dirección del viento para el mes de junio de 2014.

Tabla 10. Emisiones de SO₂ del volcán Galeras (cuantificadas en términos de flujo de emisión) registradas durante el mes de abril de 2014, por las estaciones ScanDOAS y MobileDOAS (Proyecto NOVAC).

FECHA	HORA	AZIMUT	VELOCIDAD (m/s)	Ton(v)	Recorrido o Punto de Medida	INSTRUMENTO
07-jun-14	08:47 AM	125.44	10.03	849	Alto Jiménez	SCANDOAS
09-jun-14	12:14 PM	127.04	13.23	1121	Alto Jiménez	SCANDOAS
16-jun-14	11:35 AM	244.1	12.69	735	Alto Jiménez	SCANDOAS
17-jun-14	12:42 PM	244.1	10.92	347	Alto Jiménez	SCANDOAS
20-jun-14	08:01 AM	252.9	14.01	475	Alto Jiménez	SCANDOAS
21-jun-14	08:26 AM	232.5	10.46	383	Alto Jiménez	SCANDOAS
28-jun-14	11:51 AM	240.8	11.84	550	Alto Jiménez	SCANDOAS
29-jun-14	08:26 AM	254.3	9.94	584	Alto Jiménez	SCANDOAS

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

1.4.2. Mediciones del gas Radón - Rn₂₂₂

El monitoreo de gas Rn₂₂₂ en el volcán Galeras, se realizó con el sistema E-PERM, canalizando el gas en tubos de Cloruro de Polivinilo (PVC), en cuyo interior se encuentra un sensor llamado "Electret" con un potencial conocido, acoplado a una cámara de volumen conocido. El análisis de la concentración de Rn₂₂₂ se fundamenta en la capacidad que tiene el isótopo para desintegrarse, produciendo partículas alfa, las cuales ionizan el aire de la cámara de medición, bombardean el sensor y lo descargan. La concentración de Rn₂₂₂, es directamente proporcional a la diferencia de potencial para el sensor e inversamente proporcional al tiempo de análisis.

El radón 222, es un producto en la cadena de descomposición nuclear del uranio 235, tiene una vida media de 3.8 días y no se encuentra más allá de los 50 a 60 m de profundidad, entonces su difusión es la única responsable de su dispersión (Dyck y Smith 1969). En las Figuras 37 y 38 se puede observar las variaciones de concentración de radón para el mes de junio de 2014.

Los datos de flujo de gas radón en suelo para el mes de junio 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).

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

En las estaciones ubicadas en la línea Barranco (Figura 37), se observa un pico máximo de 4140 pCi/L (valor alto para Galeras) para el periodo comprendido entre el 19 y 28 de junio, correspondiente a la estación BAR 04, es el valor más alto en comparación con meses anteriores. Adicionalmente, se observa un importante incremento en las estaciones BAR 01, BAR 07, BAR 10.

Figura 38. Concentraciones de gas radón en las estaciones ubicadas en la línea Galeras, del Volcán Galeras en el periodo abril – junio de 2014.

En cuanto a la línea Galeras (Figura 38), se resalta el comportamiento mostrado por la estación LAVA 1, que para el mes de junio ocurre un descenso en la concentración de este gas, sin embargo, se mantiene dentro de un rango alto para Galeras comparado con el flujo de radón de otras estaciones dentro de esta línea. El valor de 4570 pCi/L (registrado en LAVA 1), es el valor más alto para el periodo comprendido entre el 30 de mayo y 5 de junio. Las demás estaciones continúan con un comportamiento similar en comparación con meses anteriores.

En la Tablas 11 y 12 se encuentran resaltados los mayores valores de flujo de radón durante el mes evaluado, correspondientes para cada una de las líneas Galeras y Barranco respectivamente. Los cuales se consideran dentro de un rango entre moderado y alto para la actividad de radón del volcán Galeras.

Tabla 11. F	lujo del gas	Radón (Rn-222	2) en suelo (L	Línea Galeras)	– junio de 2014.
-------------	--------------	---------------	----------------	----------------	------------------

LÍNEA GALERAS						
FETACION	Concentración					
ESTACION	Inicial	Final	(pCi/L)			
	30-May-14	05-Jun-14	133			
C 4 1 D 1	05-Jun-14	13-Jun-14	145			
CALDI	13-Jun-14	19-Jun-14	124			
	19-Jun-14	28-Jun-14	333			
	30-May-14	05-Jun-14	19			
CULTING	05-Jun-14	13-Jun-14	22			
COFINO	13-Jun-14	19-Jun-14	39			
	19-Jun-14	28-Jun-14	39.4			
	30-May-14	05-Jun-14	215			
FRION	05-Jun-14	13-Jun-14	244			
FRJON	13-Jun-14	19-Jun-14	198			
	19-Jun-14	28-Jun-14	142			
	30-May-14	05-Jun-14	4570			
1.03/0.1	05-Jun-14	13-Jun-14	3017			
LAVA1	13-Jun-14	19-Jun-14	2869			
	19-Jun-14	28-Jun-14	3130			
	30-May-14	05-Jun-14	240			
101/02	05-Jun-14	13-Jun-14	169			
FRJON LAVA1 LAVA2 MIRAD PDRAS PELAD	13-Jun-14	19-Jun-14	149			
	19-Jun-14	28-Jun-14	483			
	30-May-14	05-Jun-14	1141			
MIRAD	05-Jun-14	13-Jun-14	386			
WIIKAD	13-Jun-14	19-Jun-14	252			
	19-Jun-14	28-Jun-14	186			
	30-May-14	05-Jun-14	46			
DDDDAS	05-Jun-14	13-Jun-14	33			
FDRAS	13-Jun-14	19-Jun-14	46			
	19-Jun-14	28-Jun-14	70			
	30-May-14	05-Jun-14	306			
DELAD	05-Jun-14	13-Jun-14	54			
FLOAD	13-Jun-14	19-Jun-14	1111			
	19-Jun-14 30-May-14 05-Jun-14 13-Jun-14 19-Jun-14 30-May-14 65-Jun-14 19-Jun-14 19-Jun-14 19-Jun-14 13-Jun-14 19-Jun-14 13-Jun-14 19-Jun-14 13-Jun-14 19-Jun-14 13-Jun-14 19-Jun-14 13-Jun-14 13-Jun-14 19-Jun-14 30-May-14 9-Jun-14 13-Jun-14 19-Jun-14 13-Jun-14 19-Jun-14 13-Jun-14 13-Jun-14 13-Jun-14 13-Jun-14 13-Jun-14 13-Jun-14 13-Jun-14 13-Jun-14	28-Jun-14	60			
	30-May-14	05-Jun-14	674			
POLIES	05-Jun-14	13-Jun-14	601			
FRJON LAVA1 LAVA2 MIRAD PDRAS PELAD PQUES TELEC	13-Jun-14	19-Jun-14	226			
	19-Jun-14	28-Jun-14	-530			
	30-May-14	05-Jun-14	668			
TELEC	05-Jun-14	13-Jun-14	392			
TLLLC	13-Jun-14	19-Jun-14	331			
	19-Jun-14	28-Jun-14	362			

