



<i>NOMBRE</i>	<i>DESCRIPCION</i>	<i>DOMINIO</i>
IDENTIFICACIÓN		
Información de la citación		
CITACIÓN		
Nombre del responsable	Nombre de la organización	Servicio Geológico Colombiano
Tipo de responsable	Autor Corporativo	Autor corporativo
Nombre del responsable		Grupo de Trabajo Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto;
Tipo de responsable	Autor intelectual. Si hay varios autores hay que escribirlo cada uno.	Grupo de Trabajo Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto;
Nombre del responsable		
Tipo de responsable	Procesador: persona encargada de recibir y organizar la información	Grupo de Trabajo Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto
Nombre del responsable		GRUPO TECNICO OVSPASTO
Fecha	De publicación/disposición tres primeras letras del mes/año	Jul/2012
Título		Boletín Semestral de Actividad de Volcanes de Nariño. Enero a Junio de 2012.
Edición	Primera versión.- Actualización conjunto de datos la numeración va del 0.1 al 0.9	0.1
Serie		No aplica
<i>Identificador</i>	<i>En proceso de definición</i>	
Descripción	Breve descripción del conjunto de datos, se destacan los objetivos, metodologías y productos entregados	Presentación de resultados y análisis de datos obtenidos del monitoreo continuo de la actividad de los volcanes Galeras, Azufral, Cumbal y Doña Juana, en áreas como: funcionamiento de estaciones, actividad sísmica, actividad superficial, muestreos geoquímicos, climatología y deformación. Se utiliza gráficas, tablas, esquemas, mapas y fotografías que ilustran el trabajo.
Uso/Información complementaria	Información básica sobre aplicaciones específicas donde el conjunto de datos ha sido o se está utilizando. Incluye opcionalmente lista de anexos, fuentes y documentos relacionados con el conjunto de datos.	
Programa-Proyecto		
Tipo de programa o proyecto	Cobertura macro y la capa a la cual pertenece el conjunto de datos según las estrategias institucionales. (Investigación, plan, programa, proyecto)	Proyecto
Nombre del programa/proyecto	Nombre del proyecto	Investigación y Monitoreo de la Actividad Volcánica (AME09 – 42).
Nombre del programa/Proyecto	Nombre del proyecto	
Periodo de tiempo	Lapso de tiempo que corresponde a la información contenida en el conjunto de datos	Enero /2012 a Junio /2012
Dominio Espacial		
	Descripción del área geográfica. Incluir el nombre del territorio que cubre el producto. Incluir área geográfica dada en km ² .	Zona de influencia – Volcanes de Nariño.



<i>NOMBRE</i>	<i>DESCRIPCION</i>	<i>DOMINIO</i>
Coordenadas /límites		
Oeste		No aplica.
Este		No aplica.
Norte		No aplica.
Sur		No aplica.
Nivel de resolución	Escala	No aplica.
Descriptor de tema	Palabra o frase común que describe aspectos temáticos del conjunto de datos	Descriptores primarios: -Actividad Sísmica -Número diario -Energía diaria -Frecuencia -Localizaciones -Deformación -Variación -Emisiones -Flujo -Campo eléctrico -Campo magnético -Emisiones -Actividad Superficial -Temperaturas -Estación climatológica -Cenizas -Observaciones
Descriptor de lugar	Nombre de lugares geográficos cubiertos por el conjunto de datos. Nombre de zonas, regiones, municipios	-Zona de influencia – volcanes de Nariño: Galeras, Cumbal, Azufral, Doña Juana -Cono activo -Municipios de la carretera Circunvalar a Galeras -Pasto, Túquerres, Cumbal, Las Mesas
Código temático		Capas de información
Restricción de acceso	Limitaciones para el acceso del conjunto de datos incluye restricciones que aseguren protección de la privacidad o propiedad intelectual o limitaciones en la obtención del conjunto de datos.	Derechos de propiedad intelectual. Prohibida su reproducción total o parcial con fines comerciales. Incluye información básica para documentos e investigación
Muestra gráfica	Ilustración gráfica del conjunto de datos. Se especifica la dirección del computador, trayectoria, nombre y extensión del archivo.	Los datos se encuentran en el Servidor: \\Chapacual\Vigilancia\informes\informes_finales\VIGILANCIA\Boletines_semestrales\2012\bol_I_12
Calidad de los datos		
Informe general de calidad	Incluye conceptos sobre limitaciones, exactitud temática, contenido, normatividad	Se vigila y monitorea las diferentes manifestaciones de la actividad volcánica y sísmica en la zona de influencia del Volcán Galeras, en orden a entender los diferentes fenómenos internos que las producen y a un pronóstico de eventos eruptivos.
Distribución		
Distribuidor		
Tipo de producto	Artículo, boletín, fotografía aérea, mapa,	Boletín



<i>NOMBRE</i>	<i>DESCRIPCION</i>	<i>DOMINIO</i>
	imagen satelital, informe técnico	
Proceso estándar de pedido		
Productos impresos	Identificación que tipo de producto impreso. Ej. mapa impreso a color	No aplica.
Forma digital		
Formato	Nombre, versión del formato Ejm: PDF.- Si no se encuentra en forma digital se escribe "No disponible"	El informe se encuentra en formato PDF
Opción de transferencia digital		
Dirección en línea	Dirección electrónica donde se puede obtener el conjunto de datos	http://www.ingegominas.gov.co/Pasto/Publicaciones/Informes-tecnicos/Informe-Semestral.aspx
Medio digital/Ubicación	Opciones del medio digital en el cual puede ser entregado en archivo digital, en el servidor de archivos.	Corpasto, Chapacual
Contacto		
Organización	Nombre de la organización	Servicio Geológico Colombiano.
Cargo/persona	Nombre e identificación del cargo o persona asociado al conjunto de datos	Asesores de Oficina de Servicio al Cliente
Sede		Bogotá
Dirección		Diag. 53 No. 34-53
Ciudad		Bogotá, D.C.
Departamento		Cundinamarca
País		Colombia
Teléfono		57-2221811/57-1-2220020
Fax		57-1-2220438
Correo electrónico		Cliente@ingegominas.gov.co



**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia

**Prosperidad
para todos**



**BOLETÍN SEMESTRAL DE ACTIVIDAD DE VOLCANES DE NARIÑO
ENERO A JUNIO DE 2012**

Edición:

GRUPO TECNIO OBSERVATORIO VULCANOLOGICO Y SISMOLOGICO PASTO

San Juan de Pasto, julio de 2012

República de Colombia

Servicio Geológico Colombiano



**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia

**Prosperidad
para todos**

REPÚBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA
SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO

**BOLETÍN SEMESTRAL DE ACTIVIDAD DE VOLCANES DE NARIÑO
ENERO A JUNIO DE 2012**

Edición:

GRUPO TECNICO OBERVATORIO VULCANOLOGICO Y SISMOLOGICO PASTO

San Juan de Pasto, julio de 2012



CONTENIDO

		Pág.
INTRODUCCIÓN		1
RESUMEN		2
2.	VOLCANES DE NARIÑO	4
2.1.	VOLCÁN GALERAS	5
2.1.1.	Red de vigilancia	5
2.1.2.	Sismología	13
2.1.3.	Deformación	34
2.1.3.1.	Inclinometría Electrónica	34
2.1.3.2.	Medición Electrónica de Distancias- EDM	40
2.1.3.3.	Estaciones GNSS permanentes	40
2.1.4.	Fisicoquímica	42
2.1.4.1.	Mediciones de flujo de emisión de SO ₂ con instrumentos scandoas y movildoas	43
2.1.4.2.	Mediciones de gas radón ^{rn222} en el suelo - línea Galeras	45
2.1.4.3.	Mediciones de gas radón ^{rn222} en el suelo - línea Barranco	47
2.1.4.4.	Mediciones de gases de origen volcánico-Trampa alcalina	47
2.1.4.5.	Muestreo de aguas termales	48
2.1.5.	Electromagnetismo	50
2.1.5.1.	Variaciones Magnéticas y Eléctricas en Galeras.	51
2.1.6.	Geología	54
2.1.6.1.	Material emitido los días 26 y 27 de Mayo	54
2.1.6.2.	Material emitido el día 8 de Junio	62
2.1.7.	Actividad superficial y cambios geomorfológicos	64
2.1.8.	Conclusiones	68
2.2.	VOLCÁN CUMBAL	69
2.2.1.	Red de vigilancia	69
2.2.2.	Sismología	72
2.2.3.	Deformación	77
2.2.3.1.	Inclinometría Electrónica	77
2.2.4.	Fisicoquímica	77
2.2.4.1.	Muestreo de gases en fumarola	77
2.2.4.2.	Medición de parámetros fisicoquímicos	79
2.2.4.3.	Muestreo de Aguas Termales	80
2.2.5.	Actividad Superficial	81
2.2.6.	Conclusiones	83
2.3.	VOLCÁN DOÑA JUANA	84
2.3.1.	Red de vigilancia	85
2.3.2.	Sismología	87
2.3.3.	Deformación	87
2.3.3.1.	Inclinometría Electrónica	87
2.3.4.	Muestreo de aguas termales	88
2.3.5.	Actividad superficial	90
2.3.6.	Conclusiones	90
2.4.	VOLCÁN AZUFRAL	91
2.4.1.	Red de vigilancia	91
2.4.2.	Sismología	94
2.4.3.	Deformación	94
2.4.3.1.	Inclinometría Electrónica	94



2.3.3.2.	Medición Electrónica a Distancia - EDM	96
2.4.4.	Fisicoquímica	98
2.4.4.1.	Muestreo de gases en fumarola volcán azufral	98
2.4.4.2	Fuentes Termales Volcán Azufral	99
2.4.5.	Actividad superficial	101
2.4.6.	Conclusiones	101
2.5.	BIBLIOGRAFÍA	102
2.6.	PERSONAL PARTICIPANTE	102

TABLAS

		Pag.
Tabla 2.1.1.1.	Características de las estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad sísmica y de cambios de presión acústica en el volcán Galeras durante el primer semestre de 2012.	5
Tabla 2.1.1.2.	Inclinómetros electrónicos telemétricos que conformaron la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras durante el primer semestre de 2012.	6
Tabla 2.1.1.3.	Características de las estaciones que conforman la red de instrumentos ScanDOAS del proyecto NOVAC en el volcán Galeras, las cuales funcionaron durante el primer semestre de 2012.	7
Tabla 2.1.1.4.	Características de la estación EM-Frailejón que monitorea las variaciones de campo eléctrico y de campo magnético ocasionadas por la actividad del volcán Galeras, funcionando en el primer semestre de 2012	8
Tabla 2.1.1.5.	Estaciones para el monitoreo de gas Radón instaladas en la Línea Galeras, durante el primer semestre de 2012, las cuales se encuentran sobre la vía de acceso al Volcán Galeras.	11
Tabla 2.1.1.6.	Estaciones para el monitoreo de gas Radón instaladas en la Línea Barranco, durante el primer semestre de 2012, las cuales se encuentran en el sector Norte del Volcán Galeras.	11
Tabla 2.1.1.7.	Principales aspectos relacionados con el funcionamiento y cambio de equipos en la red de Galeras, durante el primer semestre de 2012.	13
Tabla 2.1.2.1.	Número de sismos volcánicos por tipo, registrados en los periodos indicados.	15
Tabla 2.1.2.2.	Energía sísmica liberada para cada tipo de evento, en los periodos indicados.	15
Tabla 2.1.4.1.	Datos Flujo de SO ₂ –Estación telemétrica SCANDOAS	44
Tabla 2.1.4.2.	Datos Flujo de Gas Radón en suelo Línea Galeras	46
Tabla 2.1.4.3.	Flujo de Gas Radón en suelo Línea Barranco	47
Tabla 2.1.4.4.	Ubicación Fuentes Termales en el área de influencia de volcán Galeras	49
Tabla 2.2.1.1.	Características de las estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Cumbal durante el primer semestre de 2012.	70
Tabla 2.2.4.1.	Ubicación de las Fumarolas del Volcán Cumbal	78
Tabla 2.2.4.2.	Parámetros fisicoquímicos in situ de las fumarolas del Volcán Cumbal	79
Tabla 2.2.4.3.	Ubicación Fuentes Termales en el área de influencia de volcán Cumbal	80
Tabla 2.3.1.1.	Características de las estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Doña Juana durante el primer semestre de 2012.	86
Tabla 2.3.4.1.	Ubicación de las Fuentes Termales del Volcán Doña Juana	89
Tabla 2.4.1.1.	Características de las estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Azufral durante el primer semestre de 2012.	92
Tabla 2.4.3.1.	Coordenadas WGS84 de los puntos EDM en el volcán Azufral para 2012.	96
Tabla 2.4.4.1	Ubicación de las Fuentes Termales del Volcán Azufral	100

FIGURAS

Pág.

Figura 2.1.1.1.	Mapa de localización de las estaciones (sismómetros de corto periodo-CP y banda ancha-BA, presión acústica y repetidoras) que conformaron la red de monitoreo de Galeras durante el primer semestre de 2012. En líneas blancas se señalan los enlaces que usan repetidoras, los demás son directos al OVP.	6
Figura 2.1.1.2.	Red para el monitoreo de la deformación volcánica de Galeras, conformada por ocho inclinómetros electrónicos, que funcionaron en el primer semestre de 2012.	7
Figura 2.1.1.3.	Mapa de localización de las estaciones telemétricas ScanDOAS del proyecto NOVAC para el monitoreo de emisiones de Dióxido de Azufre (SO ₂) en el volcán Galeras, que funcionaron durante el primer semestre de 2012. Las líneas amarillas indican los radio-enlaces con las repetidoras Alto de la Palma y Morasurco.	8
Figura 2.1.1.4	Mapa de localización de las cámaras de video y de la estación para medición de variaciones del campo electromagnético en el volcán Galeras, que funcionaron durante el primer semestre de 2012.	9
Figura 2.1.1.5.	Mapa de localización de las estaciones para monitoreo de flujos de lodos en la quebrada Mijitayo, que nace en el volcán Galeras, y de las estaciones GNSS para el estudio de la deformación volcánica; las cuales funcionaron durante el primer semestre de 2012.	10
Figura 2.1.1.6.	Mapa de localización de las estaciones instaladas en Galeras para el monitoreo de gas Radón, durante el primer semestre de 2012.	10
Figura 2.1.1.7.	Histograma del porcentaje de funcionamiento durante el primer semestre de 2012 (enero a junio), de las estaciones que conformaron las redes de monitoreo del volcán Galeras.	12
Figura 2.1.2.1.	Histograma de número diario de eventos volcánicos por tipo, desde julio de 2011 a junio de 2012. El recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.	14
Figura 2.1.2.2.	Histograma de energía liberada diaria, en términos de su raíz cuadrática, de eventos volcánicos por tipo, desde julio de 2011 a junio de 2012. El recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.	15
Figura 2.1.2.3.	Relaciones comparativas de la variación de la sismicidad del segundo semestre de 2011 en comparación con el primer semestre de 2012. Izquierda, en cuanto a número de sismos y derecha energía sísmica liberada.	15
Figura 2.1.2.4.	Relaciones porcentuales de conteo (arriba) y energía sísmica liberada (abajo) por tipo de sismos para el segundo semestre de 2012 (izquierda) y el primer semestre de 2012 (derecha).	16
Figura 2.1.2.5.	Histograma de número diario de sismos LP (arriba) y acumulado de sismos LP (abajo) durante el segundo semestre de 2011 y primer semestre de 2012. La región sombreada corresponde al periodo evaluado en el presente informe.	16
Figura 2.1.2.6.	Histograma de energía sísmica liberada diaria de sismos LP (arriba) y acumulado de la energía (abajo) durante el segundo semestre de 2011 y primer semestre de 2012. La región sombreada corresponde al periodo evaluado en el presente informe.	17
Figura 2.1.2.7.	Histograma de número diario de episodios TRE (arriba) y acumulado de episodios TRE (abajo) durante el segundo semestre de 2011 y primer semestre de 2012. La región sombreada corresponde al periodo evaluado en el presente informe.	18
Figura 2.1.2.8.	Histograma de energía sísmica liberada diaria de sismos TRE (arriba) y acumulado de la energía (abajo) durante el segundo semestre de 2011 y primer semestre de 2012. La región sombreada corresponde al periodo evaluado en el presente informe.	19
Figura 2.1.2.9.	Histograma de número diario de sismos HYB (arriba) y acumulado de sismos HYB (abajo) durante el segundo semestre de 2011 y primer semestre de 2012. La región sombreada corresponde al periodo evaluado en el presente informe.	20
Figura 2.1.2.10.	Histograma de energía sísmica liberada diaria de sismos HYB (arriba) y acumulado de la energía (abajo) durante el segundo semestre de 2012 y primer semestre de 2012. La región sombreada corresponde al periodo evaluado en el presente informe.	21
Figura 2.1.2.11.	Histograma de número diario de sismos VT (arriba) y acumulado de sismos VT (abajo)	22



	durante el segundo semestre de 2011 y primer semestre de 2012. La región sombreada corresponde al periodo evaluado en el presente informe.	
Figura 2.1.2.12.	Histograma de energía sísmica liberada diaria de sismos VT (arriba) y acumulado de la energía (abajo) durante el segundo semestre de 2011 y primer semestre de 2012. La región sombreada corresponde al periodo evaluado en el presente informe.	23
Figura 2.1.2.13.	Hipocentros de sismos VT en la zona de influencia de Galeras durante el primer semestre de 2012. En los cortes norte-sur (derecha) y este-oeste (abajo) cada división equivale a 3 Km.	24
Figura 2.1.2.14.	Relaciones porcentuales por rangos de profundidad (izquierda) y por rangos de magnitud local (derecha) para los sismos VT localizados durante el primer semestre de 2012. A la derecha de cada diagrama se presentan sus convenciones.	24
Figura 2.1.2.15.	Evolución espacio temporal de sismos VT durante el segundo semestre de 2011 y primer semestre de 2012. En la gráfica superior se muestra las latitudes y en la inferior las longitudes.	25
Figura 2.1.2.16.	Evolución espacio temporal de sismos VT durante el segundo semestre de 2011 y primer semestre de 2012. En la gráfica superior se muestra las profundidades y en la inferior las magnitudes	26
Figura 2.1.2.17.	Sismogramas y espectro en frecuencia del evento tipo LP registrado el 29 de enero de 2012 a las 11:55 p.m.	27
Figura 2.1.2.18.	Sismogramas y espectro en frecuencia del evento tipo LP registrado el 30 de enero de 2012 a las 12:03 a.m.	27
Figura 2.1.2.19.	Sismogramas y espectros en frecuencia del evento TOR registrado el 7 de febrero de 2012 a las 9:13 p.m. en el volcán Galeras.	28
Figura 2.1.2.20.	Sismogramas y espectros en frecuencia del evento TRE armónico registrado el 23 de febrero de 2012 a las 11:39 p.m. por algunas de las estaciones de monitoreo del volcán Galeras.	28
Figura 2.1.2.21.	Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 31 de marzo de 2012. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 3 Km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4200 msnm).	29
Figura 2.1.2.22.	Sismograma de la estación ANGANROY, ubicada a 0,8 km al ESE de edificio volcánico de Galeras. En la imagen se destaca el enjambre sísmico registrado entre el 11 y 12 de abril de 2012.	30
Figura 2.1.2.23.	Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 30 de abril de 2012. 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).	31
Figura 2.1.2.24.	Sismograma de la estación ANGANROY, ubicada a 0,8 km al ESE de edificio volcánico de Galeras. En el recuadro rojo se destaca el enjambre sísmico registrado el 9 de mayo a partir de las 8:14 a.m. y los episodios de TRE que estuvieron asociados a procesos de salida de gases y cenizas.	32
Figura 2.1.2.25.	Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 31 de mayo de 2012. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2,2 Km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4200 msnm).	33
Figura 2.1.2.26.	Sismograma, espectro y espectrograma del evento tipo TRE registrado el 17 de junio, a las 4:05 p.m., registro asociado a emisión de cenizas del volcán Galeras.	34
Figura 2.1.3.1.	Comportamiento de las componentes tangencial y radial (medido en microradianes) del inclinómetro electrónico Cráter, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 30 de junio de 2012.	36
Figura 2.1.3.2.	Comportamiento de las componentes tangencial y radial (medido en microradianes) del inclinómetro electrónico Peladitos, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 30 de junio de 2012.	36
Figura 2.1.3.3.	Comportamiento de las componentes tangencial y radial (medido en microradianes) del inclinómetro electrónico Huairatola, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 30 de junio de 2012	37