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

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

LÍNEA BARRANCO						
ESTACION	Concentración					
	Inicial	Final	(pCi/L)			
BAR 01	30-May-14	05-Jun-14	351			
	05-Jun-14	13-Jun-14	2203			
	13-Jun-14	19-Jun-14	310			
	19-Jun-14	28-Jun-14	2261			
BAR 02	30-May-14	05-Jun-14	262			
	05-Jun-14	13-Jun-14	1309			
	13-Jun-14	19-Jun-14	65			
	19-Jun-14	28-Jun-14	108			
BAR 03	30-May-14	05-Jun-14	608			
	05-Jun-14	13-Jun-14	492			
	13-Jun-14	19-Jun-14	576			
	19-Jun-14	28-Jun-14	481			
BAR 04	30-May-14	05-Jun-14	1625			
	05-Jun-14	13-Jun-14	1667			
	13-Jun-14	19-Jun-14	1960			
	19-Jun-14	28-Jun-14	4140			
BAR 05	30-May-14	05-Jun-14	925			
	05-Jun-14	13-Jun-14	488			
	13-Jun-14	19-Jun-14	1710			
	19-Jun-14	28-Jun-14	483			
BAR 06	30-May-14	05-Jun-14	823			
	05-Jun-14	13-Jun-14	593			
	13-Jun-14	19-Jun-14	645			
	19-Jun-14	28-Jun-14	438			
BAR 07	30-May-14	05-Jun-14	1486			
	05-Jun-14	13-Jun-14	2185			
	13-Jun-14	19-Jun-14	695			
	19-Jun-14	28-Jun-14	2699			
BAR 08	30-May-14	05-Jun-14	2577			
	05-Jun-14	13-Jun-14	2326			
	13-Jun-14	19-Jun-14	524			
	19-Jun-14	28-Jun-14	456			
BAR 09	30-May-14	05-Jun-14	63			
	05-Jun-14	13-Jun-14	74			
	13-Jun-14	19-Jun-14	146			
	19-Jun-14	28-Jun-14	105			
BAR 10	30-May-14	05-Jun-14	335			
	05-Jun-14	13-Jun-14	685			
	13-Jun-14	19-Jun-14	281			
	19-Jun-14	28-Jun-14	2276			

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

A continuación se presenta 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 junio del presente año para el volcán Galeras (Figura 39).

Figura 39. Flujo de SO₂, eventos sísmico tipo VT y el flujo de radón noviembre 2013 - junio 2014.

Se puede observar para el mes de junio un descenso en el flujo de radón en suelo, sin embargo, los valores registrados (flujos >2000 pCi/L) siguen considerándose como anomalías de radón para Galeras. En cuanto a la desgasificación de SO₂, el sistema muestra para inicios del mes, un incremento importante en comparación con meses anteriores, éste comportamiento continúa hasta mediados del mes de junio, sin embargo, los niveles disminuyen para la última semana del mes junio (>500<1000 Ton/d; moderados para Galeras). Además, puede observarse que al considerar la anomalía de radón como continua para este mes y una fuerte disminución de SO₂ a mediados del mes de junio, puede apreciarse posterior a ello, la ocurrencia de algunos sismos tipo VT (ML 1 a 2.7 en la escala de Richter).

El aumento en la desgasificación de SO₂ puede sugerir un sistema más abierto en comparación con meses anteriores que permite un cierto nivel de despresurización en el sistema, pero también puede ser indicio de acumulación de esfuerzos en el sistema.

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.

1.4.3. Trampa Alcalina

En el mes de junio se continuó con el muestreo de gases condensables del año 2014 de los sistemas de trampa alcalina en la cima de Galeras, que permitirá analizar moléculas de los gases condensables emitidos por el volcán (Azufre total (St), Cloruro de hidrógeno (HCI) y dióxido de

carbono (CO₂)). En el volcán Galeras se encuentran ubicadas dos estaciones no telemétricas de Trampa Alcalina (Figura 40): Trampa Alcalina-Base Militar y Trampa Alcalina Mirador.

Figura 40. Mapa de localización de las estaciones trampa alcalina en el volcán Galeras.

La trampa alcalina consiste en utilizar un montaje (Figura 41), en el cual se encuentra un recipiente con aproximadamente 100ml de una solución alcalina (KOH 6N), esto permitirá atrapar gases de origen volcánico (gases ácidos) y sobre ella debe colocarse un tipo de balde plástico invertido al nivel del suelo que permita la circulación de gases por la trampa. Este montaje debe estar situado de ser posible en el borde del cráter y/o en puntos cercanos a fumarolas y la solución debe cambiarse periódicamente antes de la saturación. En la Figura 30 se observa la toma de muestras de las dos estaciones de trampa alcalina instaladas en volcán Galeras. Los resultados de seguimiento se darán a conocer en el próximo mes.

Figura 41. Toma de muestras - estaciones Trampa Alcalina-Cima volcán Galeras.

1.5. ELECTROMAGNETISMO

La red de vigilancia de campos electromagnéticos está constituida por tres sistemas de medición de la variación del campo Magnético, la estación EM-Frailejón que posee también un sistema de medición de variación del campo Eléctrico, la Estación EM-Barranco también con sistema de medición de variación de campo Eléctrico, y la estación de campo Magnético Cráter. Además se cuenta con cuatro puntos no telemétricos para toma de medidas de potencial eléctrico espontáneo (Figura 42).

Figura 42. Localización de las estaciones campo magnético y eléctrico, y de los puntos de potencial espontáneo que conforman la red de vigilancia del volcán Galeras.

En el área de influencia del volcán Galeras se instalaron estaciones para el monitoreo periódico de los campos eléctricos y estaciones telemétricas para el monitoreo continuo de los campos electromagnéticos. Las estaciones de monitoreo eléctrico periódico, o de Potencial Espontáneo (SP, por su nombre en inglés), son cuatro, ubicadas en la vía de ascenso por el sector oriental al volcán denominadas: La Y, Peladitos, Urcunina y Lavas.