Figura 2.1.3.4.	Comportamiento de las componentes Norte y Este (medido en microradianes) del inclinómetro electrónico Cobanegra, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 30 de junio de 2012.	37
Figura 2.1.3.5.	Comportamiento de las componentes Norte y Este (medido en microradianes) del inclinómetro electrónico Urcunina, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 30 de junio de 2012.	38
Figura 2.1.3.6.	Comportamiento de las componentes Norte y Este (medido en microradianes) del inclinómetro electrónico Cóndor, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 30 de junio de 2012.	38
Figura 2.1.3.7.	Comportamiento de las componentes Norte y Este (medido en microradianes) del inclinómetro electrónico Arlés, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 30 de junio de 2012.	39
Figura 2.1.3.8.	Comportamiento de las componentes Norte y Este (medido en microradianes) del inclinómetro electrónico Calabozo, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 30 de junio de 2012.	39
Figura 2.1.3.9.	Vectores resultantes para los inclinómetros electrónicos instalados en Galeras. Teniendo en cuenta los cambios mostrados por el inclinómetro Cráter.	40
Figura 2.1.3.10.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cráter instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero y el 30 de junio de 2012.	41
Figura 2.1.3.11.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Barranco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero y el 30 de junio de 2012.	41
Figura 2.1.3.12.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Mapachico instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 30 de mayo y el 30 de junio de 2012.	42
Figura 2.1.4.1.	Localización de las estaciones telemétricas, empleadas en ScanDOAS.	43
Figura 2.1.4.2.	Flujo de emisión de SO ₂ registrado entre el 1 de enero de 2012 y el 31 de diciembre de 2012. Se resalta en gris el periodo evaluado.	44
Figura 2.1.4.3.	Flujo de emisión de SO ₂ registrado entre el 1 de enero de 2012 y el 31 de diciembre de 2012. se resalta en gris el periodo evaluado.	44
Figura 2.1.4.4.	Concentración del isótopo Radioactivo Rn-222, registrado entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2012, en la Línea Galeras.	46
Figura 2.1.4.5.	Concentración del isótopo Radioactivo Rn-222, registrado entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2011, en la Línea Barranco.	47
Figura 2.1.4.6.	Fotografías de la instalación de una trampa alcalina en la cima del volcán Galeras. Fecha de muestreo: 14 de marzo de 2012	48
Figura 2.1.4.7.	Mapa de Localización de las Fuentes Terales presentes en el área de influencia de Volcán Galeras.	49
Figura 2.1.5.1.	Comportamiento de las tres componentes Z, N (X) y E (Y) del campo magnético en el sector de Frailejón para el semestre A de 2012.	52
Figura 2.1.5.2.	Variaciones del Campo Eléctrico espontáneo en la estación Lavas. Los puntos rojos hacen referencia a las medidas realizadas en la componente EW y los azules en la componente NS.	53
Figura 2.1.5.3.	Variaciones del Campo Eléctrico espontáneo en la estación Peladitos. Los puntos rojos hacen referencia a las medidas realizadas en la componente NS y los azules en la componente EW.	53
Figura 2.1.5.4.	Variaciones del Campo Eléctrico espontáneo en la estación La Y. Los puntos rojos hacen referencia a las medidas realizadas en la componente NS y los azules en la componente EW.	54
Figura 2.1.6.1.	Evento tipo tremor del día 26 de mayo a las 07:57 LT, asociado a emisión de gases y material particulado.	55
Figura 2.1.6.2.	Emisión de gases y ceniza asociada al evento tipo tremor de las 07:57 LT. A. Vista desde la cámara Barranco Alto, registrada a las 08:02 LT. B. Vista desde la cámara de Consacá, registrada a las 08:05 LT. C. Vista desde la cámara OVSP, registrada a las 08:04 LT.	56
Figura 2.1.6.3.	Evento tipo tremor del día 26 de mayo a las 22:05:00 LT, asociado a emisión de gases y material particulado.	57
Figura 2.1.6.4.	Evento tipo tremor del día 27 de mayo a las 09:33:00 LT, asociado a emisión de gases y	57



	material particulado.	
Figura 2.1.6.5.	Emisión de gases y ceniza asociada al evento tipo temblor de las 09:33 LT. Figura 6.5A. Vista desde la cámara Barranco Alto, registrada a las 09:39 LT. Figura 6.5B. Vista desde la cámara de Consacá, registrada a las 09:38 LT.	58
Figura 2.1.6.6.	Evento tipo temblor del día 27 de mayo a las 12:15:00 LT, asociado a emisión de gases y material particulado.	58
Figura 2.1.6.7.	Paneles solares de la Estación de Barranco Alto, en los cuales se observa material particulado, asociado a las emisiones del 26 y 27 de mayo.	59
Figura 2.1.6.8.	Colección de cenizas en los paneles solares de la Estación de Barranco Alto, asociada a las emisiones del 26 y 27 de mayo.	59
Figura 2.1.6.9.	Aspecto de cenizas depositadas en algunos sectores de la Estación de Barranco Alto, asociada a las emisiones del 26 y 27 de mayo.	60
Figura 2.1.6.10.	Aspecto bajo la lupa binocular de: A. Fragmentos líticos alterados; B. Fragmentos líticos; C. Fragmentos de vidrio gris – translucido; D. Fragmentos de vidrio negro; E. Cristales de Piroxenos; F. Cristales de Plagioclasa maclada.	61
Figura 2.1.6.11.	Evento tipo temblor del día 08 de junio a las 20:54:12 LT, asociado a emisión de gases y material particulado.	62
Figura 2.1.6.12.	Moto cubierta por material particulado, caída de ceniza registrada en el municipio de Samaniego.	62
Figura 2.1.6.13.	Aspecto bajo la lupa binocular de: A. Fragmentos líticos alterados; B. Fragmentos líticos; C. Fragmentos de vidrio de color negro; D. Fragmentos de vidrio gris.	64
Figura 2.1.7.1.	Imágenes del volcán Galeras, capturadas desde el sector de Barranco Alto y Consacá, el 5 de junio de 2012., en las fotografías se observa la emisión de gases y material particulado.	65
Figura 2.1.7.2.	Imágenes del volcán Galeras, capturadas el sector de Telecom, sobre la cima volcánica, el 6 de junio de 2012, en las fotografías se observa emisión de gases.	65
Figura 2.1.7.3.	Imágenes de una motocicleta, ubicada en el municipio de Samaniego, capturadas el 8 de junio de 2012, en las fotografías se distingue el material particulado caído proveniente de Galeras.	65
Figura 2.1.7.4.	Imágenes del volcán Galeras, capturadas desde el OVSP y Consacá, el 12 de junio de 2012, en las fotografías se observa la emisión de gases y material particulado.	66
Figura 2.1.7.5.	Imágenes del volcán Galeras, capturadas desde el OVSP, el 12 de junio de 2012., en horas de la tarde, en las fotografías se observa la emisión de gases y material particulado.	66
Figura 2.1.7.6.	Imagen del volcán Galeras, capturada desde Barranco Alto, el 20 de junio de 2012 en horas de la mañana, a las 8:53 a.m., en la fotografía se observa la emisión de gases.	67
Figura 2.1.7.7.	Imágenes del volcán Galeras, capturada desde Barranco Alto, el 27 de junio de 2012 en horas de la tarde, en las fotografías se observa la emisión de gases y material particulado.	67
Figura 2.2.1.	Imagen del complejo volcánico Cumbal.	69
Figura 2.2.1.1	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Cumbal durante el primer semestre de 2012.	70
Figura 2.2.1.2.	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Cumbal durante el primer semestre de 2012. Las líneas punteadas muestran los diferentes enlaces telemétricos utilizados para la transmisión de los datos	71
Figura 2.2.1.3.	Histograma del porcentaje de funcionamiento, durante el primer semestre de 2012, de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Cumbal.	71
Figura 2.2.2.1.	Histograma de número diario de eventos volcánicos por tipo, desde julio de 2011 a junio de 2012. El recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.	72
Figura 2.2.2.2.	Relaciones comparativas de la variación de la sismicidad del segundo semestre del 2011 en comparación con el primer semestre de 2012, en cuanto a número de sismos.	72
Figura 2.2.2.3.	Relaciones porcentuales de conteo por tipo de sismos para el segundo semestre de 2011 (izquierda) y el primer semestre de 2012 (derecha).	73
Figura 2.2.2.4.	Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo TOR, registrado el 17 de enero de 2012 a las 11:52 p.m.	73
Figura 2.2.2.5.	Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo TOR, ocurrido en Cumbal, el 4 de febrero de 2012 a las 6:25 p.m.	74



Figura 2.2.2.6.	Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo LPS, ocurrido en Cumbal, el 23 de febrero de 2012 a la 1:30 p.m.	74
Figura 2.2.2.7.	Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo TOR, registrado el 15 de marzo de 2012 a las 3:43 a.m.	74
Figura 2.2.2.8.	Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo LPS, ocurrido en Cumbal, el 2 de abril de 2012 a las 3:44 p.m.	75
Figura 2.2.2.9.	Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo LPS, ocurrido en Cumbal, el 10 de abril de 2012 a las 4:36 p.m.	75
Figura 2.2.2.10.	Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo TOR, ocurrido en Cumbal, el 5 de junio de 2012 a las 4:26 p.m., registrando 92 segundos de duración.	75
Figura 2.2.2.11.	Evolución temporal de las frecuencias dominantes de los eventos tipo TOR registrados entre el 28 de julio de 2010 y el 30 de junio de 2012.	76
Figura 2.2.2.12.	Duración en segundos de los eventos tipo TOR registrados entre el 28 de julio de 2010 y el 30 de junio de 2012.	76
Figura 2.2.3.1.	Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro La Mesa, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 30 de junio de 2012.	77
Figura 2.2.4.1.	Mapa de localización de las Fumarolas en el Volcán Cumbal	78
Figura 2.2.4.2.	Fotografías de la toma de muestra de gases en la Fumarola El Rastrojo y el Verde del Volcán Cumbal.	79
Figura 2.2.4.3.	Mapa de Localización de las Fuentes Termales presentes en el área de influencia de Volcán Cumbal.	80
Figura 2.2.5.1.	Imagen del Complejo Volcánico Cumbal, capturada desde el municipio de Cumbal, el 4 de junio de 2012., en horas de la mañana, en la fotografía se observa emisión de gases.	81
Figura 2.2.5.2.	Imágenes del Complejo Volcánico Cumbal, capturadas desde el municipio de Cumbal, el 15 de junio de 2012., en horas de la mañana, en las fotografías se observa emisión de gases.	82
Figura 2.2.5.3.	Imágenes del Complejo Volcánico Cumbal, capturadas desde el municipio de Cumbal, el 16 de junio de 2012., en horas de la mañana, en las fotografías se observa emisión de gases.	82
Figura 2.2.5.4.	Imágenes del Complejo Volcánico Cumbal, capturadas desde el municipio de Cumbal, el 17 de junio de 2012., en horas de la mañana, en las fotografías se observa emisión de gases.	82
Figura 2.2.5.5.	Imágenes del Complejo Volcánico Cumbal, capturadas desde el municipio de Cumbal, el 18 de junio de 2012., en horas de la mañana y tarde, en las fotografías se observa emisión de gases.	83
Figura 2.3.1.	Imagen tomada de Google Earth en donde se observan algunos volcanes del sur de Colombia y del norte del Ecuador, entre ellos están Doña Juana, Galeras, Azufral y Cumbal, monitoreados por el OVSP - INGEOMINAS.	84
Figura 2.3.2.	Imagen de la cima del volcán Doña Juana.	84
Figura 2.3.1.1.	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Doña Juana durante el primer semestre de 2012. Los triángulos simbolizan las estaciones sismológicas de corto período, los círculos verdes simbolizan los inclinómetros electrónicos y el hexágono amarillo la estación sismológica de banda ancha.	85
Figura 2.3.1.2.	Histograma del porcentaje de funcionamiento durante el primer semestre de 2012, de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Doña Juana.	86
Figura 2.3.2.1.	Histograma de número diario de eventos volcánicos por tipo, desde julio de 2011 a junio de 2012. El recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.	87
Figura 2.3.3.1.	Componentes Norte y Este del inclinómetro Florida, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2012.	88
Figura 2.3.3.2.	Componentes Norte y Este del inclinómetro Páramo, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2012.	88
Figura 2.3.4.1.	Mapa de localización de las Fuentes Termales del Volcán Doña Juana	89
Figura 2.4.1.	Panorámica de la laguna cratérica del volcán Azufral. Nótese el domo pequeño de color claro en la parte izquierda de la imagen y detrás de la laguna, los grandes domos. Septiembre 4 de 2008, 12:10 p.m.	91
Figura 2.4.1.1.	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán	92



	Azufral durante el primer semestre de 2012.	
Figura 2.4.1.2.	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el primer semestre de 2012. Las líneas amarillas (punteada y continua) muestran los diferentes enlaces telemétricos utilizados para la transmisión de los datos.	93
Figura 2.4.1.3.	Histograma del porcentaje de funcionamiento durante el primer semestre de 2012, de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral.	93
Figura 2.4.2.1.	Histograma de número diario de eventos volcánicos por tipo, desde julio de 2011 a junio de 2012. El recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.	94
Figura 2.4.3.1.	Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Chaitán, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 30 de junio de 2012.	95
Figura 2.4.3.2.	Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro La Roca, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 30 de junio de 2012.	95
Figura 2.4.3.3.	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.	96
Figura 2.4.3.4.	Comportamiento de los reflectores leídos desde la base el Mojón, ubicada en la cima del volcán Azufral, desde la instalación hasta el primer semestre del 2012.	97
Figura 2.4.3.5.	Comportamiento de los reflectores leídos desde la base Panamal, ubicada al sur del volcán Azufral, en el primer semestre del 2012.	98
Figura 2.4.4.1.	Mapa de localización de la Fumarola Mallama del Volcán Azufral	98
Figura 2.4.4.2.	Captura directa de gases en fumarola en el Domo Activo del Volcán Azufral	99
Figura 2.4.4.3	Mapa de localización de las fuentes termales del Volcán Azufral	99



INTRODUCCIÓN

El Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto –Servicio Geológico Colombiano, durante el primer semestre de 2012, continuó con la tarea institucional de vigilar la actividad de los volcanes del segmento Sur de Colombia, monitoreando en forma continua durante las 24 horas del día y en tiempo real, los diferentes parámetros de estudio que permiten la evaluación de la actividad volcánica. De esta manera tiene instalada una red de vigilancia en los volcanes Galeras, Cumbal, Doña Juana y Azufral con sensores sísmicos, geofísicos, de deformación cortical y muestreos periódicos de geoquímica. El monitoreo de la actividad superficial y cambios de temperatura en la zona de los cráteres volcánicos, se realiza mediante sobrevuelos de reconocimiento a la cima del volcán, trabajo realizado gracias al apoyo de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC), quienes tienen a disposición del Servicio Geológico Colombiano, una tripulación especializada en vuelos en altura, un helicóptero Huey equipado con una cámara Flir de muy alta tecnología.

El presente informe resalta los resultados obtenidos en las diferentes áreas del monitoreo, durante el primer semestre de 2012, para los volcanes Galeras, Cumbal, Doña Juana y Azufral y presenta la evaluación de la misma y el estado de actividad de los volcanes.

Este informe técnico de la actividad de los volcanes del segmento Sur de Colombia: Galeras, Cumbal, Doña Juana y Azufra puede ser consultado por personas con diferentes niveles académicos y puede ser usado como guía informativa, de consulta ó como una base para el desarrollo de estudios posteriores que requieran mayor detalle y nivel de análisis, siempre y cuando se respete y se cite la fuente primaria.

Para el trabajo que el OVSP-Servicio Geológico Colombiano realiza en los volcanes, es importante resaltar el apoyo y colaboración de Instituciones como La Fuerza Aérea Colombiana (FAC), La Policía Nacional de Colombia, el Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR) de Alemania, el United States Geological Survey (USGS) de los Estados Unidos y al Proyecto NOVAC (Network for Observation of Volcanic and Atmospheric Change) de la Unión Europea; a quienes El Servicio Geológico expresa su agradecimiento.



RESUMEN

Durante el primer semestre de 2012, en el volcán Galeras, se notó un aumento en la ocurrencia de sismos comparada con el semestre anterior. La actividad sísmica, se caracterizó principalmente por el predominio en ocurrencia de eventos asociados con movimiento de fluidos de fuente persistente y transitoria (eventos tipo TRE y LPS), acompañados también por el registro de eventos relacionados fracturamiento de material cortical y posterior movimiento de fluido (HYB), con menor ocurrencia de los eventos asociados a fracturamiento de material cortical (sismos tipo VT).

En el contexto sísmico, para el primer semestre de 2012 se resalta la presencia de eventos tipo HYB y VT en los meses de febrero a mayo, sin embargo se registró otros eventos que sísmicamente pueden considerarse relevantes dentro de la actividad de Galeras. En el mes de marzo se registró sismicidad superficial asociada a fracturamiento de material cortical, esta sismicidad antecedió a los sismos de VT que posteriormente se asociaron a intrusión magmática. En abril de 2012, se resalta la ocurrencia de varios enjambres sísmicos, (gran cantidad de eventos en un tiempo relativamente corto) la mayoría de los cuales involucran tanto rompimiento de material cortical como dinámica de fluidos. La sismicidad asociada con fracturamiento de material cortical registrada en abril, fue la observación más importante para generar la hipótesis de una intrusión magmática, y aunque no se ha determinado su volumen, se sabe que es de menor magnitud que las asociadas con los domos de 2006 y 2008 debido a los menores niveles de energía sísmica liberada en el proceso.

Con respecto a la red de Deformación, para este primer semestre se resalta las variaciones observadas en las componentes de algunos inclinómetros a partir del 22 de marzo de 2012, las cuales pueden estar asociados con procesos inflacionarios el sector sur occidental del volcán.

En el transcurso del periodo evaluado, el monitoreo de las emisiones de Dióxido de Azufre (SO₂) a la atmósfera, provenientes del volcán Galeras, para la mayor parte del segundo semestre del 2012, arrojó valores de flujo considerados entre bajos y altos, con los mayores valores registrados en el mes de junio.

Con base en el análisis de la información del volcán Galeras el nivel de actividad se mantiene en Amarillo ■ (III): “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”

De acuerdo al monitoreo sísmico registrado por la estación La Mesa, instalada en el complejo volcánico de Cumbal, se ha observado que la mayor parte de registros se encuentran asociados a sismos relacionados con movimiento de fluidos al interior del edificio volcánico, en relación al mes anterior se observó un ascenso en ocurrencia de la sismicidad registrada, para el periodo evaluado se tuvo registro de eventos tipo TOR.

De acuerdo a la evolución que el volcán ha mostrado en los últimos meses, el Observatorio Vulcanológico decide cambiar el nivel de actividad de VERDE ● (IV): “Volcán activo y



comportamiento estable” a AMARILLO ■ (III): “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”, con base en las diferentes manifestaciones registradas con la red instrumental instalada.

En cuanto a la actividad del volcán Doña Juana, se observó en este periodo, que la actividad sísmica estuvo dominada por eventos asociados a fracturamiento de material cortical, que con respecto al mes anterior se observó un incremento en ocurrencia. Los eventos localizados se ubicaron de manera dispersa, a distancias menores a los 25 Km, con magnitudes locales inferiores a 2 en la escala de Richter.

En relación al volcán Azufra, predominaron los registros clasificados como VT, eventos asociados a fracturamiento de material cortical y con respecto al mes anterior se observó un descenso en ocurrencia de sismicidad.

Con base en el análisis de la información de los volcanes Doña Juana y Azufra, estos se consideran en Nivel Verde ● (,9), “Volcán activo y comportamiento estable”.



**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**
República de Colombia



2. VOLCANES DE NARIÑO



2.1. VOLCÁN GALERAS

2.1.1. RED DE VIGILANCIA

Durante el primer semestre de 2012, la red instalada para la vigilancia del volcán Galeras estuvo conformada por las siguientes estaciones:

- Al inicio del semestre se tenía once estaciones sismológicas telemétricas de las cuales ocho eran de corto periodo (4 triaxiales y 4 de componente vertical) y tres de banda ancha; sin embargo, en el mes de febrero se realizó reposición de equipo y una de las estaciones de corto periodo de componente vertical pasó a ser de banda ancha, y en el mes de mayo se instaló una nueva estación de banda ancha, quedando al final del semestre doce estaciones sismológicas telemétrica, siete de corto periodo y cinco de banda ancha (Tabla 2.1.1.1, Figura 2.1.1.1). Para recibir la información que detectan estas estaciones en la sede del Observatorio Vulcanológico de Pasto (OVP), se cuenta con una red telemétrica punto a punto, con cuatro repetidoras instaladas en sitios estratégicos. Las estaciones que usan repetidora para el enlace son: Cóndor y San Felipe (repiten por Cruz de Amarillo); Calabozo (repite por Bruma); Nariño-2 (repite por Morasurco-2) y Arles (repite por Lomalarga y Morasurco-2). En la figura 2.1.1.1 se muestran los enlaces de radio entre las estaciones que envían su señal hasta el OVP a través de las repetidoras.
- Tres sensores acústicos, uno ubicado en el sector occidental, en el sitio de la estación sismológica de corto periodo Calabozo, otro ubicado en el sitio de la estación sismológica de corto periodo Cráter-2 y uno ubicado en la estación sismológica de corto periodo Cóndor (Tabla 2.1.1.1, Figura 2.1.1.1).

Tabla 2.1.1.1. Características de las estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad sísmica y de cambios de presión acústica en el volcán Galeras durante el primer semestre de 2012.

Estación	Tipo de Información	Tipo de Sensor	Componente	Distancia al Cráter (km)	Dirección respecto al Cráter	Altitud (msnm)
Anganoy	Analógica	Corto Período	Vertical	0.8	E	4170
Cobanegra-3	Analógica	Corto Período	Vertical	3.9	SSE	3625
Nariño-2	Analógica	Corto Período	Vertical	5.0	NNW	2870
Urcunina	Digital	Corto Período	Triaxial	2.3	ESE	3494
Cóndor	Digital	Corto Período	Triaxial	4.9	SW	3985
Calabozo	Digital	Corto Período	Triaxial	6.8	WSW	2353
Morasurco	Digital	Corto Período	Triaxial	13.7	NE	3504
Arlés	Digital	Banda Ancha	Triaxial	3.6	NW	3386
San Felipe	Digital	Banda Ancha	Triaxial	7.6	SW	3491
Cráter-2	Digital	Banda Ancha	Triaxial	1.5	S	4048
Cuñño	Digital	Banda Ancha	Triaxial	1.9	ENE	3800
Obonuco	Digital	Banda Ancha	Triaxial	4.9	SE	3010
Cráter-Acústico	Digital	Presión Acústica	Unidireccional	1.5	S	4048
Calabozo-Acústico	Digital	Presión Acústica	Unidireccional	6.8	WSW	2353
Cóndor-Acústico	Digital	Presión Acústica	Unidireccional	4.9	SW	3985

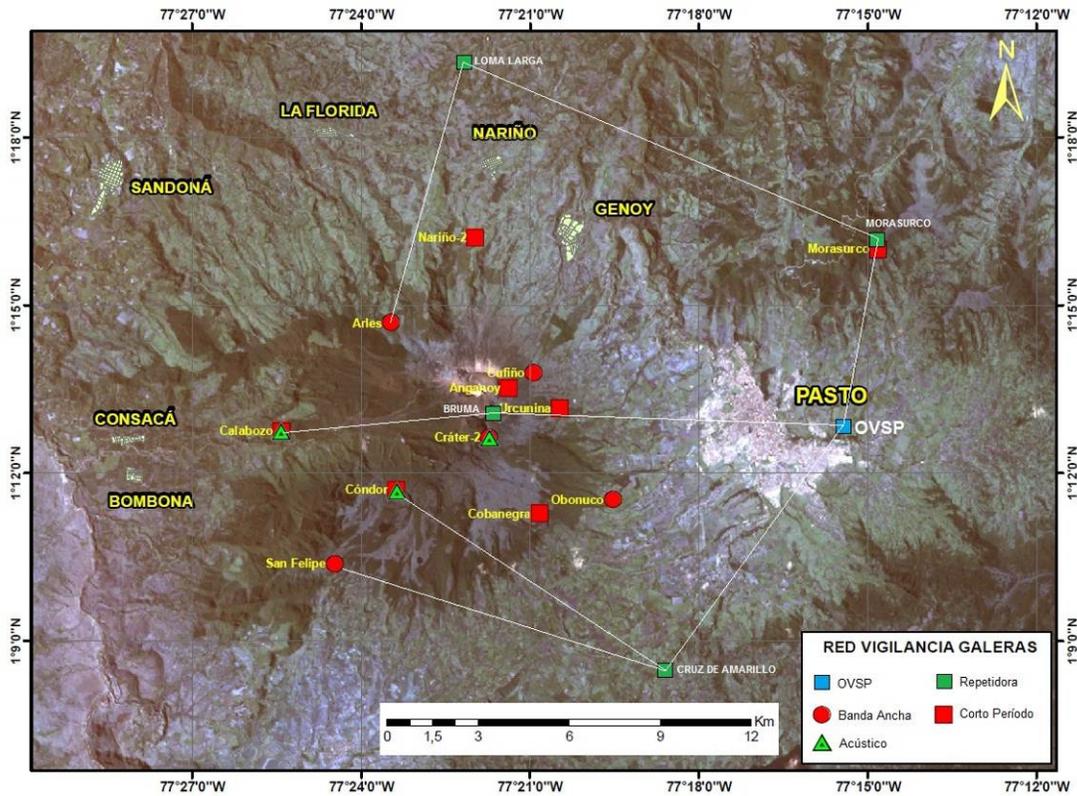


Figura 2.1.1.1. Mapa de localización de las estaciones (sismómetros de corto periodo-CP y banda ancha-BA, presión acústica y repetidoras) que conformaron la red de monitoreo de Galeras durante el primer semestre de 2012. En líneas blancas se señalan los enlaces que usan repetidoras, los demás son directos al OVP.

- Ocho inclinómetros electrónicos telemétricos (Tabla 2.1.1.2, Figura 2.1.1.2). La transmisión de los datos para cuatro de estos inclinómetros (Cráter, Peladitos, Huairatola, y Cobanegra) se realiza a través de una red telemétrica punto-multipunto configurada para todos los inclinómetros instalados en el departamento de Nariño. Por su parte los inclinómetros Cóndor y Calabozo emplean el mismo radio-enlace de la estación sísmica y el sensor acústico, y los inclinómetros Arles y Urcunina emplean el mismo radio-enlace de la estación sísmológica.

Tabla 2.1.1.2. Inclinómetros electrónicos telemétricos que conformaron la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras durante el primer semestre de 2012.

Inclinómetros Electrónicos	Distancia al cráter (km)	Ubicación respecto al cráter principal	Altitud (msnm)
Cráter	0.8	ENE	4060
Peladitos	1.4	SE	3850
Huairatola	1.7	N	3745
Calabozo	6.8	WSW	2350
Cobanegra	3.9	SSE	3625
Urcunina	2.3	ESE	3494
Cóndor	4.9	SW	3985
Arles	3.6	WNW	3386

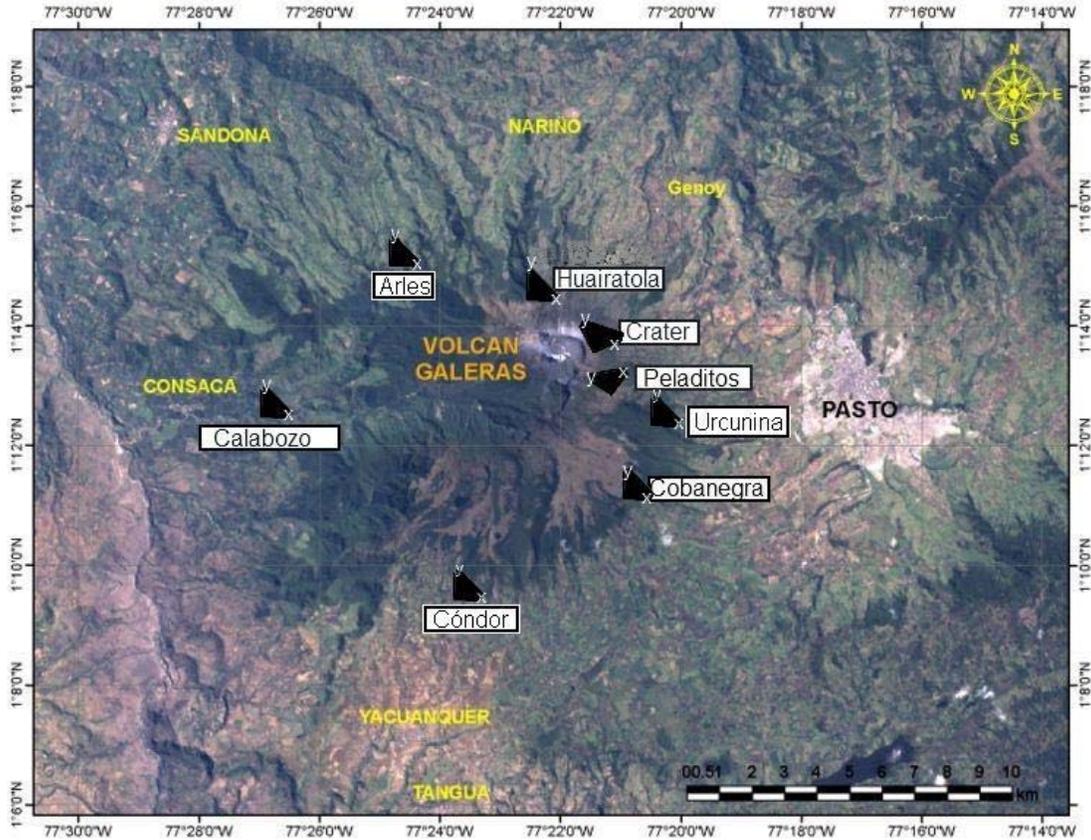


Figura 2.1.1.2. Red para el monitoreo de la deformación volcánica de Galeras, conformada por ocho inclinómetros electrónicos, que funcionaron en el primer semestre de 2012.

- Una red de tres estaciones telemétricas para la detección de emisiones de dióxido de azufre (SO_2), que se encuentran localizadas en el cuadrante noroccidental del edificio volcánico. Para recibir la información de estas estaciones en el OVP se cuenta con una red telemétrica punto a punto conmutable (*switchable*), con dos repetidoras en los cerros Alto de la Palma y Morasurco-2 (Tabla 2.1.1.3, Figura 2.1.1.3). Adicionalmente, se dispone de un equipo portátil MiniDOAS para hacer seguimientos de las emisiones de SO_2 , a través de detecciones instrumentales efectuadas recorriendo la vía circunvalar al volcán Galeras.

Tabla 2.1.1.3. Características de las estaciones que conforman la red de instrumentos ScanDOAS del proyecto NOVAC en el volcán Galeras, las cuales funcionaron durante el primer semestre de 2012.

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

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

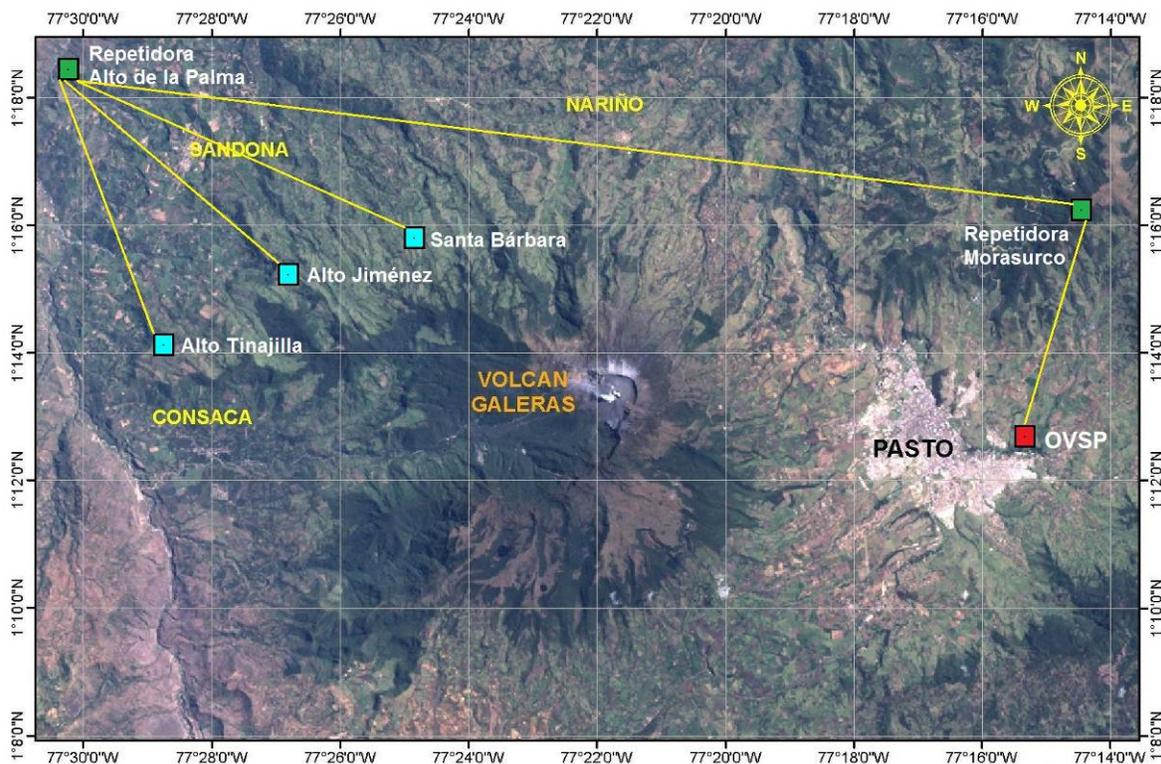


Figura 2.1.1.3. Mapa de localización de las estaciones telemétricas ScanDOAS del proyecto NOVAC para el monitoreo de emisiones de Dióxido de Azufre (SO_2) en el volcán Galeras, que funcionaron durante el primer semestre de 2012. Las líneas amarillas indican los radio-enlaces con las repetidoras Alto de la Palma y Morasurco.

- Una estación telemétrica para detectar cambios en el campo eléctrico y campo magnético, llamada Frailejones (Tabla 2.1.1.4, Figura 2.1.1.4).

Tabla 2.1.1.4. Características de la estación EM-Frailejón que monitorea las variaciones de campo eléctrico y de campo magnético ocasionadas por la actividad del volcán Galeras, funcionando en el primer semestre de 2012.

Estación	Tipo de Información	Tipo de Sensor	Componente	Distancia al Cráter (km)	Dirección respecto al Cráter	Altitud (msnm)
Frailejón	Digital	Eléctrico	Biaxial	2.7	E	3727
Frailejón	Digital	Magnético	Triaxial	2.7	E	3727

- Tres cámaras de video para observación y seguimiento de la actividad superficial, instaladas, una en la sede del Observatorio Vulcanológico de Pasto (OVP), otra en el municipio de Consacá, ubicado en el sector occidental del volcán y una ubicada en el flanco noroccidental del edificio volcánico, en el sector conocido como Barranco (Figura 2.1.1.4).

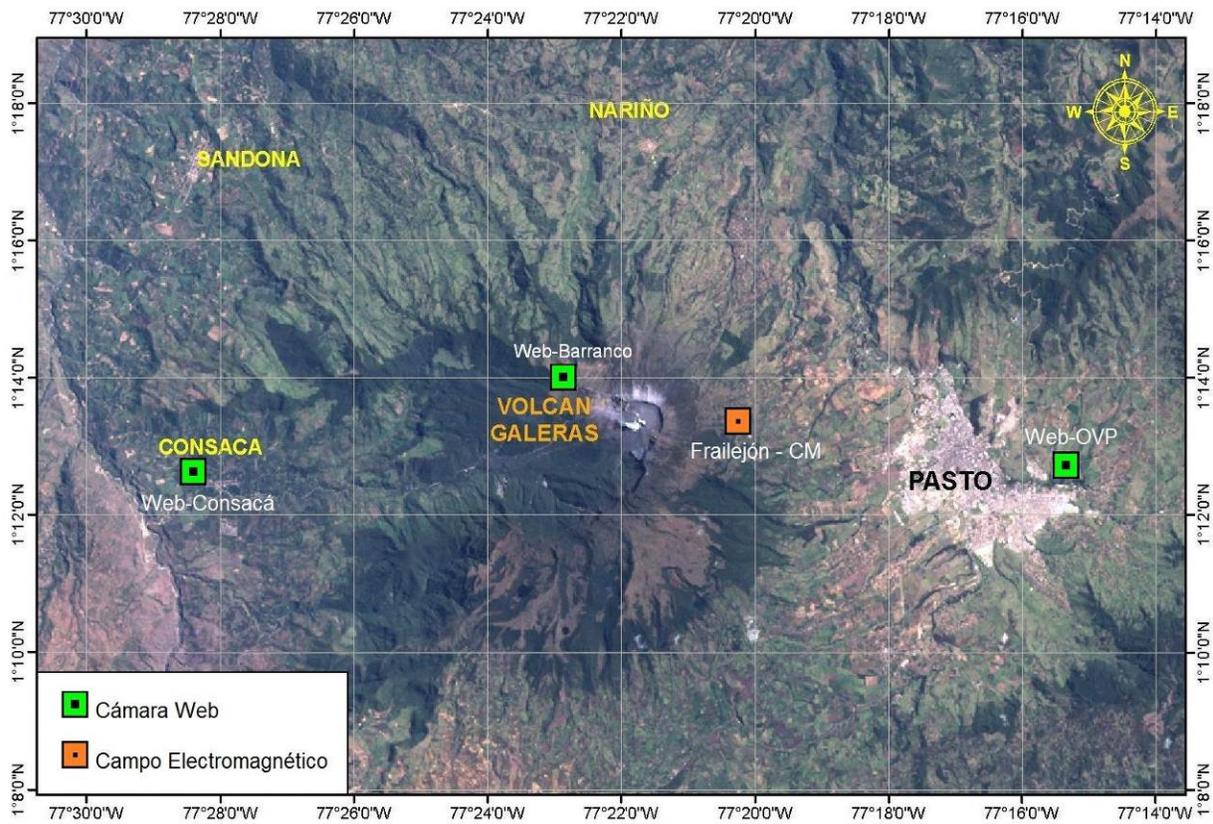


Figura 2.1.1.4. Mapa de localización de las cámaras de video y de la estación para medición de variaciones del campo electromagnético en el volcán Galeras, que funcionaron durante el primer semestre de 2012.

- Dos estaciones telemétricas (Mijitayo Alto y Mijitayo Bajo), conformadas cada una por un geófono y un pluviómetro, para detectar flujos de lodos en el cauce de la quebrada Mijitayo (Figura 2.1.1.5).
- Cuatro estaciones GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite) telemétricas, una ubicada en el emplazamiento de la estación sismológica de corto periodo Cráter-2, otra ubicada en el sector de Barranco Alto, otra en el flanco suroccidental del edificio volcánico, en el sitio conocido como Cóndor y una instalada el 3 de abril de 2012 en la parte alta del corregimiento de Mapachico (Figura 2.1.1.5).
- Veinte estaciones para la medición de emisiones de gas Radón (R_{n-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 llamada Línea Galeras y la segunda hacia el sector norte del volcán llamada Línea Barranco (Figura 2.1.1.6, Tabla 2.1.1.5, Tabla 2.1.1.6).

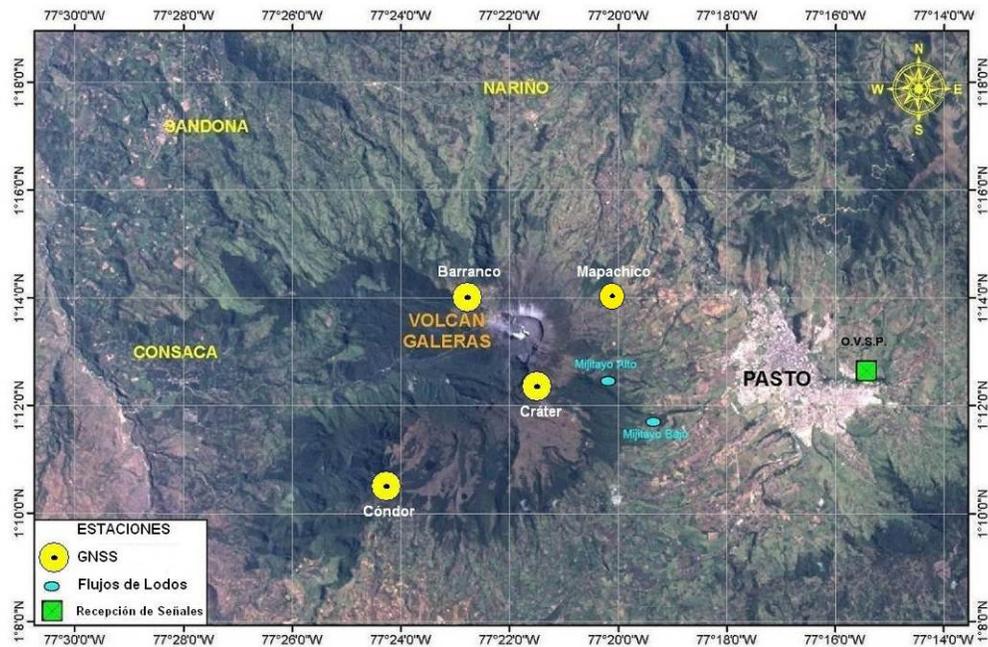


Figura 2.1.1.5. Mapa de localización de las estaciones para monitoreo de flujos de lodos en la quebrada Mijitayo, que nace en el volcán Galeras, y de las estaciones GNSS para el estudio de la deformación volcánica; las cuales funcionaron durante el primer semestre de 2012.

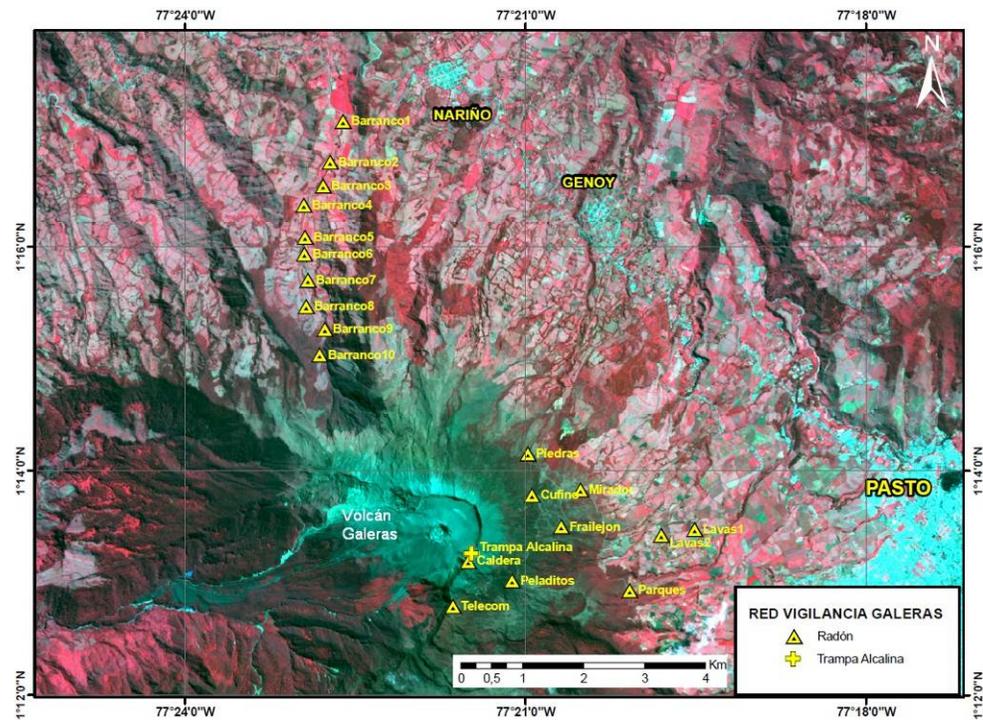


Figura 2.1.1.6. Mapa de localización de las estaciones instaladas en Galeras para el monitoreo de gas Radón, durante el primer semestre de 2012.

Tabla 2.1.1.5. Estaciones para el monitoreo de gas Radón instaladas en la Línea Galeras, durante el primer semestre de 2012, las cuales se encuentran sobre la vía de acceso al Volcán Galeras.

Estación	Distancia al Cráter	Ubicación 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
Lava 2	4.0	E	3166
Lava 1	4.5	E	3000

Tabla 2.1.1.6. Estaciones para el monitoreo de gas Radón instaladas en la Línea Barranco, durante el primer semestre de 2012, las cuales se encuentran en el sector Norte del Volcán Galeras.

Estación	Distancia al Cráter	Ubicación Respecto al Cráter Principal	Altitud (msnm)
BAR01	6.6	NNW	2318
BAR02	6.0	NNW	2504
BAR03	5.7	NNW	2599
BAR04	5.5	NNW	2669
BAR05	5.0	NNW	2644
BAR06	4.7	NNW	2516
BAR07	4.3	NNW	2646
BAR08	3.5	NNW	2947
BAR09	3.1	NNW	2966
BAR10	2.3	NNW	3180

- Se dispuso de una cámara térmica FLIR para el monitoreo de anomalías térmicas en la roca, en el área del cono activo; sin embargo, en el primer semestre de 2012 no fue posible utilizarla durante sobrevuelos por el personal del OVP porque no se contó con el helicóptero de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) para los reconocimientos aéreos.