Las mediciones de SP en las cuatro estaciones, muestran en general, valores de potencial menores de ± 100 mV (Figuras 43 y 44), lo que indica un comportamiento relativamente estable. Eventualmente se observan valores mayores que se asocian con el incremento del régimen de lluvias en la zona volcánica.

Figura 43. Comportamiento de las variaciones periódicas de SP, en las estaciones La Y (componente NS-roja, componente EW-azul) y Peladitos (componente NS-verde, componente EW-amarilla).

Figura 44. Comportamiento de las variaciones periódicas de SP, en las estaciones La Urcunina (componente NS-verde, componente EW-amarilla) y, Lavas (componente NS-azul, componente EW-roja).

Las variaciones eléctricas registradas en las estaciones de Frailejón y Barranco (Figuras 45 y 46), muestran anomalías que podrían estar más asociados con procesos de precipitación en la zona volcánica.

Figura 45. Comportamiento del monitoreo continuo de las variaciones SP en la estación de Frailejón. La línea azul corresponde a la componente NS y la roja a la componente EW.

Figura 46. Comportamiento del monitoreo continuo de las variaciones SP en la estación de Barranco. La línea azul corresponde a la componente NS y la roja a la componente EW.

Las variaciones de campo magnético, en la zona de influencia de volcán Galeras, en el periodo evaluado, muestran en las tres componentes de las tres estaciones de monitoreo: Frailejón, Barranco y Cráter, variaciones día-noche, debido a los efectos soli-lunares, pero en general, la tendencia de este parámetro en las componentes de las tres estaciones se mantiene estable para este periodo (Figuras 47, 48 y 49).

PROSPERIDAD PARA TODOS

Figura 47. Variaciones de campo magnético en la estación de monitoreo continuo de Frailejón. La línea azul corresponde a la componente vertical, la roja a la NS y la verde a la EW.

PROSPERIDAD PARA TODOS

Figura 48. Variaciones de campo magnético en la estación de monitoreo continuo de Barranco. La línea azul corresponde a la componente vertical, la roja a la NS y la verde a la EW.

Figura 49. Variaciones de campo magnético en la estación de monitoreo continuo de Cráter. La línea azul corresponde a la componente vertical, la roja a la NS y la verde a la EW.

1.6. ACTIVIDAD SUPERFICIAL Y CAMBIOS GEOMORFOLÓGICOS

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

Condiciones favorables de clima permitieron observar emisiones de gases durante la mayor parte del mes, exceptuando los días 2, 6, 7, 8, 10, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24 y 26 de junio de 2014. La dispersión de las columnas de gases fue variable debido a la acción de los vientos. Los principales focos de emisión continúan ubicados en el cráter principal, sector norte y occidente del cono volcánico.

En las Figuras 50 a 55 se presentan algunas imágenes las cuales se asocian a procesos de emisión de gases en Galeras.

Figura 50. Imágenes de las emisiones de gases del volcán Galeras, capturadas el 4 y 9 de junio de 2014 desde la cámara de Barranco, al noroccidente del edifico volcánico.

Figura 51. Imágenes de las emisiones de gases del volcán Galeras, capturadas el 12 y 13 de junio de 2014 desde la cámara de Barranco, al noroccidente del edifico volcánico.

PROSPERIDAD PARA TODOS

Figura 52. Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas en horas de la tarde hacia las 4:30 p.m. el 27 de junio de 2014 desde Barranco y Bruma, al noroccidente y suroccidente del edifico volcánico.

Figura 53. Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 28 de junio, en horas de la tarde, capturada desde la cámara ubicada en el sector de Barranco, al noroccidente del edificio volcánico.

Figura 54. Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas en horas de la tarde el 29 de junio de 2014 desde Barranco y Bruma, al noroccidente y suroccidente del edifico volcánico.

PROSPERIDAD

Figura 55. Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 30 de junio, hacia las 6 de la mañana, capturada desde la cámara ubicada en el sector de Barranco, al noroccidente del edificio 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 – JUNIO DE 2014

2.1. RED DE VIGILANCIA

En la Figura 56 se puede apreciar la disposición de la red de vigilancia del complejo volcánico Cumbal que consta de cuatro estaciones para monitorear su sismicidad (dos sensores de banda ancha y dos de corto periodo), cuatro estaciones para la deformación cortical del edificio volcánico y un sensor de presión acústica. Adicionalmente, se tiene una cámara de video permanente para observación y seguimiento de la actividad superficial, instalada en el municipio de Cumbal.

En la Tabla 13, se consigna el nombre de cada estación con sus características. En la Figura 57 se muestra el porcentaje de funcionamiento de las estaciones.

Las estaciones de la red instalada para el monitoreo del volcán Cumbal, durante el mes de junio de 2014, tuvieron un porcentaje de funcionamiento del 97% (Figura 57).

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

Tabla 13. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del complejo volcánico Cumbal durante el mes de junio de 2014.

Estación	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia al Cráter Mundo Nuevo (Km)	Ubicación Respecto al Cráter Mundo Nuevo	Altitud (msnm)
La Nieve	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	0,2	E	4696
Limones	Digital	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	1,5	SE	4232
Punta Vieja	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	2.0	NE	4519
La Mesa	Digital	Sismómetro Corto periodo	Vertical	2,5	ESE	4270
La Nieve	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	0,2	E	4696
Limones	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	1,5	SE	4232
Punta Vieja	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	2.0	NE	4519
La Mesa	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	2,5	ESE	4270
La Mesa Acústico	Digital	Sensor de Presión Acústica	Unidireccional	2,5	ESE	4270

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

2.2. SISMOLOGÍA

En el transcurso del periodo evaluado, se observó que la sismicidad dominante en ocurrencia, es la relacionada con dinámica de fluidos de fuente transitoria en el tiempo, eventos LPS, seguida por los eventos clasificados como HYB, asociados con fractura y posterior movimiento de fluidos (Figura 58, Tabla 14). Además, en la Figura 58 se observan dos picos de ocurrencia resaltables en el mes, estos son para el día 12 y 30 de junio, con 70 y 109 eventos respectivamente.

Con respecto al mes anterior se tiene un descenso en la ocurrencia de eventos cercano al 26%, observado principalmente en los eventos tipo VT (asociados a fracturamiento de la roca al interior del edificio volcánico) y TOR (asociados con movimiento de fluidos en los que las características físicas y geometría de la cavidad propician una gran duración con un contenido frecuencial monocromático) (Figura 59).

En la Figura 60, se muestra una comparación en términos porcentuales de la ocurrencia de la sismicidad registrada entre los meses de marzo y junio de 2014, esta información permite corroborar de manera porcentual, que los eventos más representativos de la actividad volcánica son los LPS. En relación a los eventos que involucran movimiento de fluidos de fuente transitoria en el tiempo (Temor – TRE), se presentó un descenso del 31.6% en comparación con el mes anterior (Figura 59).