En este semestre se realizaron en campo los mantenimientos preventivos y correctivos de 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 total de la red instrumental de Galeras fue del 96% con un registro de calidad, lo que permitió garantizar una información confiable para la apropiada evaluación de la actividad volcánica. La Figura 2.1.1.7 muestra el histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo sísmico, inclinometría electrónica, mediciones de gas SO₂ de Galeras, acústica, campo EM, video, monitoreo de flujos de lodos y GNSS, durante el primer semestre de 2012. Los porcentajes más bajos de funcionamiento se tuvieron en la estación Calabozo (sísmológica, inclinómetro y acústico), debido a problemas en el radio enlace; en la estación de campo Electromagnético Frailejón (especialmente en el magnetómetro), por

funcionamiento intermitentemente debido a tormentas eléctricas, y en el sensor de climatología (velocidad y dirección del viento) por problemas de radios enlace.

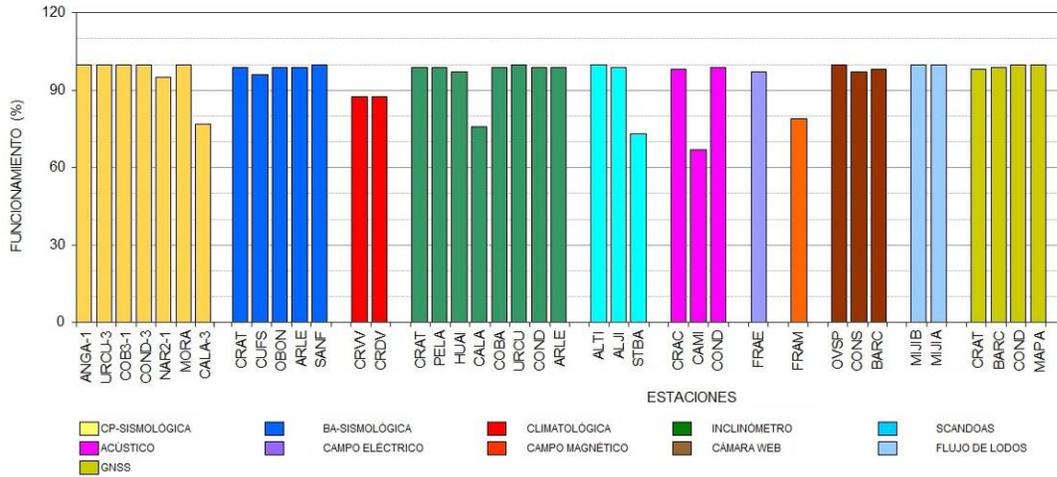


Figura 2.1.1.7. Histograma del porcentaje de funcionamiento durante el primer semestre de 2012 (enero a junio), de las estaciones que conformaron las redes de monitoreo del volcán Galeras.

Durante el primer semestre de 2012, se realizaron mantenimientos preventivos y correctivos tendientes a mejorar la calidad de la información. Los principales problemas presentados estuvieron relacionados con: dificultades en el enlace, por tormenta eléctrica, mal funcionamiento de sensores, etc. En este periodo se hicieron cambios de equipos y trabajos de mantenimiento, donde los más importantes se relacionan en la Tabla 2.1.1.6.

Tabla 2.1.1.7. Principales aspectos relacionados con el funcionamiento y cambio de equipos en la red de Galeras, durante el primer semestre de 2012.

FECHA	ESTACION	DESCRIPCIÓN
Enero	Calabozo y Cufiño	Se realizaron cambios en la configuración de los radios, tratando optimizar y mejorar el radio-enlace.
	Cufiño	Después de una tormenta eléctrica, el magnetómetro instalado en la estación Frailejón dejó de enviar datos.
Febrero	Calabozo	Se solucionó el problema de radio-enlace con la estación Calabozo (sismológica, inclinómetro y acústico), el cual se encontraba a nivel de la repetidora.
	Climatología	El 24 de febrero se instaló un sensor de variables climáticas (velocidad y dirección del viento) en el mismo sitio de la estación sismológica Cráter.
	Cráter-2	El 24 de febrero se hizo reposición de equipo: se retiró un sismómetro de corto período de componente vertical y en su remplazo se instaló un sismómetro de banda ancha.
Marzo	Campo Magnético Frailejón	Debido a una tormenta eléctrica, el magnetómetro instalado en Frailejón dejó de enviar datos el 25 de marzo.
Abril	Morasurco	El 26 de abril se instaló una nueva estación sismológica de corto período en la red de vigilancia del volcán Galeras.
	GNSS Mapachico	El 3 de abril se instaló una nueva estación de GNSS llamada Mapachico, el cual se ubicó en el sector Nor-oriental del edificio volcánico.
	Repetidora Morasurco 2	Debido a las fuertes lluvias, se filtró agua en el contenedor que protegía los equipos contra robo inundando el contenedor. El agua entró a los radios; sin embargo, solamente ocasionó daño en dos de los radios (receptor y transmisor de señal de la estación Nariño-2).
	Frailejón Campo Eléctrico y Magnético.	La estación dejó de funcionar por tres días debido a tormenta eléctrica que afectó el funcionamiento de los sensores. Después del mantenimiento correctivo, quedaron funcionando bien.
	Repetidora Morasurco 1	Se cambió el sistema de protección de la repetidora, por uno tipo gabinete adaptado para la ubicación de los equipos.
Mayo	San Felipe	El 24 de mayo se instaló una nueva estación de banda ancha en el sector Sur-occidental del área de influencia del volcán Galeras.
Junio	Inclinómetro Condor	Se realizó cambio de sensor debido a un comportamiento anómalo que presentaba el inclinómetro especialmente en una de sus componentes.

2.1.2 SISMOLOGÍA

La sismicidad del primer semestre de 2012 estuvo dominada por la dinámica de fluidos, tanto de fuente persistente como de fuente transitoria, TRE y LP respectivamente (Figura 2.1.2.1), en particular, desde el mes de mayo se observa un incremento en este tipo de sismicidad. Se resalta un incremento en número de los sismos tipo HYB entre febrero y marzo, posteriormente en el mes de

abril se presentó un número considerable de eventos tipo VT que junto a cambios en otros parámetros se interpretó como la intrusión de un pulso de material magmático a niveles más superficiales. Respecto al segundo semestre de 2011, en general se observa incremento en cuanto a la ocurrencia sísmica, excepto para los eventos tipo HYB (Figura 2.1.2.1, Figura 2.1.2.3, Tabla 2.1.2.1).

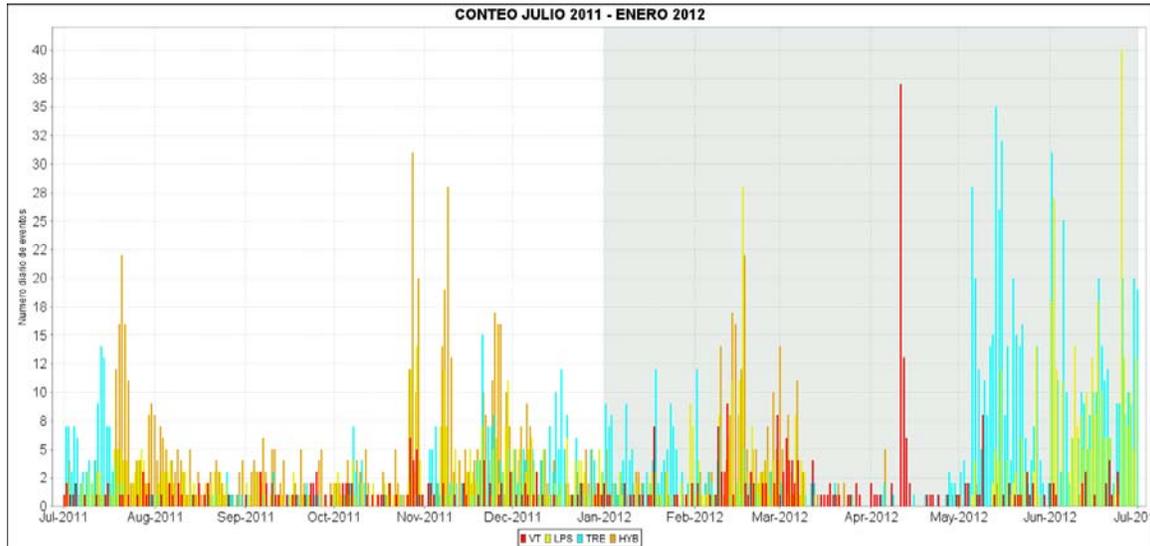


Figura 2.1.2.1. Histograma de número diario de eventos volcánicos por tipo, desde julio de 2011 a junio de 2012. El recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

En cuanto a la energía liberada en el primer semestre de 2012 se destaca el incremento en los sismos tipo HYB para el mes de febrero, el incremento en los sismos tipo VT entre marzo y abril y en los sismos tipo LP y TRE desde mayo hasta julio de 2012 (Figura 2.1.2.2). Estos cambios en la energía sísmica, son consistentes con lo observado en la ocurrencia y también hace parte de la evidencia en la actividad de Galeras durante este semestre. Respecto al segundo semestre de 2012 se observa que la energía liberada es mayor en todos los tipos de sismicidad (Figura 2.1.2.2, Tabla 2.1.2.2).

La Figura 2.1.2.4 muestra una comparación entre las relaciones porcentuales de número y energía liberada por tipo de sismos. Se observa que la sismicidad tipo TRE fue la más recurrente durante el primer semestre de 2012 con el 46% del total, seguida por la sismicidad tipo LP con un 28%. La energía liberada también tuvo su mayor aporte debido a los sismos tipo TRE con el 50% del total.

En las Figuras 2.1.2.5 a la 2.1.2.12 se muestran los histogramas y acumulados anuales de número diario y energía diaria para los tipos LPS, TRE, HYB y VT, en ese orden. En las gráficas de acumulados se pueden observar cambios positivos en las pendientes, lo que se asocia con incremento en la ocurrencia o energía liberada, mientras mayor es la pendiente, el parámetro observado se incrementa con mayor rapidez.



Figura 2.1.2.2. Histograma de energía liberada diaria, en términos de su raíz cuadrada, de eventos volcánicos por tipo, desde julio de 2011 a junio de 2012. El recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

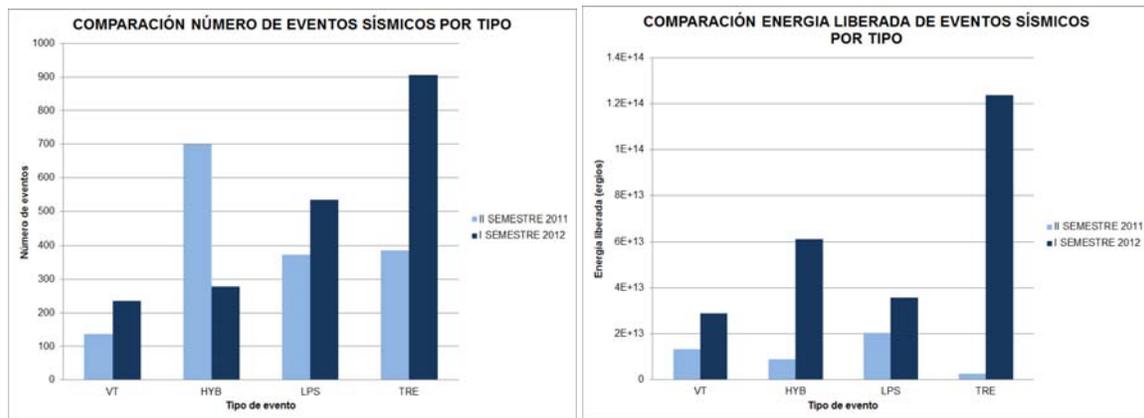


Figura 2.1.2.3 Relaciones comparativas de la variación de la sismicidad del segundo semestre de 2011 en comparación con el primer semestre de 2012. Izquierda, en cuanto a número de sismos y derecha energía sísmica liberada.

Tabla 2.1.2.1. Número de sismos volcánicos por tipo, registrados en los periodos indicados.

	VT	HYB	LPS	TRE
II SEMESTRE 2011	137	699	373	385
I SEMESTRE 2012	235	279	534	905

Tabla 2.1.2.2. Energía sísmica liberada para cada tipo de evento, en los periodos indicados.

	VT	HYB	LPS	TRE
II SEMESTRE 2011	1.34E+13	8.84E+12	2.05E+13	2.57E+12
I SEMESTRE 2012	2.89E+13	6.12E+13	3.57E+13	1.24E+14

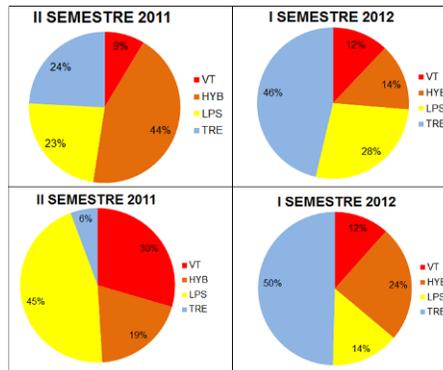


Figura 2.1.2.4. Relaciones porcentuales de conteo (arriba) y energía sísmica liberada (abajo) por tipo de sismos para el segundo semestre de 2012 (izquierda) y el primer semestre de 2012 (derecha).

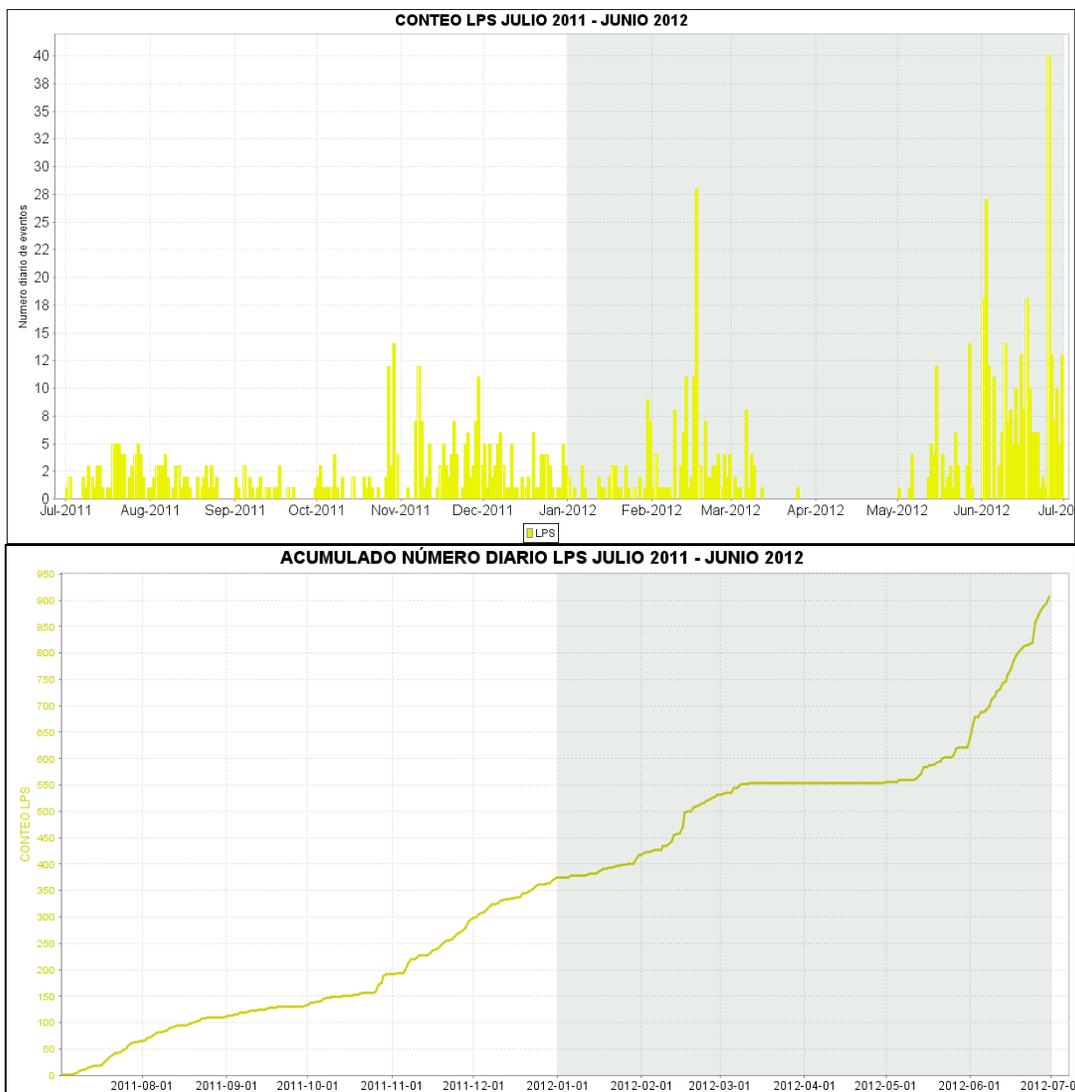


Figura 2.1.2.5. Histograma de número diario de sismos LP (arriba) y acumulado de sismos LP (abajo) durante el segundo semestre de 2011 y primer semestre de 2012. La región sombreada corresponde al periodo evaluado en el presente informe.

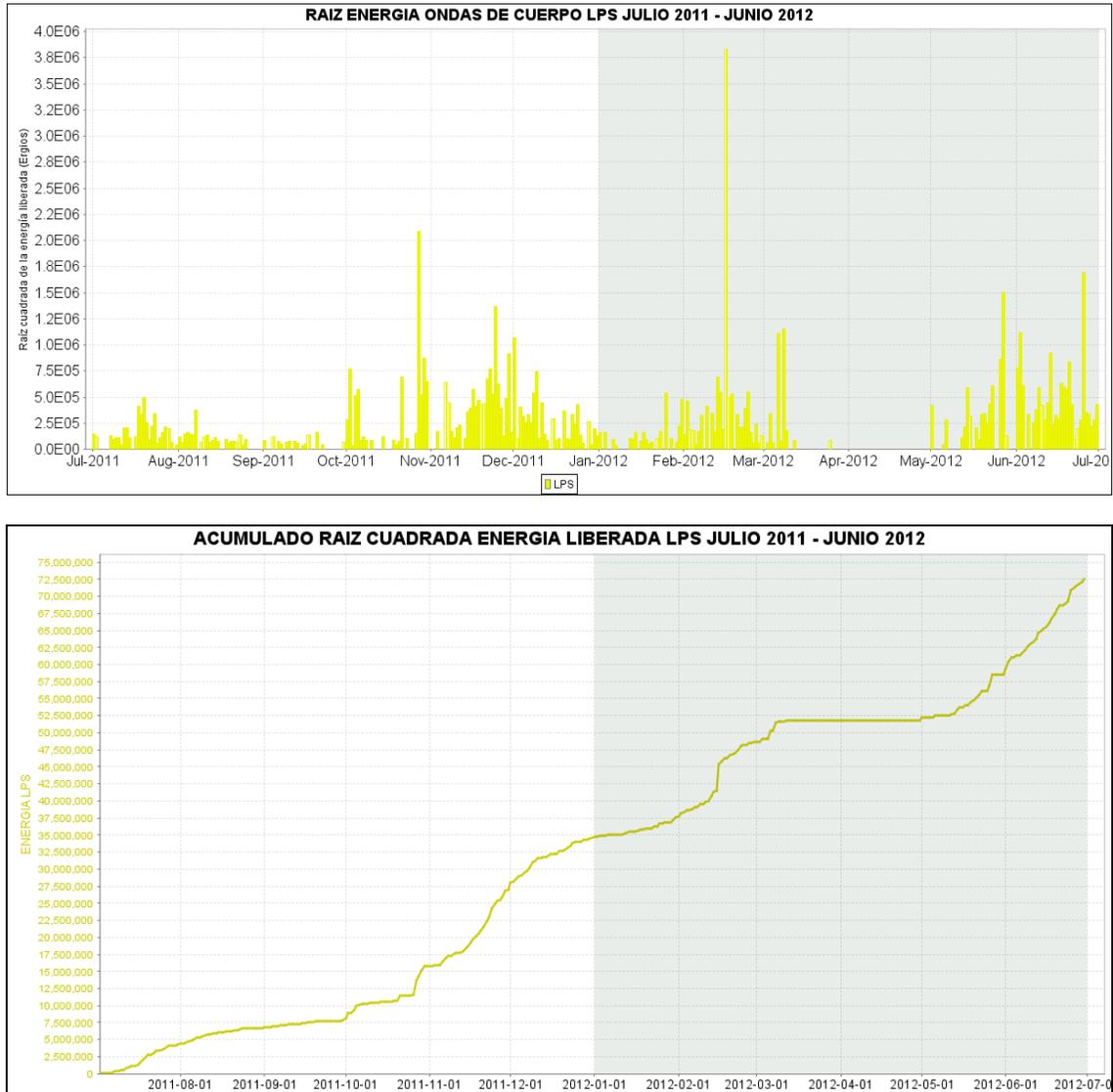


Figura 2.1.2.6. Histograma de energía sísmica liberada diaria de sismos LP (arriba) y acumulado de la energía (abajo) durante el segundo semestre de 2011 y primer semestre de 2012. La región sombreada corresponde al periodo evaluado en el presente informe.

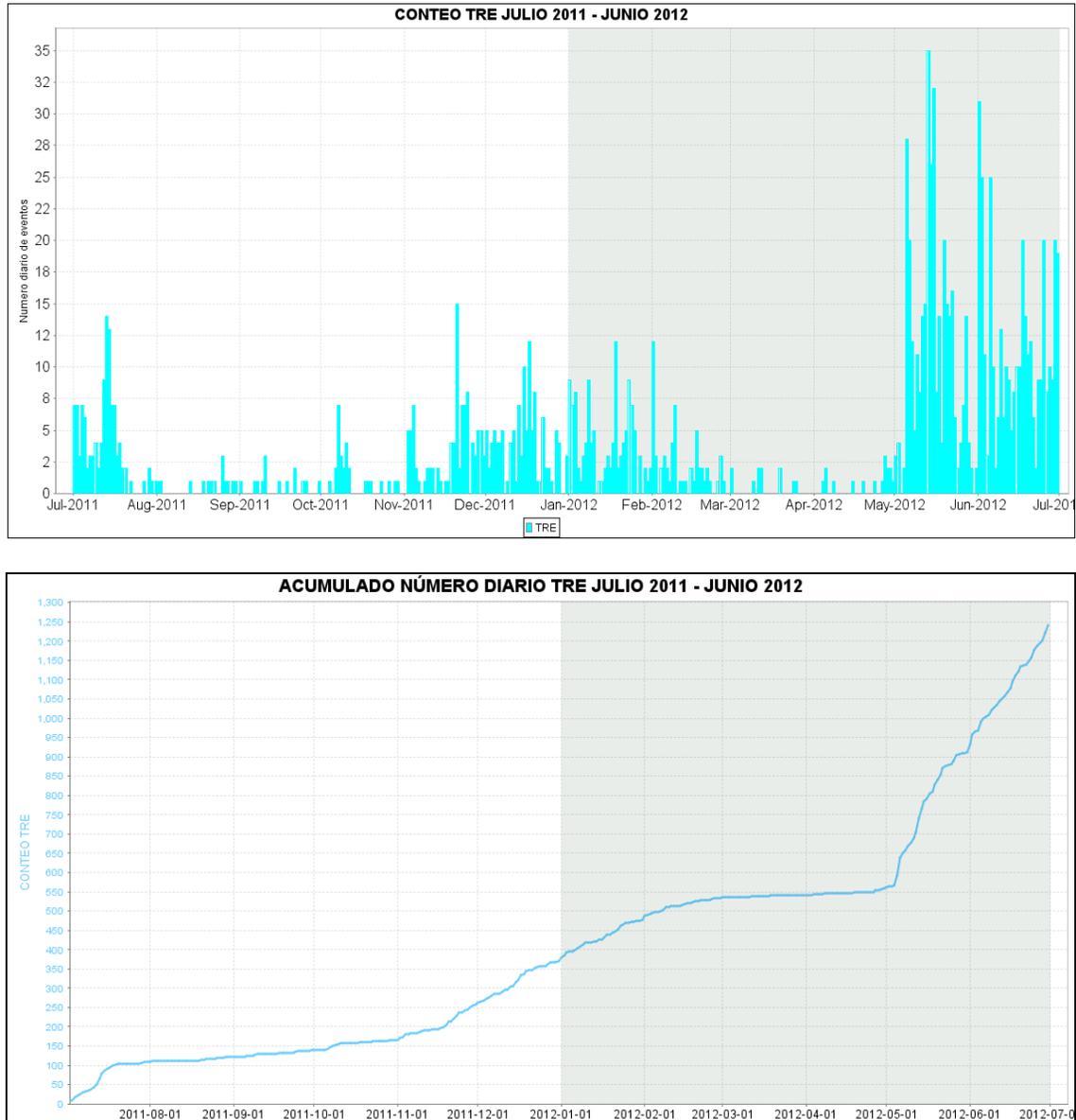


Figura 2.1.2.7. Histograma de número diario de episodios TRE (arriba) y acumulado de episodios TRE (abajo) durante el segundo semestre de 2011 y primer semestre de 2012. La región sombreada corresponde al periodo evaluado en el presente informe.

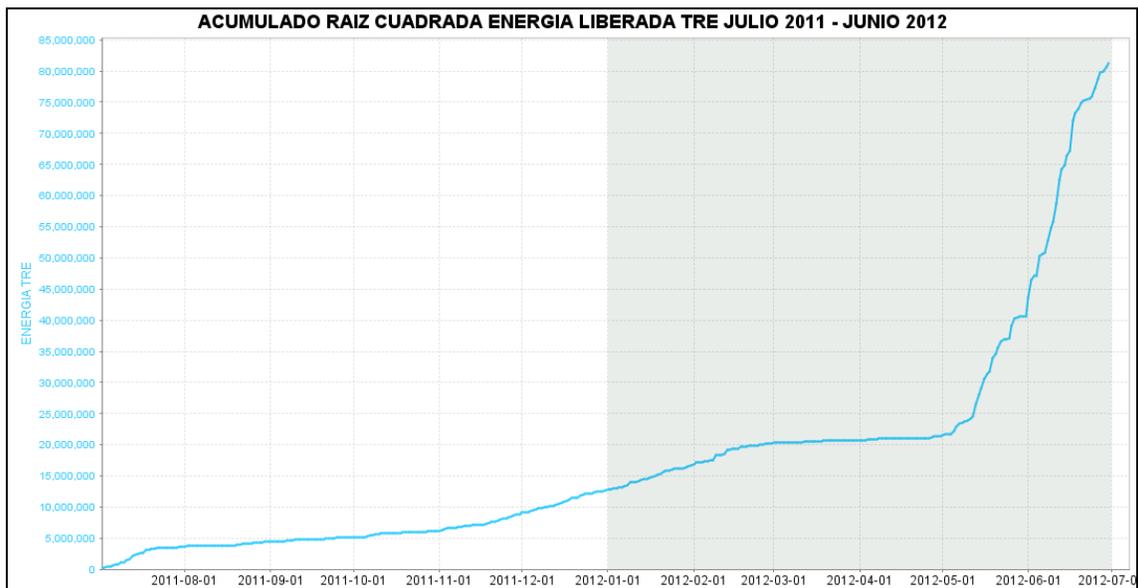
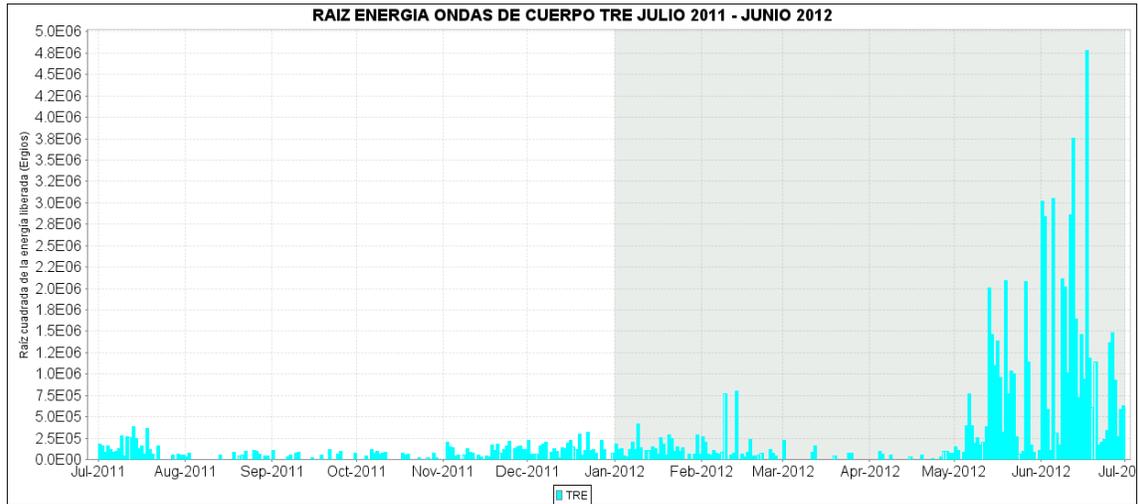


Figura 2.1.2.8. Histograma de energía sísmica liberada diaria de sismos TRE (arriba) y acumulado de la energía (abajo) durante el segundo semestre de 2011 y primer semestre de 2012. La región sombreada corresponde al periodo evaluado en el presente informe.

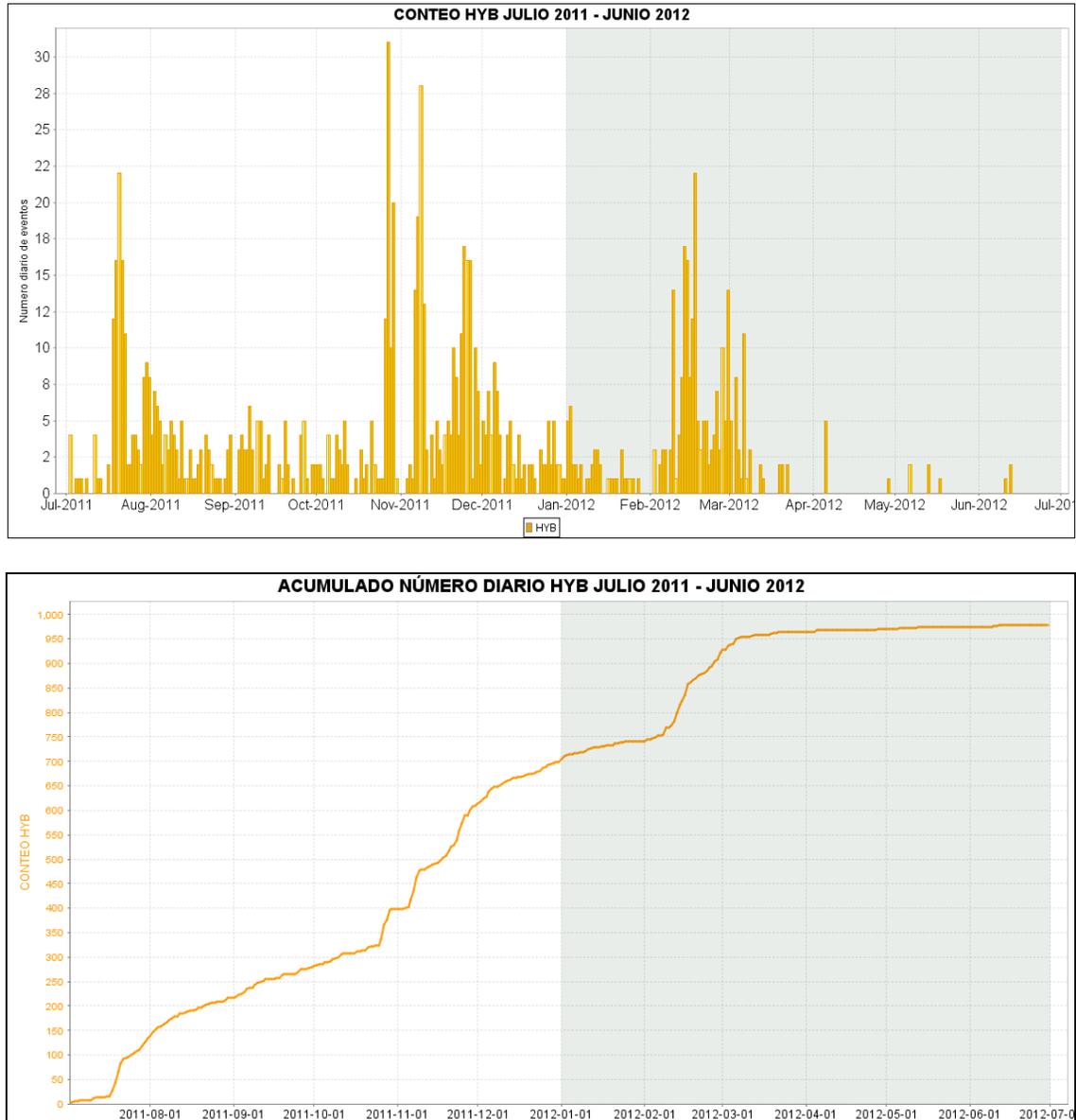


Figura 2.1.2.9. Histograma de número diario de sismos HYB (arriba) y acumulado de sismos HYB (abajo) durante el segundo semestre de 2011 y primer semestre de 2012. La región sombreada corresponde al periodo evaluado en el presente informe.

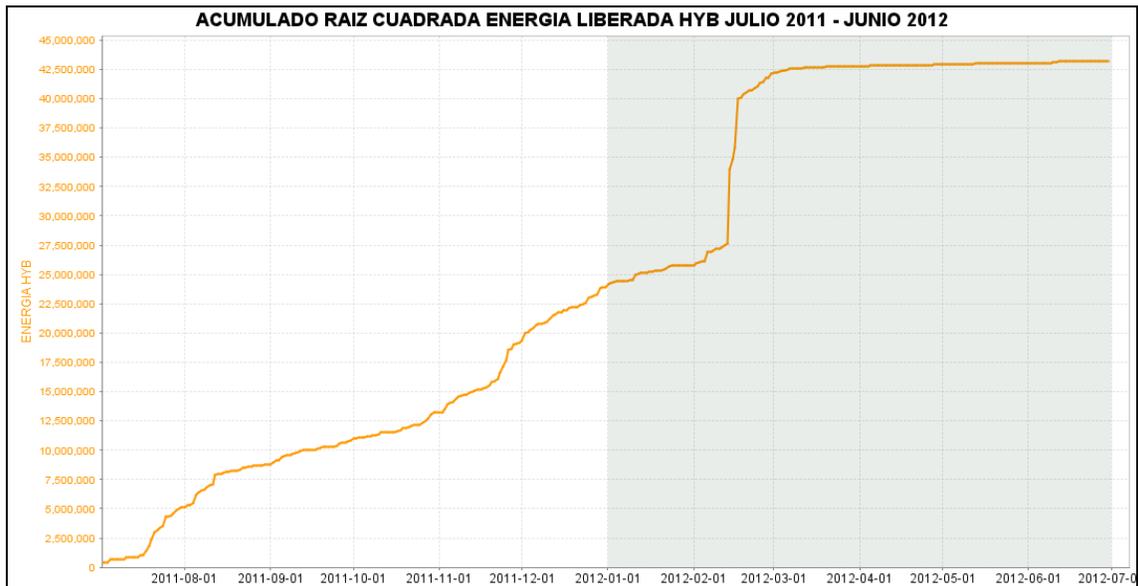
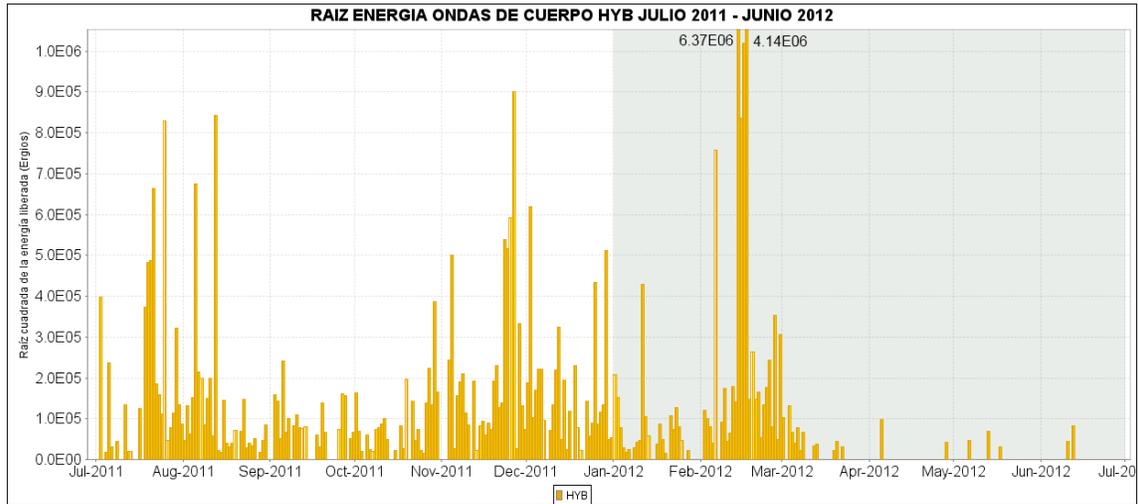


Figura 2.1.2.10. Histograma de energía sísmica liberada diaria de sismos HYB (arriba) y acumulado de la energía (abajo) durante el segundo semestre de 2011 y primer semestre de 2012. La región sombreada corresponde al periodo evaluado en el presente informe.

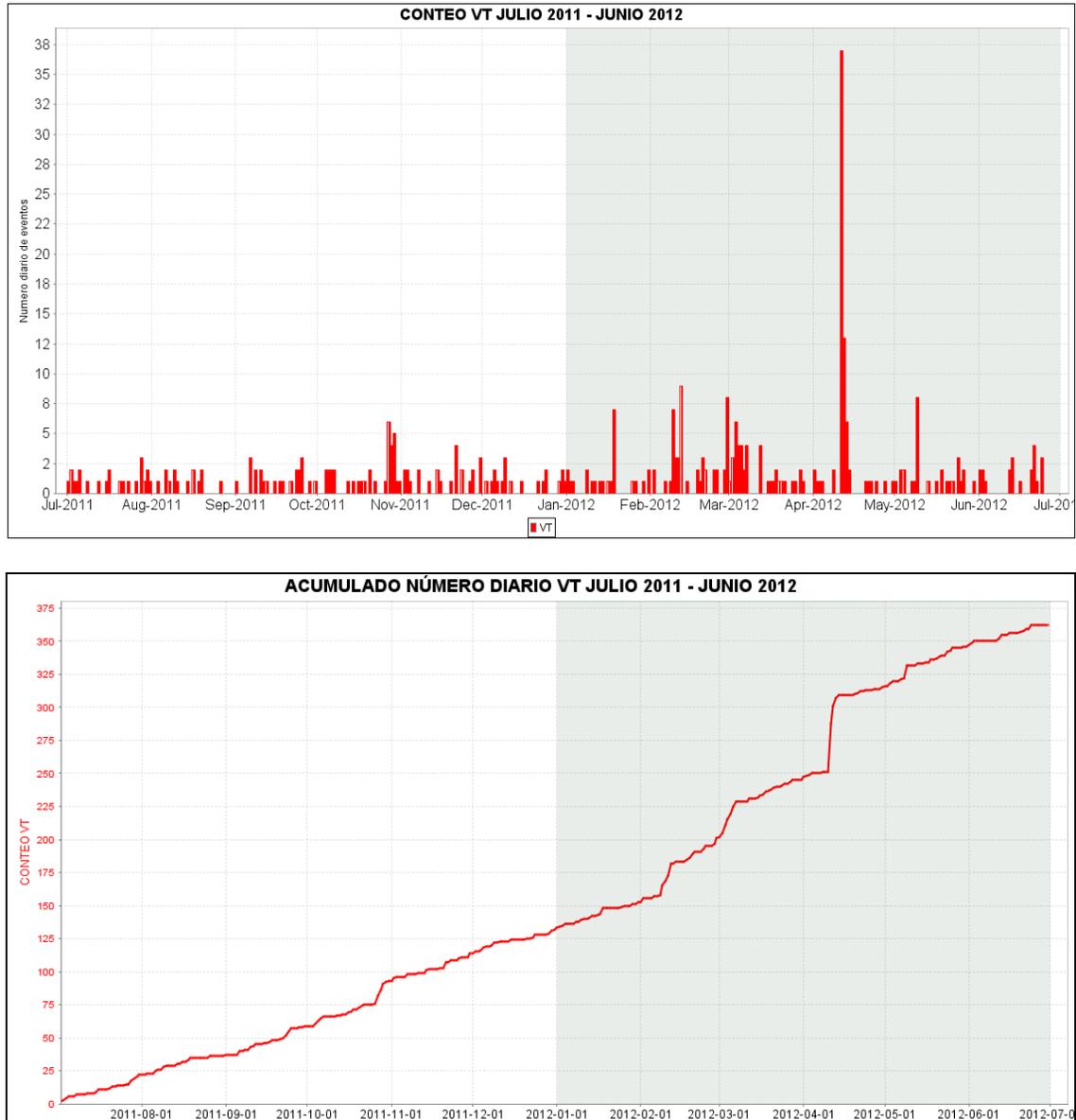


Figura 2.1.2.11. Histograma de número diario de sismos VT (arriba) y acumulado de sismos VT (abajo) durante el segundo semestre de 2011 y primer semestre de 2012. La región sombreada corresponde al periodo evaluado en el presente informe.

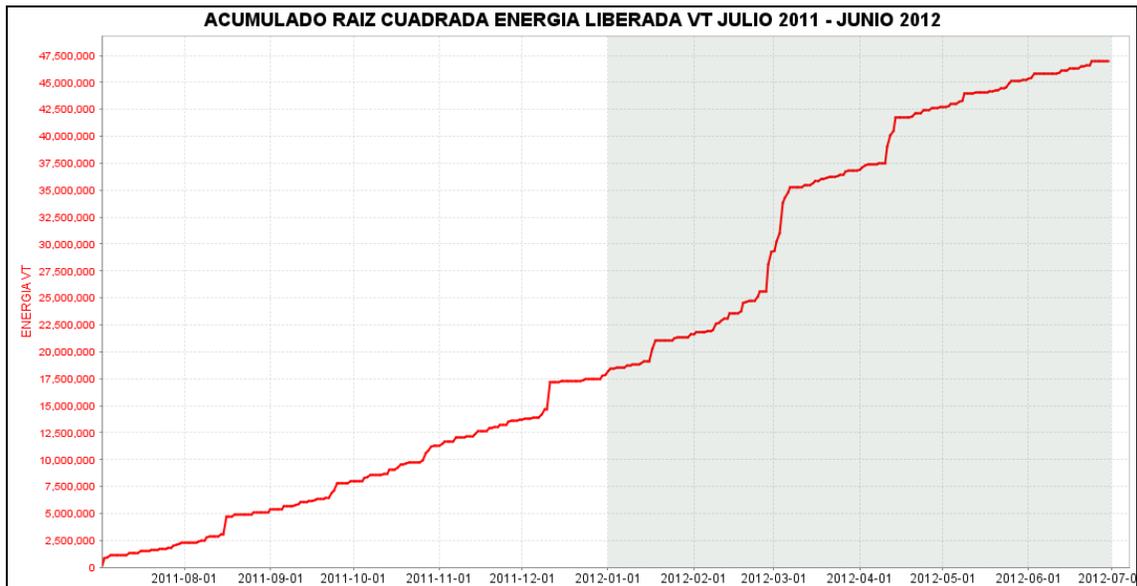
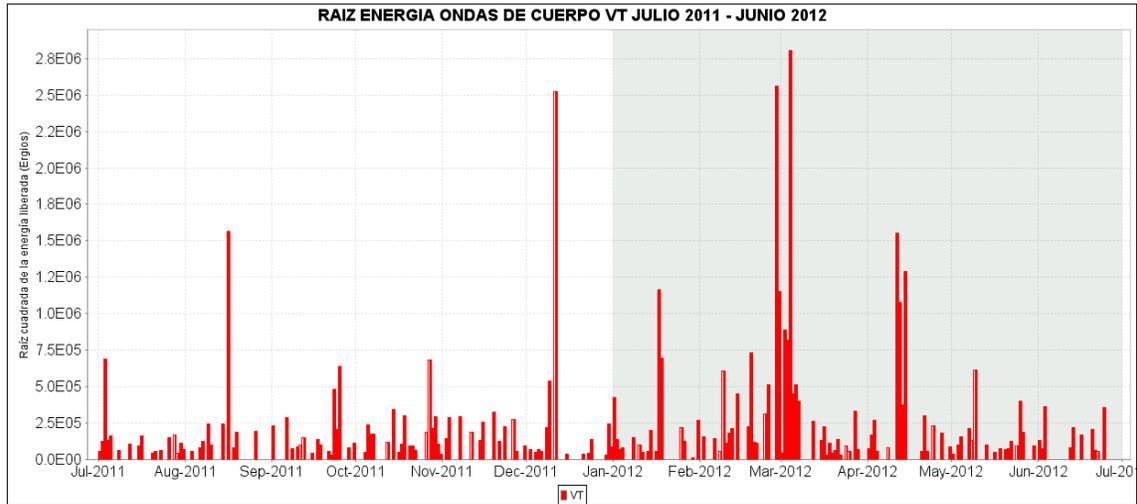


Figura 2.1.2.12. Histograma de energía sísmica liberada diaria de sismos VT (arriba) y acumulado de la energía (abajo) durante el segundo semestre de 2011 y primer semestre de 2012. La región sombreada corresponde al periodo evaluado en el presente informe.