Tabla 14. Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Cumbal, entre el 1 de marzo y el 30 de junio de 2014, incluyendo los registros clasificados como volcánicos, se resalta en color azul el mes objeto de evaluación.

Pariada Evaluada	Número de eventos por tipo						
	vt	lps	tre	hyb	tor	vol	TOTAL
01-mar-14 a 31-mar-14	216	427	288	142	5	10	1088
01-abr-14 a 30-abr-14	105	207	175	66	5	3	561
01-may-14 a 31-may-14	209	351	147	178	5	7	897
01-jun-14 a 30-jun-14	61	386	102	112	1	0	662

Figura 58. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Cumbal, entre el 1 de marzo y el 30 de junio de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

PROSPERIDAD PARA TODOS

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

Figura 60. Relación porcentual para Cumbal, que compara el número de eventos por tipo ocurridos entre el 1 de marzo y el 30 de junio de 2014, tomando periodos mensuales.

De la sismicidad presente en el complejo volcánico de Cumbal, se destaca la ocurrencia del evento de Largo Periodo tipo Tornillo, (TOR) registrado el 3 de junio, el cual presentó frecuencia dominante de 2.4 Hz y subdominante de 1.4 Hz (Figuras 61 y 62), y duración de 67 segundos. En la Figura 62 se presenta el comportamiento de la frecuencia de estos eventos mostrando fluctuaciones en estos valores.

Figura 61. Sismogramas y espectros en frecuencia del sismo tipo TOR, ocurrido en Cumbal, el 3 de junio de 2014 a las 3:12 p.m., registrando 67 segundos de duración.

Figura 62. Frecuencias mostradas por los eventos tipo TOR registrados por la estación sismológica La Mesa, instalada en el complejo volcánico de Cumbal, entre el 1 de enero de 2013 y el 30 de junio de 2014, resaltando el evento registrado en el mes de junio de 2014 en el recuadro gris.

Con relación a los eventos tipo VT e HYB, fue posible localizar 33 sismos, la mayoría se ubicó en inmediaciones de los cráteres Mundo Nuevo (al sur) y La Plazuela (al norte), y otros eventos se localizaron de maneras dispersa en la zona volcánica, con magnitudes entre -0.5 y 1.4 en la escala de Richter y profundidades entre 0.5 y 6.1 km. (Figura 63).

El 91% de los eventos localizados presentaron magnitudes menores a 1 en la escala de Richter.

Figura 63. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y el 30 de junio 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).

2.3. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA

En cuanto a los procesos de deformación del edificio volcánico se observó que las componentes Norte y Este de los inclinómetros La Mesa, Limones y Nieve, instalados alrededor del Complejo Volcánico mantienen un comportamiento estable con variaciones por debajo de los 10 µrad, Figuras 64 a 66. En Punta Vieja se observa un comportamiento descendente en la componente de inclinación Norte, el cual desde abril de 2014, es de 20 µrad, de igual forma se presenta esta tendencia en el registro del sensor de temperatura (Figura 67).

Figura 64. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura y voltaje del inclinómetro La Mesa, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2014.

Figura 65. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura y voltaje del inclinómetro Limones, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2014.

Figura 66. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura y voltaje del inclinómetro La Nieve, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2014.

Figura 67. Componentes de inclinación Norte, Este, temperatura y voltaje del inclinómetro Punta Vieja, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2014.

2.4. ACTIVIDAD SUPERFICIAL

Condiciones de clima favorables durante los días 9 y 30 de junio de 2014 permitieron a través de la cámara instalada en la cabecera del municipio de Cumbal, observar emisiones de gases de color blanco, principalmente desde el campo fumarólico El Verde (sector norte, Volcán Cumbal) y desde el campo fumarólico Rastrojo (Volcán Mundo Nuevo), con alturas de columna y dispersión variables por acción de los vientos.

En las Figuras 68 y 69 se muestran algunas imágenes relacionadas a estos procesos de emisión de gases en Cumbal.

Figura 68. Imagen del Complejo Volcánico Cumbal, capturada desde el municipio de Cumbal, el 9 de junio de 2014, en horas de la mañana, en la fotografía se observa emisión de gases desde el campo fumarólico El Verde.

PROSPERIDAD

RA TOD

os

PΔ

Figura 69. Imágenes del Complejo Volcánico Cumbal, capturadas desde el municipio de Cumbal, el 30 de junio de 2014, en las fotografías se observa emisión de gases desde el campo fumarólico El Verde.

2.5. CONCLUSIONES

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

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

3. ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO – JUNIO DE 2014

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Los volcanes Chiles y Cerro Negro se encuentran ubicados al suroeste del país, en el departamento de Nariño, más exactamente en la frontera entre Colombia y Ecuador. Con una altura de 4748 msnm, Chiles se localiza a unos 15.5 km al suroeste del Complejo Volcánico Cumbal. Por su parte, el volcán Cerro Negro, con una altura de 4470 msnm se localiza a 16.5 km al suroeste del Complejo Volcánico Cumbal. 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 70).

Figura 70. Localización de los volcanes Chiles y Cerro Negro (izquierda) e imágenes de los mismos (derecha).

3.2. RED DE VIGILANCIA

La red de monitoreo del volcán Chiles está conformada por tres estaciones sísmicas de banda ancha y dos inclinómetros electrónicos, una de las estaciones ubicada en la cima volcánica en el costado occidental, otra en el sector denominado El Morro, ubicado al nororiente del volcán y la última denominada Canguil, instalada el 21 de mayo de 2014 ubicada a 5.5 km al nor-noroccidente del volcán Chiles. 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 71, Tabla 15).

En el periodo evaluado, las estaciones de la red instalada para el monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro tuvo un funcionamiento promedio del 90% (Figura 72). El porcentaje de funcionamiento de la estación sísmica Canguil fue del 33% ya que el 23 de mayo salió de funcionamiento debido a una tormenta eléctrica y su señal fue restablecida el 21 de junio de 2014.

PROSPERIDAD PARA TODOS

Figura 71. Estaciones sísmicas y de deformación cortical para los volcanes Chiles y Cerro Negro del lado Colombiano.

 Tabla 15.
 Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante el mes de junio 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
Canguil	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	5,5	NNW	3788

Figura 72. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante el mes de junio de 2014.

3.3. SISMOLOGÍA

La actividad sísmica de los Volcanes Chiles y Cerro Negro, mostró un notable descenso tanto en ocurrencia de eventos como en su energía liberada. El número de sismos fue aproximadamente 4 veces menor a los registrados en el mes de mayo de 2014, pasando de 31105 a 8071 eventos, asociados principalmente con fractura de material cortical (Tabla 16, Figura 73). Fue posible localizar 1001 sismos, ubicados en su mayoría entre 1 y 6 km al suroccidente del volcán Chiles, con profundidades promedio entre 3 y 5 km respecto a la cima volcánica; las magnitudes locales mostraron un rango entre 0 y 3.6 en la escala de Richter, cerca del 24% presentó magnitudes menores a 1 y el 10% mayores a 2 (Figura 74).

De la sismicidad registrada no se tuvo reporte de eventos sentidos.

Poriodo Evaluado	Número de eventos por tipo			
renouo Evaluauo	vt	TOTAL		
01-mar-14 a 31-mar-14	13530	13530		
01-abr-14 a 30-abr-14	27838	27838		
01-may-14 a 31-may-14	31105	31105		
01-jun-14 a 30-jun-14	8071	8071		

Tabla 16. Número de eventos volcánicos por tipo, para el volcán Chiles, ocurridos entre el 1 de marzo y el 30 de junio de 2014, el mes objeto de evaluación, resaltado en color azul.






Figura 73. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Chiles entre el 1 de marzo y el 30 de junio de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.



Figura 74. 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 junio 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.





3.4. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA

Respecto a los cambios registrados por el inclinómetro Chiles, en la componente de inclinación Norte de observa un comportamiento descendente, el cual acumula desde finales de marzo cerca de 30 µrad, mientras que la componente Este muestra una irregularidad en el registro, esto es objeto de seguimiento del funcionamiento del sensor (Figura 75).

En relación al comportamiento de las componentes de inclinación del inclinómetro El Morro, se observa una tendencia descendente, tanto en la Norte, como en la Este, que desde abril de 2014 es de 40 µrad y de 50 µrad respectivamente (Figura 76).



Figura 75. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura y voltaje del inclinómetro Chiles, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 6 de noviembre de 2013 y el 30 de junio de 2014.







Figura 76. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura y voltaje del inclinómetro El Morro, instalado en el volcán Chiles, para el periodo comprendido entre el 6 de noviembre de 2013 y el 30 de junio de 2014.

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

En la Figura 77 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, un comportamiento ascendente en su dos componentes, en la Norte de 1317 µrad y en la Este de 1152 µrad, cambios que son objeto de estudio, resaltando el cambio de pendiente en el registro desde el 26 de mayo de 2014. En la Figura 78 se observa la orientación del vector resultante del inclinómetro Cerro Negro, calculado teniendo en cuanta las variaciones mostradas por sus componentes, indicando procesos deformativos en la zona señalada. A finales del mes de junio se instaló un inclinómetro paralelo a este sensor para verificar los registros y tendencias mostradas.







Figura 77. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura y voltaje del inclinómetro Cerro Negro, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 16 de diciembre de 2013 y el 30 de junio de 2014.



Figura 78. Orientación y magnitud del vector resultante, teniendo en cuenta las variaciones mostradas por las componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Cerro Negro.





3.5. GEOQUÍMICA – MUESTREO DE GASES DE ORIGEN VOLCÁNICO

El volcán Chiles cuenta con una red actual de monitoreo de cuatro fuentes termales (FT), entre las que se encuentran: FT Baño Grande, FT Las Hediondas, FT Lagunas Verdes, FT Río Blanco. (Figura 79, Tabla 17). Los parámetros fisicoquímicos y muestras para análisis permitirán su caracterización y comprensión desde el punto de vista geoquímico para este complejo volcánico.



Figura 79. Mapa de localización de las fuentes termales perteneciente a la zona de influencia de los Volcanes Chiles y Cerro Negro.

FUENTE TERMAL	IMAGEN	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (msnm)
BAÑO GRANDE		0.81282°	77.86624°	3318

Tabla 17. Ubicación geográfica (WGS84) de las fuentes termales del área de influencia del volcán Chiles.





AGUAS HEDIONDAS	ÇFLIR (24/05/14 14:23	0.81256°	77.90923°	3613
LAGUNAS VERDES		0.80758°	77.92791	3894
RÍO BLANCO		0.84928°	77.94092°	3611

En la Figura 80 se muestra el valor del potencial de hidrógeno (pH) correspondiente al mes de junio para las FT de la zona de influencia del volcán Chiles.

Los colores en las gráfica indican el estado de acidez o basicidad del manantial (grado de concentración de iones de hidrógeno en solución), indicando de esta manera una escala de 0 a 14 (Figura 80). Las fuentes termales de Chiles presentan durante el mes de junio potenciales de Hidrógeno (pH), entre 2.2 (ácido) y 6.6 (neutra).







Figura 80. Potencial de hidrógeno de las FT Volcán Chiles - junio 2014.

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

<u>FT Baño Grande:</u> Figuras superiores: rango (14.4°C-36.7°C), con un máximo de 36.3°C Figuras inferiores: rango (13.5°C-39.7°C), con un máximo de 39.7°C (Figura 81).



Figura 81. Imagen térmica FT Baño Grande-Volcán Chiles - Junio 2014.





FT Aguas Hediondas: Rango (18.3°C-56.1°C), con un máximo de 56.0°C (Figura 82).



Figura 82. Imagen térmica FT Aguas Hediondas -Volcán Chiles - Junio 2014.

<u>Sector Lagunas Verdes fuente de agua</u>: Rango (10.2°C-14.9°C), con un máximo de 15.6°C (Figura 83)



Figura 83. Imagen térmica Fuente de aguas sector Lagunas Verdes -Volcán Chiles - Junio 2014.

FT Río Blanco: Rango (15.9°C-20.2°C), con un máximo de 21.4°C (Figura 84).



Figura 84. Imagen térmica FT Río Blanco -Volcán Chiles -Junio 2014.





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

Variación de la variable temperatura para las FT Aguas Hediondas, Baño Grande y Río Blanco (Figura 85).

Con respecto a la temperatura de las FT pertenecientes a la zona de influencia del volcán Chiles, las FT Aguas Hediondas y Río Blanco presentan un pequeño incremento en comparación con el mes anterior, mientras que la FT Baño Grande desciende levemente su valor, afectado posiblemente por infiltración de agua meteórica (Figura 85).



Figura 85. Variación de temperatura en las FT de Volcán Chiles - Junio 2014.

En cuanto al pH (Figura 86), puede evidenciarse nuevamente grandes variaciones; en la cual la FT Aguas Hediondas y Baño Grande, inician según datos históricos como manantiales ligeramente ácidos para los años 1996 y 1997, mientras que para mayo de 2014 su pH disminuye de forma relevante hasta encontrar un pH altamente ácido, sin embargo, para este mes el registro de pH para la FT Baño Grande pareciera retornar a valores históricamente registrados, al igual que la FT Aguas Hediondas que inicia con un comportamiento ascendente a partir de este mes.