La distribución y evolución espacio-temporal de fuentes sísmicas se muestran en las Figuras 2.1.2.13 a 2.1.2.16 en las cuales se presenta detalles gráficos de la localización de 726 sismos de los tipos VT e HYB que fue posible localizar a lo largo del primer semestre de 2012. Como se puede observar la sismicidad se concentra epicentralmente en inmediaciones del cráter, también se observa una ligera tendencia NW-SE en algunas localizaciones. Un aspecto a resaltar es la concentración de sismos sobre el sector occidente a distancias menores que 3 km desde el cráter principal y con profundidades que no superaron los 6 km, esta sismicidad se registró entre marzo y mayo del semestre evaluado. El comportamiento de esta sismicidad también se observa en las Figuras 2.1.2.15 y 2.1.2.16 en las que se muestra latitud, longitud y profundidad vs tiempo. Por otro

lado, la Figura 2.1.2.14 muestra detalles de la relación porcentual por rangos de profundidad y de magnitud local para el segundo semestre de 2012.

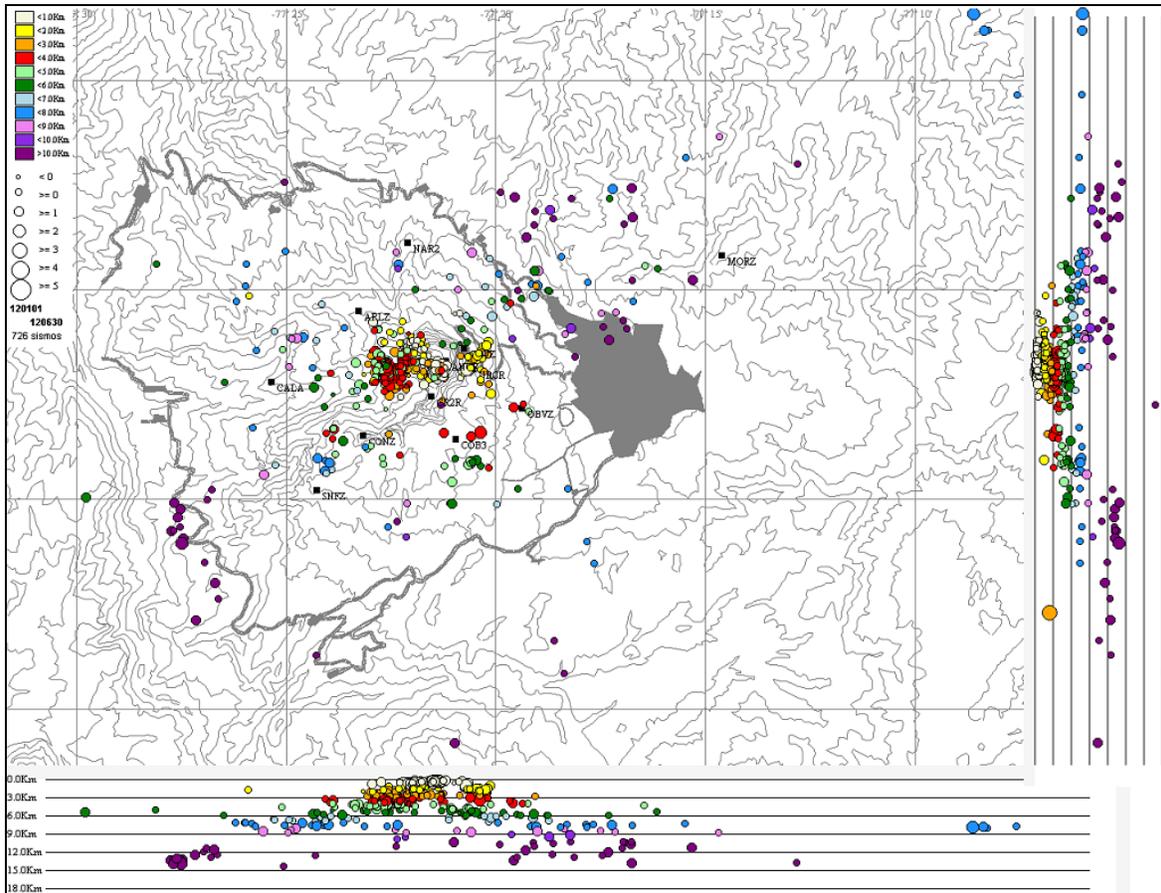


Figura 2.1.2.13. Hipocentros de sismos VT en la zona de influencia de Galeras durante el primer semestre de 2012. En los cortes norte-sur (derecha) y este-oeste (abajo) cada división equivale a 3 Km.

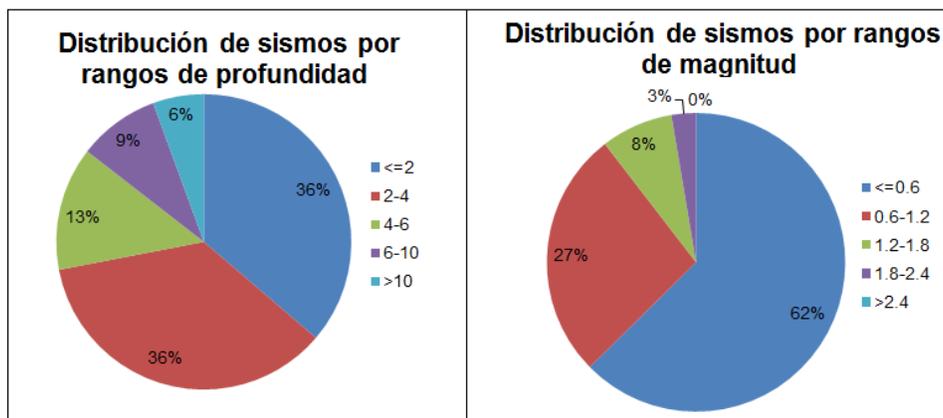


Figura 2.1.2.14. Relaciones porcentuales por rangos de profundidad (izquierda) y por rangos de magnitud local derecha) para los sismos VT localizados durante el primer semestre de 2012. A la derecha de cada diagrama se presentan sus convenciones.

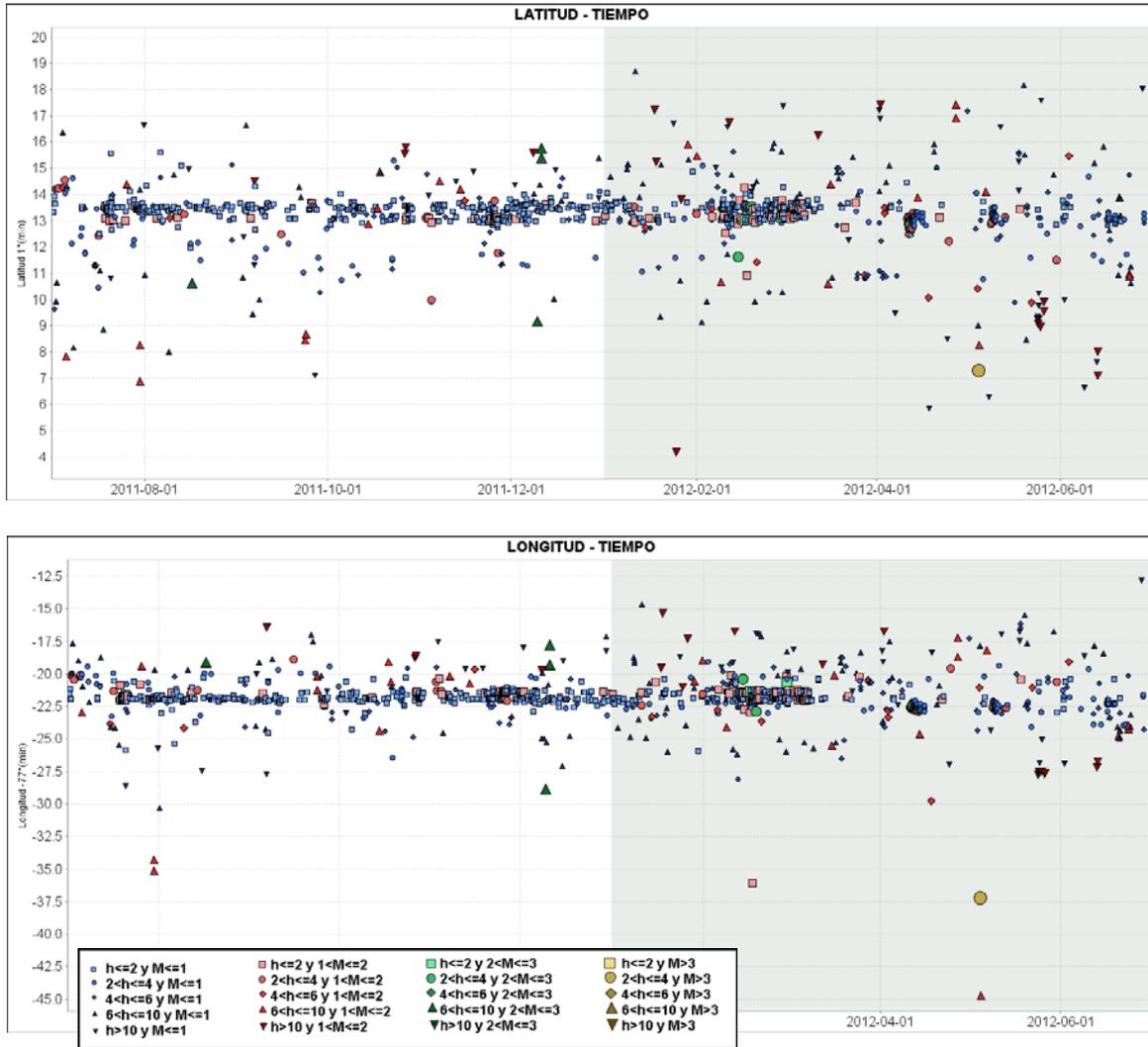


Figura 2.1.2.15. Evolución espacio temporal de sismos VT durante el segundo semestre de 2011 y primer semestre de 2012. En la gráfica superior se muestra las latitudes y en la inferior las longitudes.

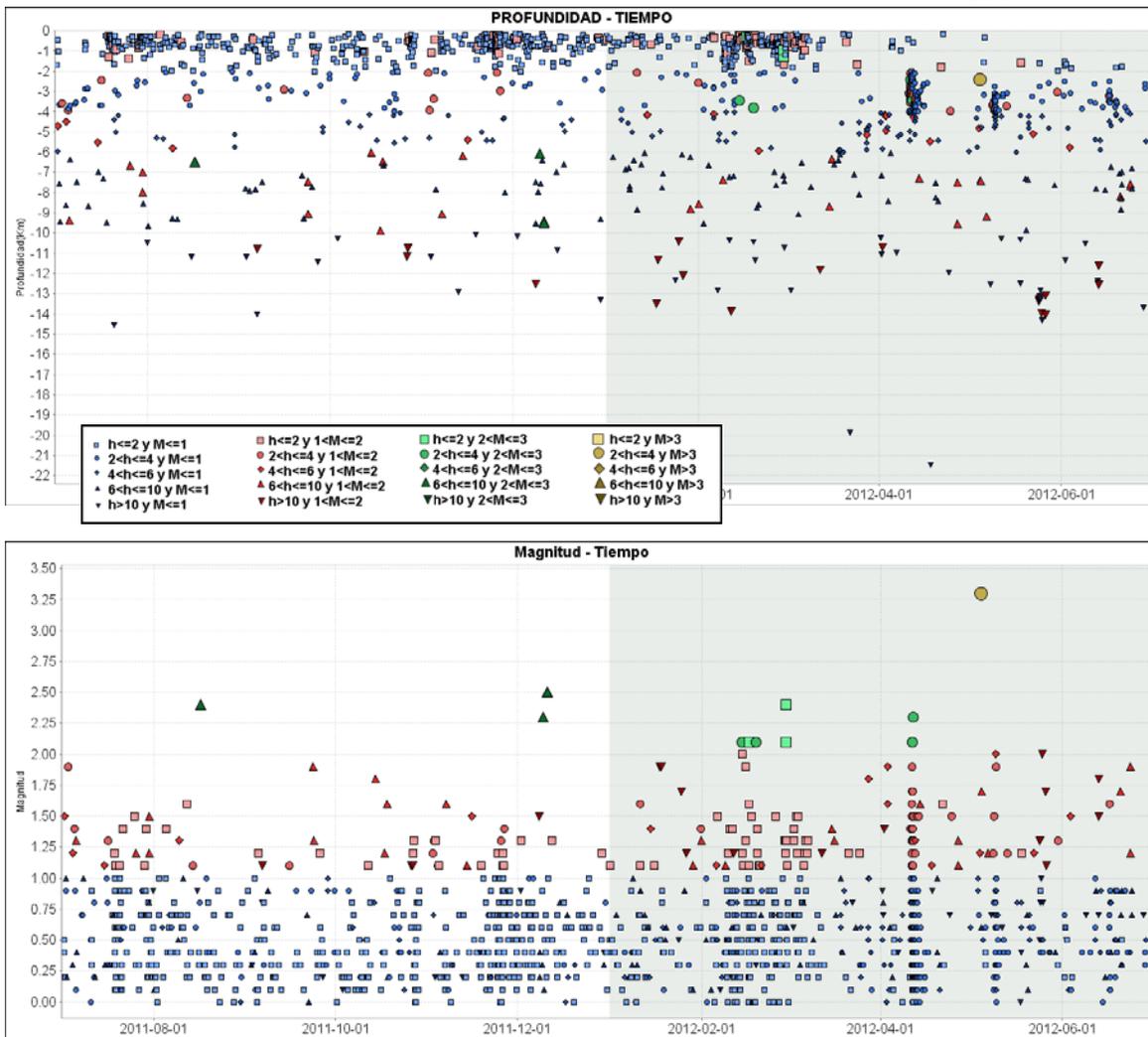


Figura 2.1.2.16. Evolución espacio temporal de sismos VT durante el segundo semestre de 2011 y primer semestre de 2012. En la gráfica superior se muestra las profundidades y en la inferior las magnitudes

Sin duda, el suceso más relevante del primer semestre de 2012 en el contexto sísmico fue la presencia de la sismicidad de los tipos HYB y VT en los meses de febrero a mayo, sin embargo se registró otros eventos que sísmicamente pueden considerarse relevantes dentro de la actividad de Galeras. En las Figuras de la 2.1.2.17 a la Figura 2.1.2.26 se presentan los episodios sísmicos considerados como importantes en el semestre evaluado.

En las Figuras 2.1.2.17, 2.1.2.18 y 2.1.2.19 se observan los sismogramas y espectros de sismos tipo LP con decaimientos relativamente lentos en sus ondas de coda y espectros cuasi-monocromáticos; de estos el ocurrido el 7 de febrero (Figura 2.1.2.19) fue clasificado como Tornillo. Sismos de este tipo junto con tremor armónico como el mostrado en la Figura 2.1.2.20 fue lo relevante entre enero y febrero de 2012.

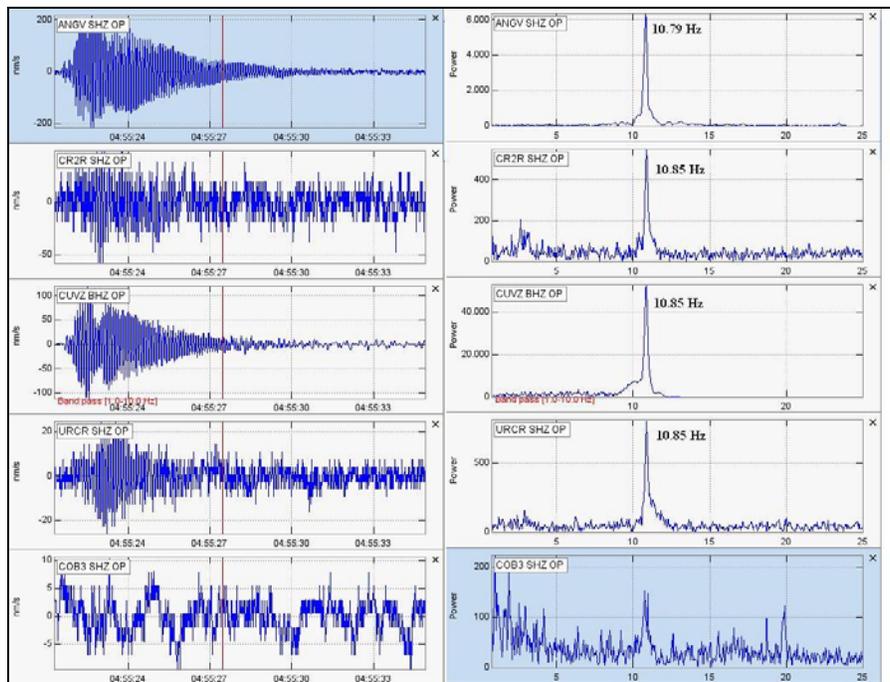


Figura 2.1.2.17. Sismogramas y espectro en frecuencia del evento tipo LP registrado el 29 de enero de 2012 a las 11:55 p.m.

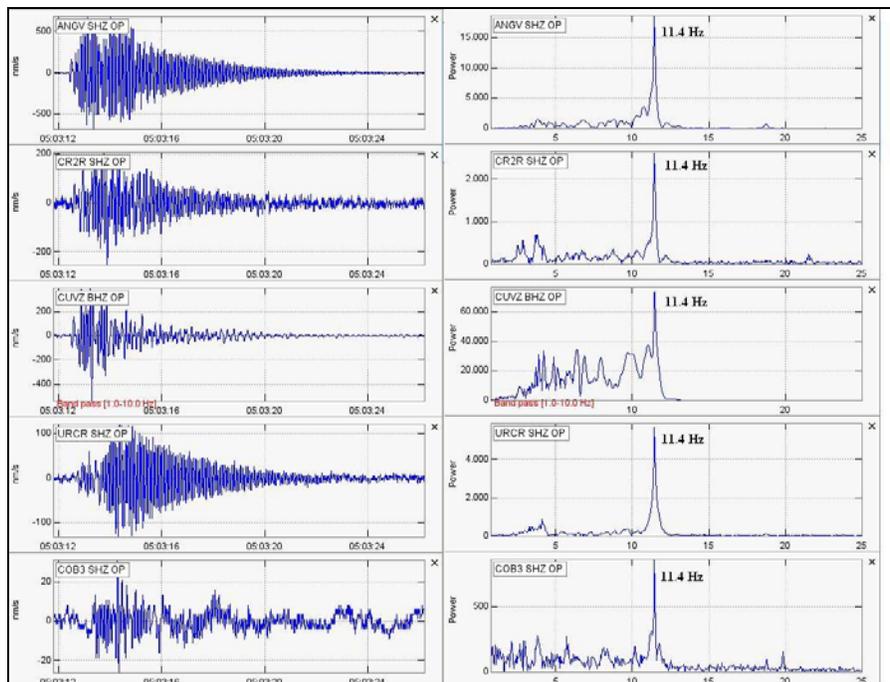


Figura 2.1.2.18. Sismogramas y espectro en frecuencia del evento tipo LP registrado el 30 de enero de 2012 a las 12:03 a.m.

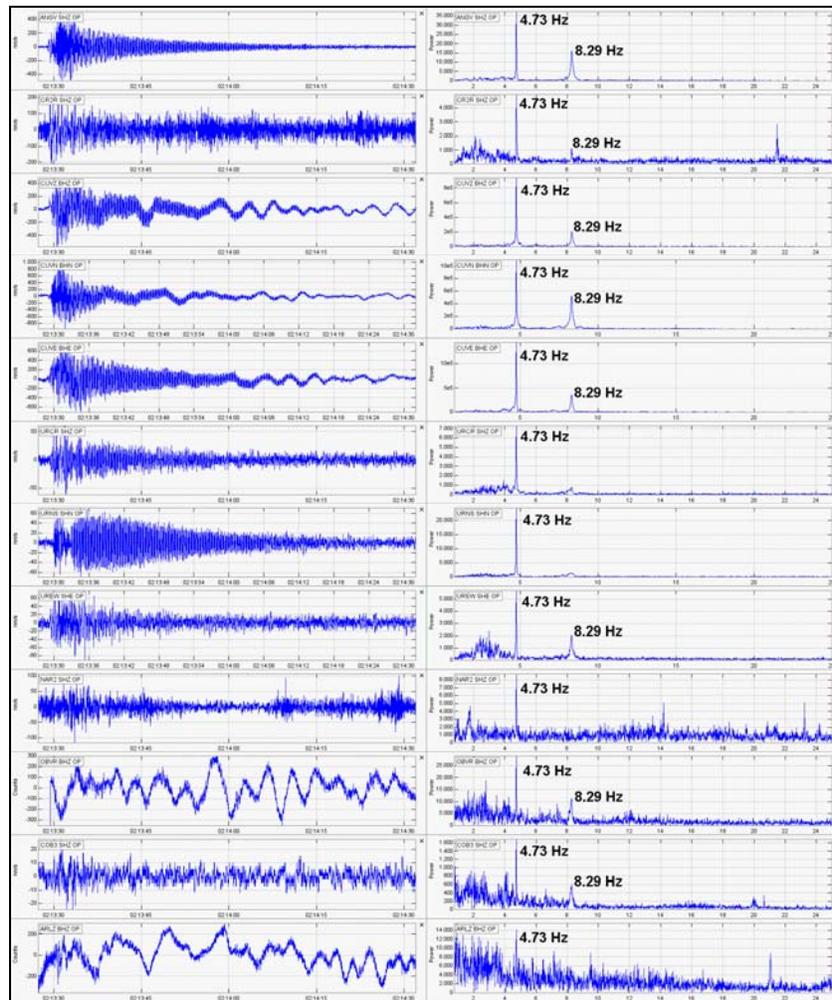


Figura 2.1.2.19. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento TOR registrado el 7 de febrero de 2012 a las 9:13 p.m. en el volcán Galeras.