Para la FT Río Blanco, se observa un comportamiento similar, debido a que en junio vuelve a incrementarse levemente el valor de este parámetro, pero todavía aún no es comparable debido a los pocos datos registrados (Figura 86).









Figura 86. Variación del pH en las FT de Volcán Chiles – junio 2014.

Sobre la conductividad eléctrica, se ve un comportamiento ascendente en las FT Baño Grande y Río Blanco, pero para la FT Aguas Hediondas se observa que el valor registrado en este mes también es similar a valores registrados históricamente (Figura 87).

En la Figura 87, se encuentra la gráfica sobre la variación de la conductividad eléctrica.



Figura 87. Variación de la conductividad eléctrica en las FT de Volcán Chiles - junio 2014.





Durante el trabajo realizado en el mes de junio, se visitó nuevamente la posible fuente de agua dentro de campo fumarólico en el que se evidenció olores azufrados altamente concentrados y actividad superficial (desgasificación). En la Tabla 18, se encuentran los datos de los parámetros fisicoquímicos, resultando un pH altamente ácido y una conductividad eléctrica elevada.

 Tabla 18.
 Datos fisicoquímicos Fuente de agua Lagunas Verdes - junio 2014.

MANANTIAL	LAGUNAS VERDES
Datos	Junio
fisicoquímicos	
pН	2.2
Temperatura (°C)	7.7
Conductividad	9390
eléctrica (µS/cm)	

3.6. ACTIVIDAD SUPERFICIAL

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

3.7. CONCLUSIONES

La evaluación del proceso volcánico durante el mes de junio de 2014 permitió, que la actividad en la región de los volcanes Chiles y Cerro Negro permaneciera en **NIVEL AMARILLO** [III]: "Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica".





4. ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES LAS ÁNIMAS, DOÑA JUANA Y AZUFRAL – JUNIO DE 2014

El Servicio Geológico Colombiano ha venido monitoreando de manera permanente la actividad de otros volcanes activos de Nariño, como son Doña Juana, Azufral y Las Ánimas (Figura 88), en busca de estimar un nivel base de actividad, hacer seguimiento de sus manifestaciones y en caso necesario, poder establecer situaciones anómalas y la posibilidad de ocurrencia de eventos eruptivos.

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



Figura 88. Imagen en la cual se aprecia la localización de algunos volcanes del sur de Colombia, entre ellos están Galeras, Doña Juana, Azufral, Cumbal, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro, monitoreados por el OVSP - Servicio Geológico Colombiano.





4.1. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN LAS ÁNIMAS

4.1.1. Ubicación Geográfica

El volcán Las Ánimas, que alcanza una altura de 4300 msnm, se encuentra situado al suroccidente de Colombia, en el departamento de Nariño en límites con el departamento del Cauca, más exactamente emplazado en el Macizo Colombiano a unos 11 km al noreste del volcán Doña Juana y a 12 km al suroeste del volcán Petacas. En su zona de influencia se ubican los municipios La Cruz, San Pablo, Las Mesas, La Unión, Colón, San Bernardo del Departamento de Nariño y Florencia, Bolívar y Santa Rosa en el Departamento del Cauca (Figura 89).



Figura 89. Localización del volcán Las Ánimas (izquierda) e imagen del costado occidental del volcán (derecha).

4.1.2. Red de vigilancia

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

En la Figura 90 se muestra la disposición de las estaciones para monitoreo de la actividad sísmica y de deformación cortical del volcán Las Ánimas. En la Tabla 19 se consignan sus características.







Figura 90. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante el mes de junio de 2014.

Tabla 19.	Estaciones	que confor	rmaron la	a red c	le v	vigilancia	de la	a actividad	del	volcán	Las	Ánimas	durante	el me	əs de
junio de 20	14.														

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 91% (Figura 91).



PROSPERIDAD



Figura 91. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante junio de 2014.

4.1.3. Sismología

Respecto a la actividad de este volcán, para el mes de junio se registró un evento tipo VT (Tabla 20), de bajo nivel energético, que se localizó a 7.5 km, al noroccidente el volcán y tuvo una profundidad de 9.3 km, respecto de la cima volcánica y magnitud de 1.8 en la escala de Richter (Figura 92).

Tabla 20. Número de eventos volcánicos por tipo, para el volcán Las Ánimas, ocurridos entre el 1 de marzo y el 30 de junio de 2014, incluyendo los registros clasificados como Volcánicos y el mes objeto de evaluación, resaltado en color azul.

Poriodo Evoluado	Número de eventos por tipo					
	vt	vol	TOTAL			
01-mar-14 a 31-mar-14	1	0	1			
01-abr-14 a 30-abr-14	1	0	1			
01-may-14 a 31-may-14	21	0	21			
01-jun-14 a 30-jun-14	1	0	1			







Figura 92. Localización epicentral e hipocentral del sismo de fractura registrado por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Las Ánimas, en el mes de junio de 2014, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2 km., de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.

4.1.4. Deformación Volcánica

Respecto a los cambios registrados por las estaciones de Inclinometría, se observó un comportamiento ascendente en las componentes del inclinómetro Petroglifo, para la Norte desde el 11 de mayo de 2014, registra una variación de 25 µrad, y para la Este de 67 µrad (Figura 93).

Para el inclinómetro Altamira, se observa estabilidad en sus dos componentes (Figura 94).

En la Figura 95 se muestra la orientación y magnitud del vector resultante calculado teniendo en cuenta el cambio presentado en las componentes del inclinómetro Petroglifo.







Figura 93. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura y voltaje del inclinómetro Petroglifo, instalado en el volcán Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2014.



Figura 94. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura y voltaje del inclinómetro Altamira, instalado en el límite entre los volcanes Doña Juana y Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2014.







Figura 95. Orientación y magnitud de los vectores resultantes calculados teniendo en cuenta las variaciones registradas por las componentes de los sensores de Inclinometría electrónica.

4.1.5. Actividad Superficial

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

4.1.6. Conclusiones

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

4.2. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN DOÑA JUANA

4.2.1. Red de vigilancia

En la Figura 96 se puede apreciar la disposición de la red de vigilancia del volcán Doña Juana que consta de dos estaciones de corto periodo y una de banda ancha para monitorear su sismicidad y tres estaciones para monitorear la deformación cortical del edificio volcánico.





Adicionalmente se cuenta con la señal digital de la estación La Cruz, que pertenece a la Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC) (Figura 96, Tabla 21).

En la Tabla 21, se consigna el nombre de cada estación y en la Figura 97 se muestra 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 96. 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 junio de 2014 presentaron un funcionamiento del 81% (Figura 97), debido principalmente a fallas en las estaciones repetidoras que permiten que se tenga las señales en tiempo real en la sede del Observatorio ocasionando perdida de información. La estación sísmica Lavas se encuentra con un porcentaje de funcionamiento del 67% debido a problemas de interferencias en la señal. La estación Florida se encuentra por fuera de funcionamiento desde finales del mes de junio de 2014.







Figura 97. Histograma del porcentaje de funcionamiento durante el mes de junio de 2014, de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Doña Juana.

4.2.2. Sismología

Para el volcán Doña Juana en el periodo evaluado no se tuvo registro de sismos asociados con la actividad volcánica.

4.2.3. Deformación Volcánica

Respecto a los cambios registrados por las componentes Norte y Este del inclinómetro Florida (ubicado a 2.3 km., al Oeste de los domos, 3154 m.s.n.m.,) se muestra un comportamiento estable, con fluctuaciones por debajo de los 10 µrad (Figura 98). De igual forma, las componentes Norte y Este del inclinómetro Lavas (ubicado a 4 km., al Sur Oeste de los domos, 3145 m.s.n.m.,) muestran un comportamiento estable con fluctuaciones por debajo de los 15 µrad (Figura 99).

Con relación al inclinómetro Páramo (ubicado a 2.1 Km., al sur-este de los domos, 3533 msnm), aparentemente presenta problemas y se tienen dudas acerca del funcionamiento del sensor, por lo que no se hace referencia a su comportamiento.







Figura 98. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura y voltaje del inclinómetro Florida, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2014.



Figura 99. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura y voltaje del inclinómetro Lavas, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2014.

4.2.4. Actividad Superficial

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





4.2.5. Conclusiones

4.3. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN AZUFRAL

4.3.1. Red de vigilancia

En la Figura 100 se muestra la disposición de las estaciones para monitoreo de la actividad sísmica y de deformación cortical del volcán Azufral, sus estaciones La Roca, Chaitán, Laguna, Ventana y Lobo, las dos primeras cuentan con sensores sísmicos e inclinómetros electrónicos y Laguna con un sensor sísmico y una cámara web para el seguimiento de la actividad superficial. En la Tabla 22 se consignan sus características. Además, el 15 de mayo se instaló una estación climatológica cerca de la estación La Roca, la cual consta de un anemómetro para medida de velocidad y dirección del viento, un sensor de temperatura, un sensor de humedad relativa, un pluviómetro, un sensor de presión atmosférica y uno para medidas de radiación solar.

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 101).

Se resalta que desde mediados de mayo se tiene una estación para el monitoreo de la temperatura en uno de los domos del volcán Azufral, hacia el costado nororiental de la Laguna Verde.

En general, la red de monitoreo telemétrico del volcán Azufral alcanzó en promedio un porcentaje de operación del 92% para este mes (Figura 102).









Figura 100. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de junio de 2014.

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 22.	Estaciones	instaladas en	el volcán	Azufral.
	Lotabionio	motalada on		/ Lanan



SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO





Figura 101. 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 102. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de junio de 2014.





4.3.2. Sismología

Las estaciones sísmicas de monitoreo del volcán Azufral, mostraron que la sismicidad para el periodo evaluado estuvo dominada por registros asociados con fracturamiento de material cortical, eventos VT (Tabla 23, Figura 103). En total se registraron 5 eventos sísmicos, de los cuales fue posible localizar dos, que se ubicaron de manera dispersa sobre el edificio volcánico, a distancias entre 0.9 y 13 km respecto a la Laguna Cratérica, con profundidades de 3.5 y 13.4 km respecto a la cima volcánica y magnitudes de 1.3 y 2.4 en la escala de Richter (Figura 104).

Tabla 23. Número de eventos volcánicos por tipo, para el volcán Azufral, ocurridos entre el 1 de marzo y el 30 de junio de 2014, incluyendo los registros clasificados como Volcánicos y el mes objeto de evaluación, resaltado en color azul.

Pariada Evaluada	Número de eventos por tipo						
Periodo Evaluado	vt	hyb	vol	TOTAL			
01-mar-14 a 31-mar-14	31	2	0	33			
01-abr-14 a 30-abr-14	12	0	0	12			
01-may-14 a 31-may-14	4	0	0	4			
01-jun-14 a 30-jun-14	5	0	0	5			



Figura 103. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Azufral entre el 1 de marzo y el 30 de junio de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.





Figura 104. 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 junio 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.

4.3.3. Deformación Volcánica

4.3.3.1. Inclinometría Electrónica

En cuanto a la deformación del edificio volcánico, se observó que las componentes Norte y Este del inclinómetro Chaitán (ubicado a 4,3 km al este-noreste de la laguna cratérica, 3730 m.s.n.m.), mostraron un comportamiento fluctuante con variaciones por debajo de los 10 µrad, sin definirse una tendencia en particular, estable (Figura 105). En la Figura 106 se muestra el registro del inclinómetro La Roca (ubicado a 1.2 Km., al este de la laguna cratérica, 4025 msnm) presentando estabilidad en sus componentes.







Figura 105. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura y voltaje del inclinómetro Chaitán, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2014.



Figura 106. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura y voltaje del inclinómetro La Roca, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2014.

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

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





4.3.4. Geoquímica

4.3.4.1. Muestreo de gases de origen volcánico en Azufral

Durante el mes de junio se realizaron diferentes medidas sobre gases de origen volcánico en el campo fumarólico "Domo Mallama" del volcán Azufral, entre las cuales se encuentran: muestreo en Trampa Alcalina, muestreo en Botella de Giggenbach y datos de temperatura obtenidos de la estación telemétrica termocupla Mallama y del termómetro digital con termocupla que se registra una vez al mes (Figura 107).



Figura 107. Medición de parámetros en gases por los métodos (izquierda a derecha) trampa alcalina, estación telemétrica de temperatura, toma de datos de temperatura (Termómetro digital con termocupla) y muestreo de gases condensables Giggenbach. Domo Mallama Volcán Azufral- Junio 2014.

En la Figura 108 se observa la ubicación del campo fumarólico Domo Mallama en el volcán Azufral, uno de los puntos principales de muestreo geoquímico.



Figura 108. Mapa de localización del campo fumarólico Domo Mallama perteneciente a la zona de influencia del Volcán Azufral.