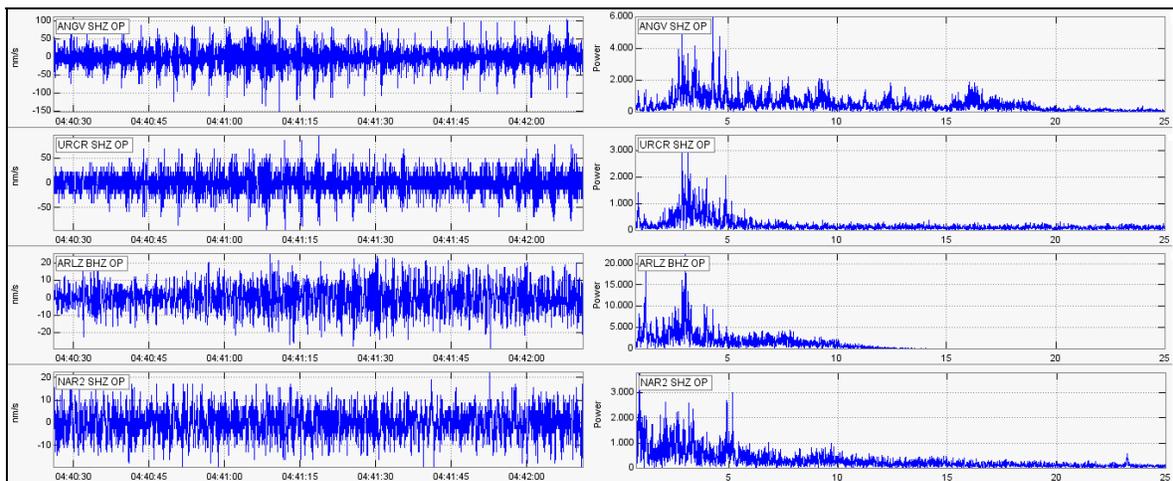


Figura 2.1.2.20. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento TRE armónico registrado el 23 de febrero de 2012 a las 11:39 p.m. por algunas de las estaciones de monitoreo del volcán Galeras.

En el mes de marzo se registró sismicidad superficial asociada a fracturamiento de material cortical, esta sismicidad antecedió a los sismos de VT que posteriormente se asociaron a intrusión magmática. Fue posible estimar la localización de 77 sismos, de los cuales 63 corresponden a eventos tipo VT, 12 a eventos tipo HYB y 2 eventos tipo LP. La mayoría de ellos se ubicaron hipocentralmente a niveles superficiales (< 1 Km), epicentralmente se diferenciaron tres fuentes, una se localizó en inmediaciones del cráter y ligeramente recargada al occidente del mismo, a menos de 2 Km de distancia respecto al cono de Galeras, la segunda se ubicó al suroriente del cráter principal, a una distancia menor a 1 Km y la otra fuente se ubicó a 5 km al sur-suroriente del cono activo a profundidades entre 5 y 6 Km respecto a la cima. Las magnitudes locales de los eventos registraron valores entre 0 y 2,0 en la escala de Richter. (Figura 2.1.2.21).

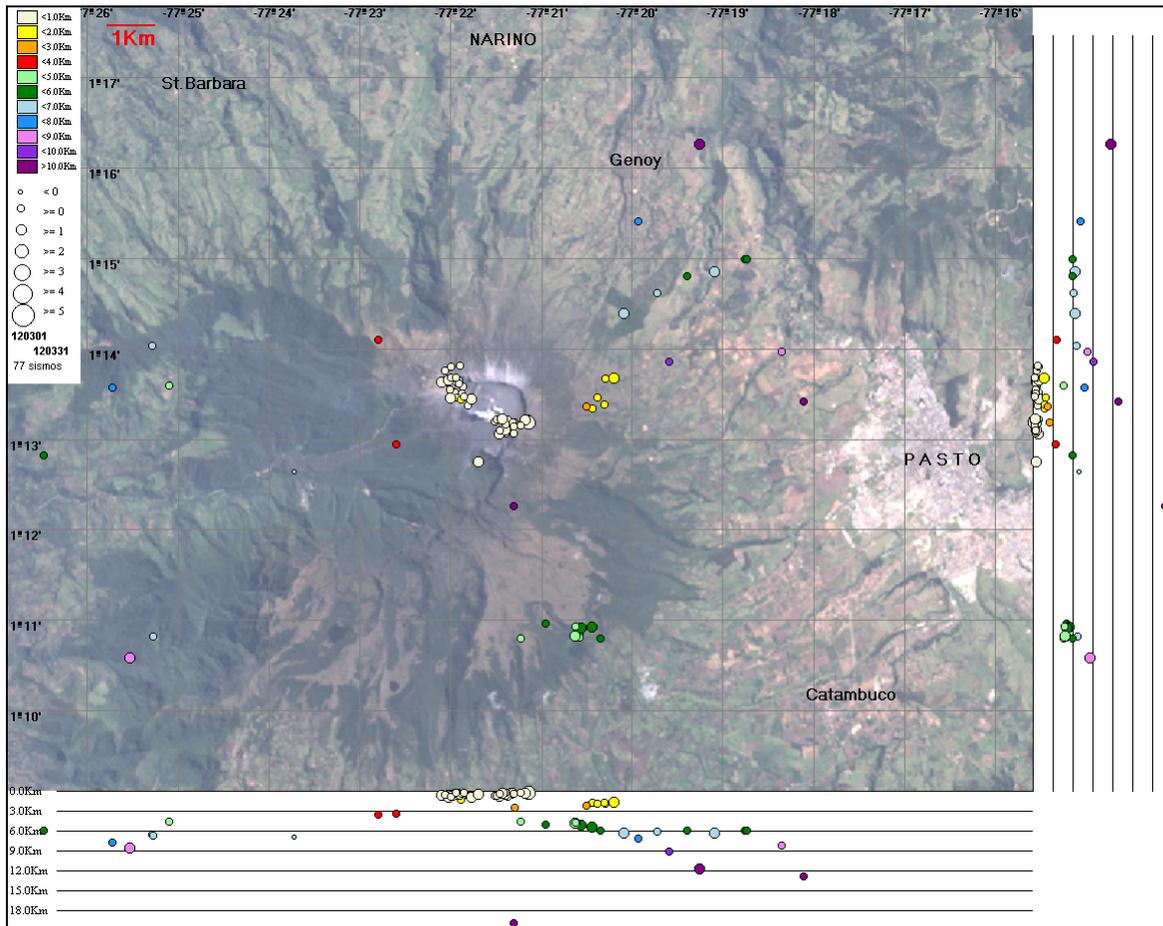


Figura 2.1.2.21. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 31 de marzo de 2012. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 3 Km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4200 msnm).

De la sismicidad registrada en el mes de abril de 2012, se resalta la ocurrencia de varios enjambres sísmicos, (gran cantidad de eventos en un tiempo relativamente corto) la mayoría de los cuales involucran tanto rompimiento de material cortical como dinámica de fluidos. Destacaremos los registrados entre el 11 y el 16 de abril por tratarse de eventos asociados a fracturamiento de material cortical, contabilizándose un total de 504 sismos, de los cuales 58 alcanzaron los parámetros de

clasificación. En la Figura 2.1.2.22 se muestra a manera de ejemplo el enjambre registrado entre el 11 y el 12 de abril de 2012. Esta sismicidad también fue interpretada como una de las manifestaciones de la intrusión magmática a niveles más superficiales.

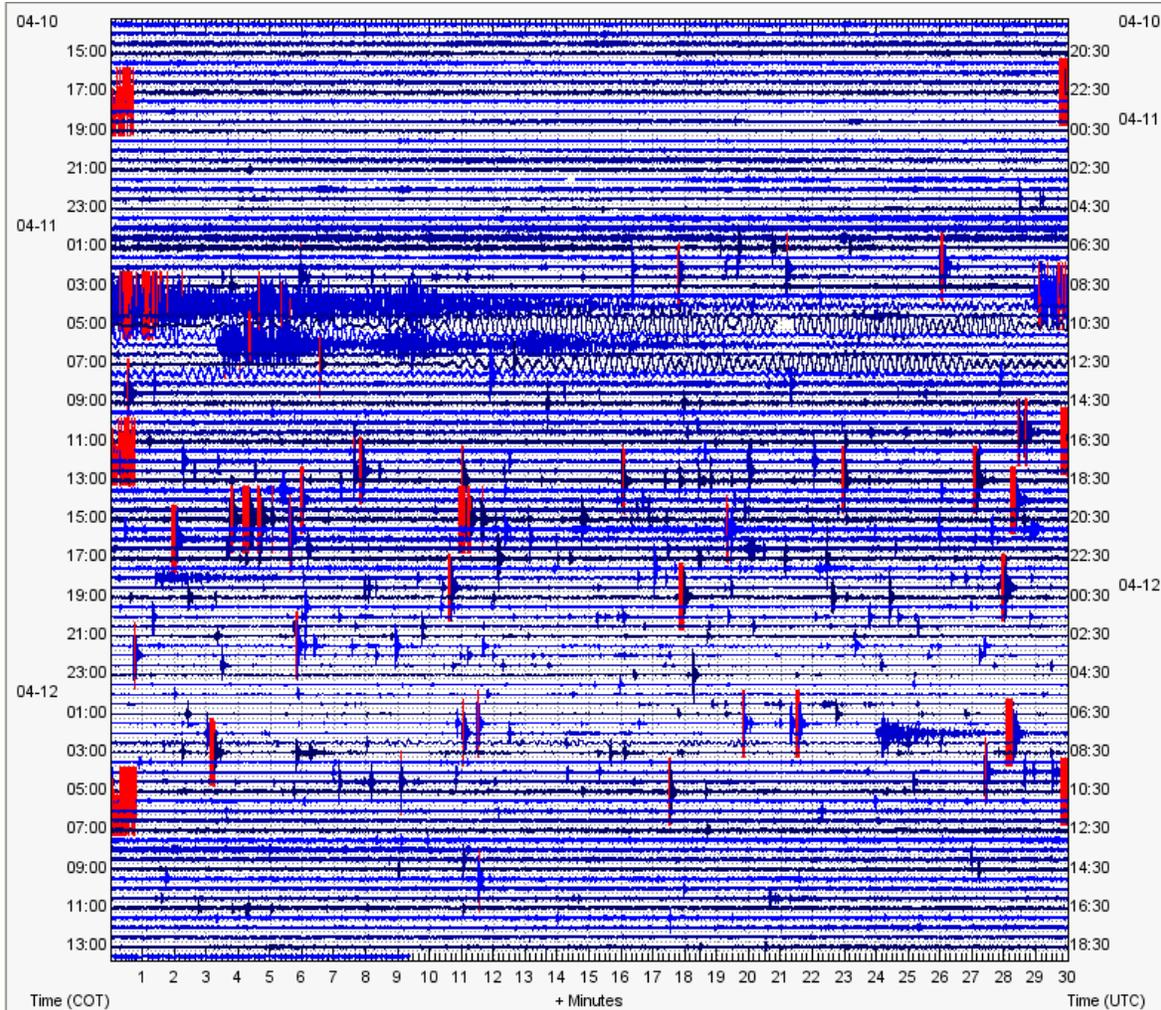


Figura 2.1.2.22. Sismograma de la estación ANGANOY, ubicada a 0,8 km al ESE de edificio volcánico de Galeras. En la imagen se destaca el enjambre sísmico registrado entre el 11 y 12 de abril de 2012.

La sismicidad asociada con fracturamiento de material cortical registrada en abril, fue la observación más importante para generar la hipótesis de una intrusión magmática, y aunque no se ha determinado su volumen, se sabe que es de menor magnitud que las asociadas con los domos de 2006 y 2008 debido a los menores niveles de energía sísmica liberada en el proceso. Para este mes fue posible obtener una solución de localización para 205 sismos, 200 tipo VT y 5 de tipo HYB. La gran mayoría de los sismos de fractura, epicentralmente se localizaron en inmediaciones del cráter y ligeramente recargados al suroccidente del mismo, entre 1.5 y 2.5 km de distancia respecto al cono de Galeras (Figura 2.1.2.23). Sus magnitudes locales fluctuaron entre -0.2 y 2.3 en la escala de Richter.

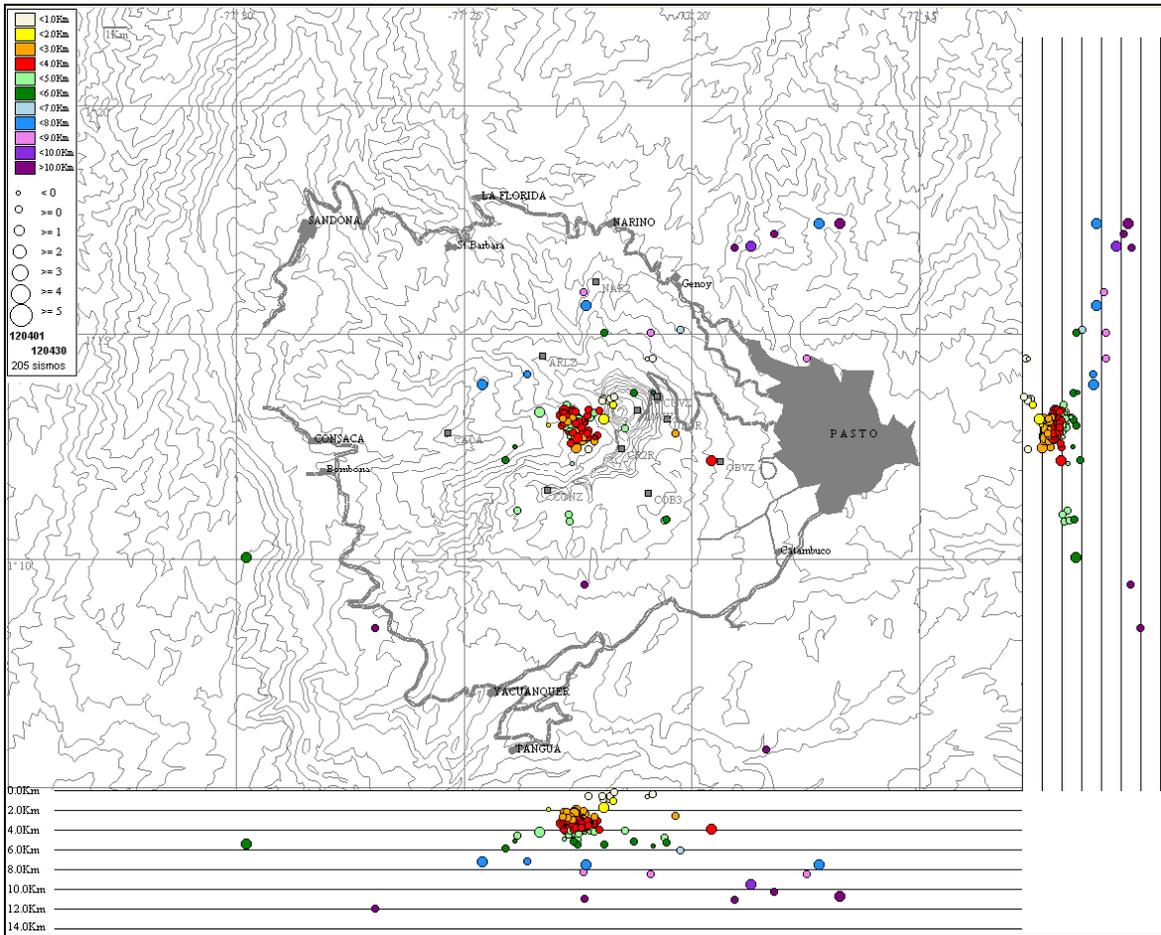


Figura 2.1.2.23. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 30 de abril de 2012. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2 Km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4200 msnm).

En general en el mes de mayo de 2012 la actividad sísmica de de Galeras presentó un aumento en la ocurrencia, este incremento se calculó en 4,8 veces (pasando de 93 en abril a 448 sismos en mayo), siendo dominante los de tipo TRE, los cuales aportaron con el 77,5 % del número total de sismos registrados. Esta actividad se presentó poco después del inicio de la sismicidad de fractura que se relacionó con una intrusión. La desgasificación del magma ascendente puede ser la causante del tremor que se registró en el mes de mayo y que se extendió inclusive hasta el final del semestre evaluado. En la Figura 2.1.2.24 se muestra un sismograma en el que se registraron varios episodios de tremor a lo largo de un día.

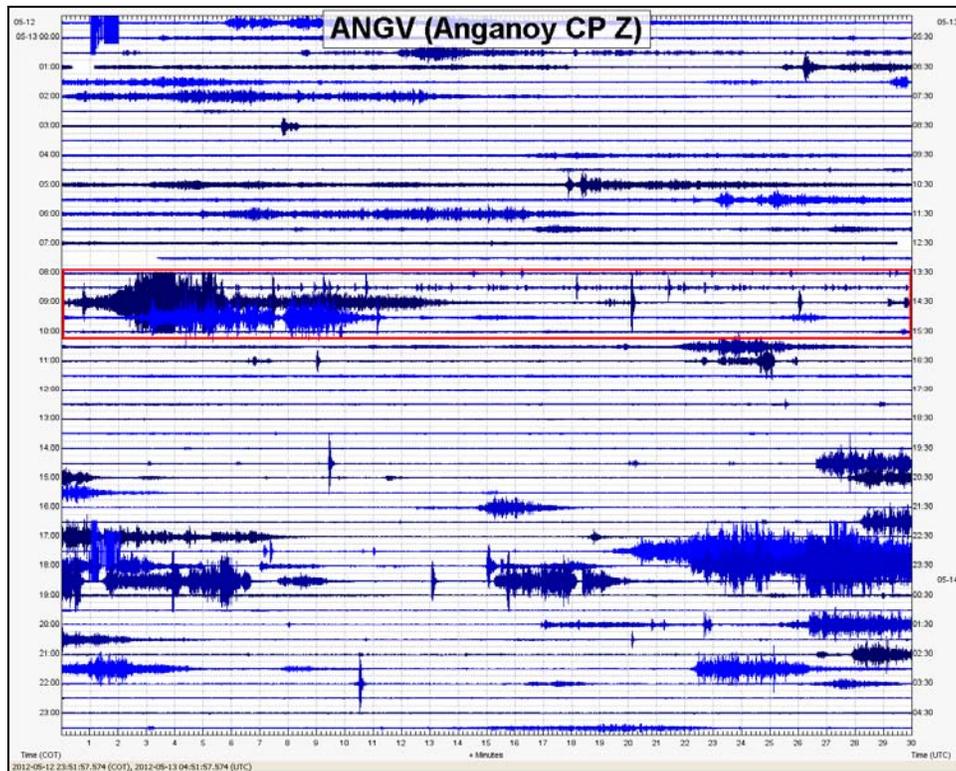


Figura 2.1.2.24. Sismograma de la estación ANGANOY, ubicada a 0,8 km al ESE de edificio volcánico de Galeras. En el recuadro rojo se destaca el enjambre sísmico registrado el 9 de mayo a partir de las 8:14 a.m. y los episodios de TRE que estuvieron asociados a procesos de salida de gases y cenizas.

Durante el mes de mayo la sismicidad de fractura asociada con intrusión continuó, fue posible estimar la localización de 95 sismos, de los cuales 93 corresponden a eventos tipo VT y 2 a eventos tipo HYB. La mayoría de ellos se ubicaron hipocentralmente a niveles superficiales (< 5 Km), epicentralmente se diferenciaron dos fuentes, una se localizó en inmediaciones del cráter, hacia el occidente del mismo, a menos de 2,5 km de distancia respecto al cono de Galeras y la segunda se ubicó a 14 km al suroccidente del cono activo a profundidades alrededor de los 14 km respecto a la cima. Las magnitudes locales de los eventos estuvieron en un rango entre -0,2 y 2 en la escala de Richter (Figura 2.1.2.25).

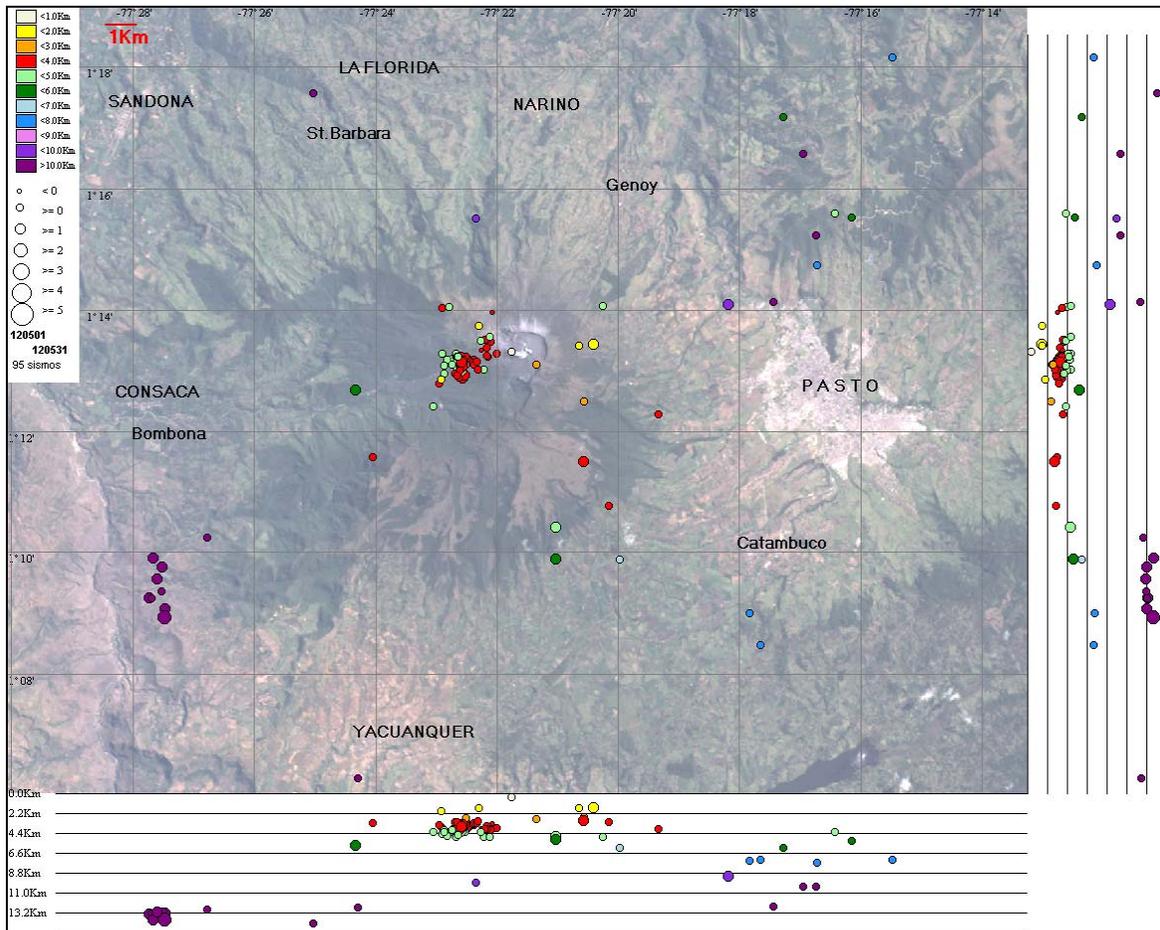


Figura 2.1.2.25. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 31 de mayo de 2012. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2,2 Km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4200 msnm).