En la Figura 109 se encuentra graficada la variación de temperatura a partir de los datos diarios obtenidos cada 10 minutos, de la estación telemétrica instalada en el mes de mayo de 2014. Se puede observar que a inicios del mes se presentan los valores más bajos y altos de temperatura, 87.4°C para el 06 de junio a las 13:27 LT y 97.6°C para el 09 de junio de 2014 a las 15:09: LT, para el resto del mes su comportamiento es estable con descensos en las noches e incrementos en el día. El promedio de temperatura para este mes es de 92.1°C, y su variación es similar con respecto a los datos del mes de mayo (Tabla 24).

Tabla 24. Variación de temperaturas en Domo Mallama del volcán Azufral.

Valores	Mayo	Junio
Máximo	103.7	97.6
Mínimo	83.3	87.4
Promedio	91.9	92.1



Figura 109. Variación de temperatura campo fumarólico Domo Mallama perteneciente a la zona de influencia del Volcán Azufral. Mayo - Junio 2014.

El día 26 de junio se realizó el muestreo de gases en la zona del Domo Mallama y se registró en la termocupla portátil la temperatura de la fumarola en que se encuentra la estación telemétrica (Figura 110), se encuentra una diferencia entre las medidas de los dos equipos de 5.6°C que se debe en parte a la diferencia en la profundidad a la que ingresa cada sensor, pues el equipo de la estación ingresa aproximadamente 1.5m mientras el portátil tiene unos 30cm. La temperatura registrada por la estación telemétrica es de 92.0°C y la registrada en el portátil es de 86.4°C a la misma hora.









Figura 110. Registro de temperatura campo fumarólico Domo Mallama perteneciente a la zona de influencia del Volcán Azufral. Junio 2014.

Las muestras de gases de origen volcánico recolectadas en trampa alcalina y botella de Giggenbach se envían para análisis a los laboratorios del Servicio Geológico Colombiano en Manizales y se esperan los resultados para el siguiente mes.

4.3.4.2. Muestreo de aguas en fuentes termales del 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 111, Tabla 25).



Figura 111. Mapa de localización de las fuentes termales perteneciente a la zona de influencia del Volcán Azufral.







FUENTE TERMAL	IMAGEN	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (msnm)
SALADO DE MALAVER		1.03776°	77.63923°	2901
LA CABAÑA		1.00083°	77.67163°	3047
QUEBRADA BLANCA		1.06936°	77.73779	3165
SAN RAMÓN		0.98480°	77.69732°	3033
ARRAYÁN SALADO		1.09198°	77.66354°	3108







TUTACHAG	1.09198°	77.66354°	3259
LAGUNA VERDE 1	1.09139°	77.72163°	3782
LAGUNA VERDE 2	1.09008°	77.72233°	3789
LAGUNA VERDE 3	1.08949°	77.72227°	3789
LAGUNA VERDE 4	1.09157°	77.72290°	3788

Para el mes de junio se realizó el muestreo de parámetros fisicoquímicos en las FT LV N°1 y LV N°3, y no es posible realizarlo en las FT LV N°2 y LV N°4 debido a la mezcla con otras aguas y los manantiales, por lo tanto los datos no serian mensurables, ni representativos.





En la Figura 112 se muestra el valor del potencial de hidrógeno (pH) correspondiente al mes de junio para las FT de la zona de influencia del volcán Azufral.

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 112. Potencial de hidrógeno de las FT Volcán Azufral junio 2014.

Las fuentes termales del volcán Azufral presentan durante el mes de junio potenciales de Hidrógeno (pH), entre 2 (ácida) y 6 (ligeramente acida) (Figura 112).

En la Figura 113 se puede observar la variación de pH con respecto a meses anteriores, registradas en trabajo de campo en el mes de junio.

En la gráfica de la Figura 113, se puede apreciar un fuerte descenso del pH para la FT LV N°1 regresando a valores registrados anteriormente, y para la FT LV N°3 una tendencia estable.



Figura 113. Variación del pH en las FT de Volcán Azufral – Junio 2014.



Con respecto al comportamiento en parámetros como la temperatura se observa que para el mes de junio, existen unas pequeñas variaciones con respecto a meses anteriores, con una tendencia estable para la FT LV N°1, y se evidencia un incremento en la FT LV N°3. Pero se puede concluir un comportamiento estable de las fuentes termales a través del tiempo evaluado (Figura 114).



Figura 114. Variación de la temperatura en las FT de Volcán Azufral - Junio 2014.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

Se puede observar en la Figura 115 ligeras variaciones en la FT en cuanto a la concentración del ion HCO3=, indicando un comportamiento estable.



Figura 115. Variación en la concentración de bicarbonato en las FT de Volcán Azufral - Junio 2014.

Sobre la conductividad eléctrica (Figura 116), para el mes de junio la FT LV N°3 presentó un leve incremento respecto al mes anterior, mientras que las FT LV N°1 desciende su valor de conductividad, lo anterior puede deberse para el caso de la FT LV N°3 que procesos de evaporación permiten una mayor concentración de los minerales en solución y para las FT LV N°1 se presenta mezcla con fuentes de agua cercana, lo que podría estar influyendo en su variación.





Figura 116. Variación de la conductividad eléctrica en las FT de Volcán Azufral - Junio 2014.

Los manantiales de Azufral se consideran como fuentes termales de acuerdo a su temperatura.

• Fuente termal LV N°1 (Figura 117).

Temperatura superficial: 70.8°C (Temperatura registrada en junio 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.



Figura 117. Imagen FT LV N° 1 - Volcán Azufral - Junio 2014.

• Fuente termal LV N°3 (Figura 118).

Temperatura superficial: 62.9°C (Temperatura registrada en junio 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.



Figura 118. Imagen LV N° 3 - Volcán Azufral - Junio 2014.

4.3.5. Actividad Superficial y Cambios Geomorfológicos

Condiciones de clima favorables durante los días 3, 5, 7, 9, 14, 17, 22, 27, 28 y 29 de junio de 2014 fue posible a través de la cámara instalada en el costado suroccidental del volcán, observar emisiones de gases de color blanco de baja altura provenientes principalmente de uno de los domos activos ubicados al nororiente de la Laguna Verde.

En las Figuras 119 a 121 se presentan algunas imágenes las cuales se asocian a procesos de emisión de gases en Azufral.



Figura 119. Imagen de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, capturada el 3 de junio de 2014 a las 3:12 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 120. Imagen de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, capturada el 14 de junio de 2014 a las 6:42 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 121. Imagen de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, capturada el 28 de junio de 2014 a las 12:32 de la tarde por la cámara instalada hacia el sector sur, en la fotografía se observa salida de gases de uno de los domos.

4.3.6. Conclusiones