En el mes de junio fueron comunes las emisiones de gases con material particulado asociadas con el registro de episodios de tembor, probablemente la fragmentación magmática o remanentes de ceniza de erupciones pasadas fueron expulsados junto al gas proveniente de magma emplazado a niveles más superficiales. Se destacan los días 2, 5, 8, 11, 12, 16, 17, 18, 27 y 29 en los que se registraron eventos relacionados con movimiento de fluidos de fuente persistente que estuvieron asociados a procesos de emisión de gases y cenizas. Particularmente, los días 8, 11, 12 y 17 se reportó caída de ceniza desde los municipios de Sandoná y Samaniego a una distancia máxima de 32 km en línea recta desde el cráter de Galeras hacia el sector NW. En la Figura 2.1.2.26 se muestra un episodio de tembor y su emisión de gases y ceniza representativo de la actividad de junio de 2012.

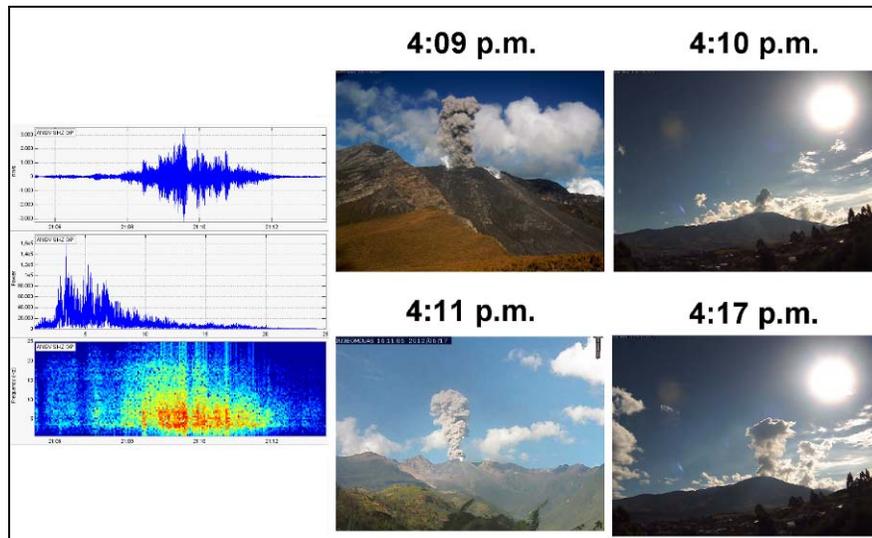


Figura 2.1.2.26. Sismograma, espectro y espectrograma del evento tipo TRE registrado el 17 de junio, a la 4:05 p.m., registro asociado a emisión de cenizas del volcán Galeras.

2.1.3 Deformación

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 un volcán mediante la aplicación de una serie de disciplinas y técnicas tanto tradicionales como modernas. Uno de estos cambios es la deformación de la superficie volcánica, la cual puede ser provocada, entre otras causas, por movimiento de magma, cambios en el estado de esfuerzos de la corteza terrestre bajo el volcán o por variaciones de presión interna.

Para el monitoreo de estos cambios en superficie, en el primer semestre de 2012, el volcán Galeras contó con una red compuesta por 8 inclinómetros electrónicos telemétricos, una primera línea de control EDM la cual está formada por 11 prismas reflectores y dos Bases, y como complemento en este semestre se adoptó el monitoreo con estaciones GNSS, con la instalación de 4 receptores GNSS (Sistema Global de Navegación Satelital). Para la ubicación e instalación de las estaciones dedicadas al monitoreo de las deformaciones reflejadas en la superficie del volcán, se tiene en cuenta varios parámetros como la geomorfología del sitio, el sector del edificio volcánico a cubrir, distancia con respecto al cráter, la estación de monitoreo más cercana, acceso al sitio y lo principal que la antena pueda ser acoplada a una roca suficientemente firme.

2.1.3.1. Inclinometría Electrónica

Con relación a los procesos de deformación del edificio volcánico, de la evaluación de la información obtenida por medio de la red de inclinómetros electrónicos de Galeras, para el Primer Semestre del 2012 se resalta:

El inclinómetro Cráter (ubicado a 0,8 km al este-noreste del cráter principal, 4060 msnm), mostró un cambio de tendencia a partir de inicios del mes de enero, la componente tangencial descendió



mientras que la radial ascendió hasta mediados del mes, luego el 16 de enero cambiaron nuevamente de tendencia que se mantuvo hasta el 22 de marzo de 2012, acumulando para la componente tangencial un ascenso de unos 310 μ rad y para la radial un descenso de unos 1410 μ rad. A partir de esta fecha se dio un cambio de tendencia en las dos componentes, que se mantuvo hasta finales del semestre, aunque la pendiente se suavizó a partir del mayo, acumulando 630 μ rad y de 3050 μ rad, para la componente tangencial y radial, respectivamente (Figura 2.1.3.1).

En el periodo evaluado, las componentes tangencial y radial del inclinómetro Peladitos (ubicado a 1,4 km al sureste del cráter principal, 3850 msnm), mostraron variaciones de 50 μ rad y 12 μ rad con tendencias descendentes y ascendentes respectivamente (Figura 2.1.3.2).

El inclinómetro Huairatola (ubicado a 1,7 km al norte del cráter principal, 3745 msnm), hasta el 21 de marzo del 2012, presentó problemas en la componente tangencial. Luego del mantenimiento, el 22 de marzo se registró cambios en las componentes que concuerdan con los observados en el inclinómetro Cráter. Hasta junio, acumuló variaciones cercanas a los 1400 μ rad y 800 μ rad en las componentes tangencial y radial respectivamente (Figura 2.1.3.3).

Por su parte, las componentes Norte y Este del inclinómetro Cobanegra (ubicado a 3,9 km al sureste del cráter principal, a 3610 msnm) mantienen el comportamiento descendente registrado desde el 15 de marzo de 2011, acumulando hasta el 30 de junio de 2012, una variación cercana a los 530 μ rad para la componente Norte y 107 μ rad para la componente Este. Es de resaltar que las dos componentes muestran una tendencia descendente con un vector resultante dirigido hacia el sector noreste (Figura 2.1.3.4).

El inclinómetro Urcunina (ubicado a 2,26 km., al este-sureste del cráter principal, 3494 msnm), muestra en su componente Este una tendencia estable, mientras que su componente Norte, con bajas variaciones acumula entre enero y junio de 2012, un cambio cercano a los 25 μ rad (Figura 2.1.3.5).

En el Primer Semestre de 2012, el inclinómetro Cóndor (ubicado a 4,9 km., al suroeste del cráter principal, 3985 msnm), muestra estabilidad hasta mayo. A partir del 1 de mayo se observa un cambio en las componentes Norte y Este del inclinómetro, con variaciones descendentes, de 375 μ rad y 100 μ rad respectivamente (Figura 2.1.3.6).

En el inclinómetro Arles (ubicado a 4.0 km., al noroeste del cráter principal, 3450 msnm), hasta el 23 de abril se observó estabilidad en la componentes. A partir de esta fecha se observó un comportamiento descendente en la componente Norte, acumulando hasta el 8 de mayo una variación de 58 μ rad. A partir del 9 de mayo y hasta junio de 2012, el comportamiento de esta componente cambia a ascendente, acumulando una variación de 25 μ rad. Por su parte, la componente Este del inclinómetro Arlés mostró un comportamiento ascendente, acumulando entre el 30 de abril y el 30 de junio una variación de 135 μ rad (Figura 2.1.3.7).

El inclinómetro Calabozo, por problemas en el equipo fue instalado a finales del mes de febrero. La componente Este, desde la instalación hasta finales de junio 2012, mostró una tendencia ascendente, acumulando 253 μ rad. La componente Norte, hasta mediados de mayo, tuvo un

comportamiento estable y posteriormente inició una tendencia descendente que se mantuvo hasta junio del 2012, con un acumulado de 70 μrad (Figura 2.1.3.8).

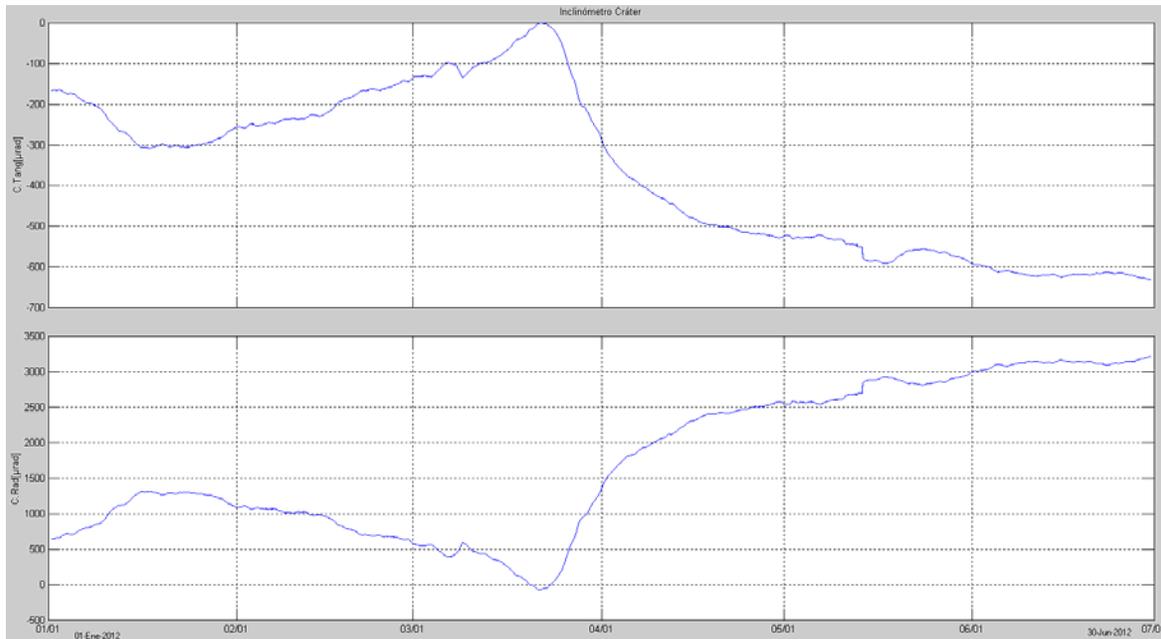


Figura 2.1.3.1. Comportamiento de las componentes tangencial y radial (medido en microradianes) del inclinómetro electrónico Cráter, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 30 de junio de 2012.

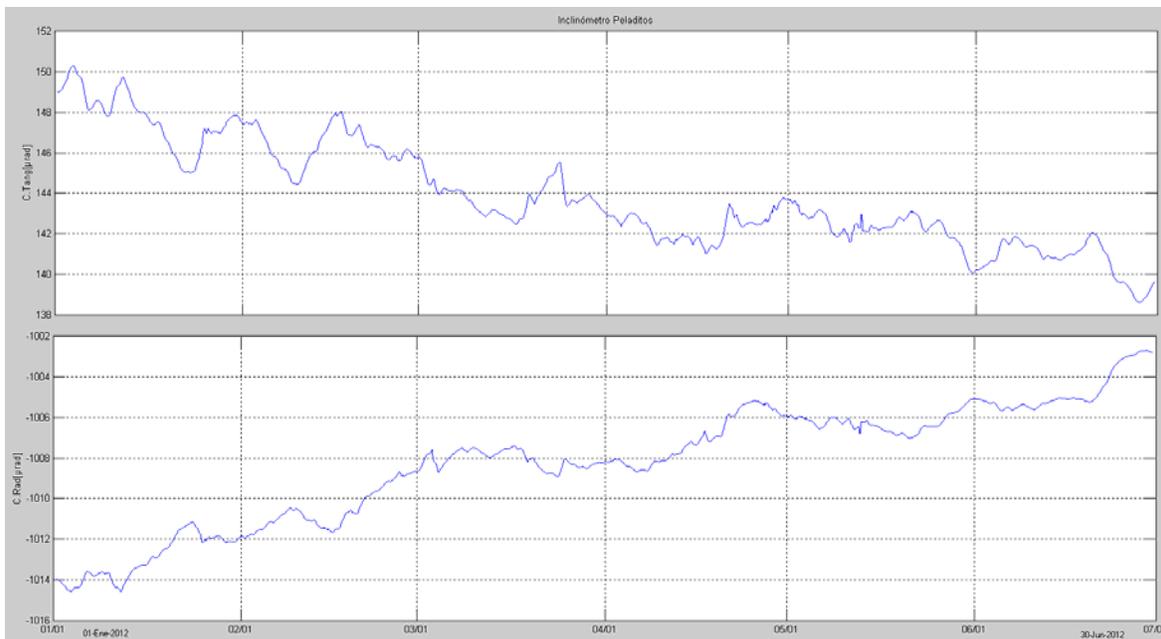


Figura 2.1.3.2. Comportamiento de las componentes tangencial y radial (medido en microradianes) del inclinómetro electrónico Peladitos, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 30 de junio de 2012.

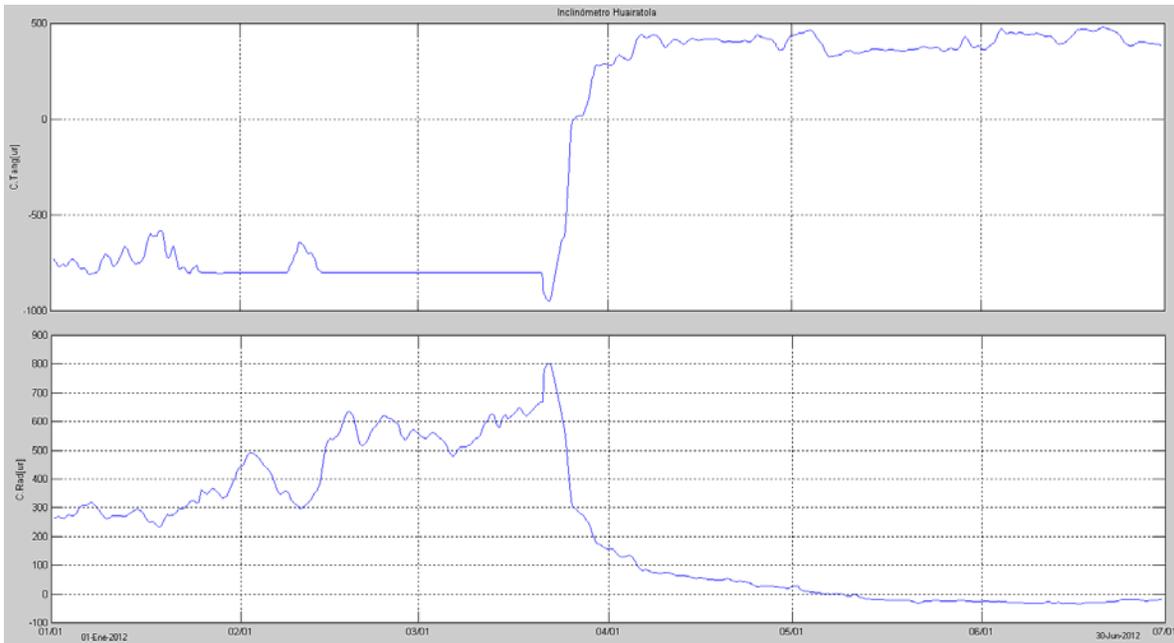


Figura 2.1.3.3. Comportamiento de las componentes tangencial y radial (medido en microradianes) del inclinómetro electrónico Huairatola, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 30 de junio de 2012.

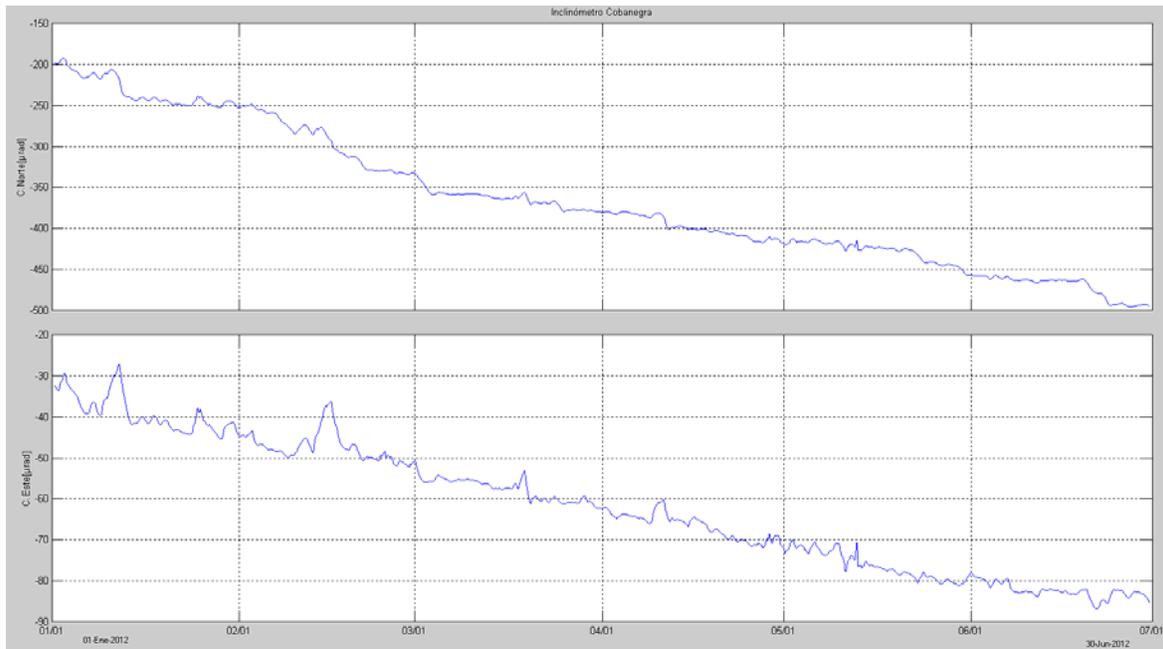


Figura 2.1.3.4. Comportamiento de las componentes Norte y Este (medido en microradianes) del inclinómetro electrónico Cobanegra, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 30 de junio de 2012.

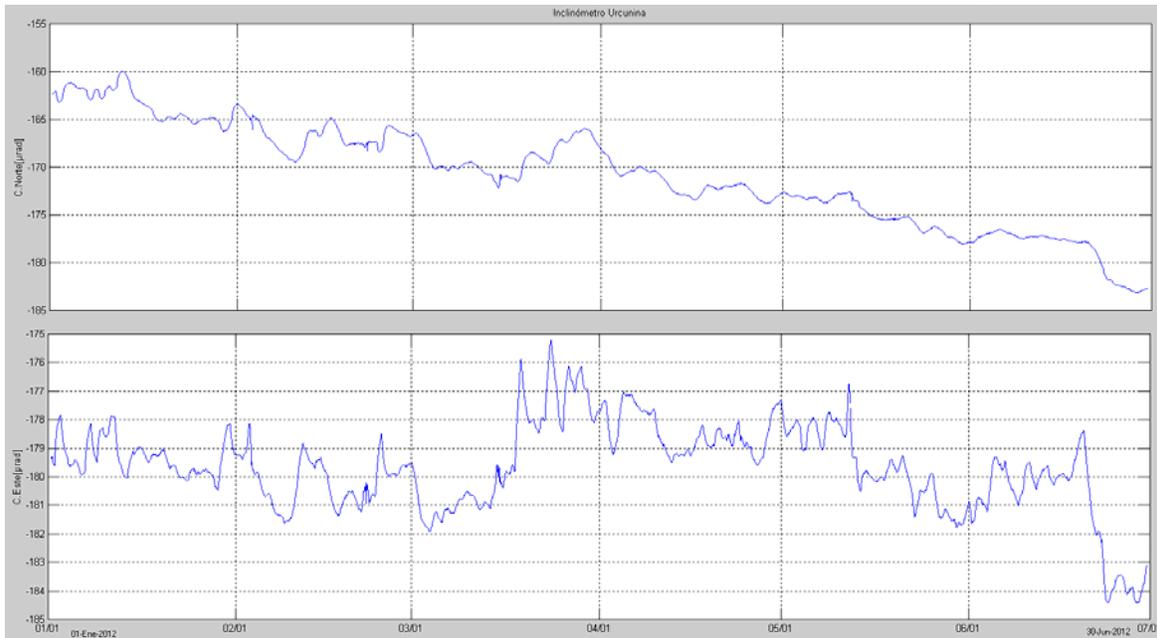


Figura 2.1.3.5. Comportamiento de las componentes Norte y Este (medido en microradianes) del inclinómetro electrónico Urcunina, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 30 de junio de 2012.

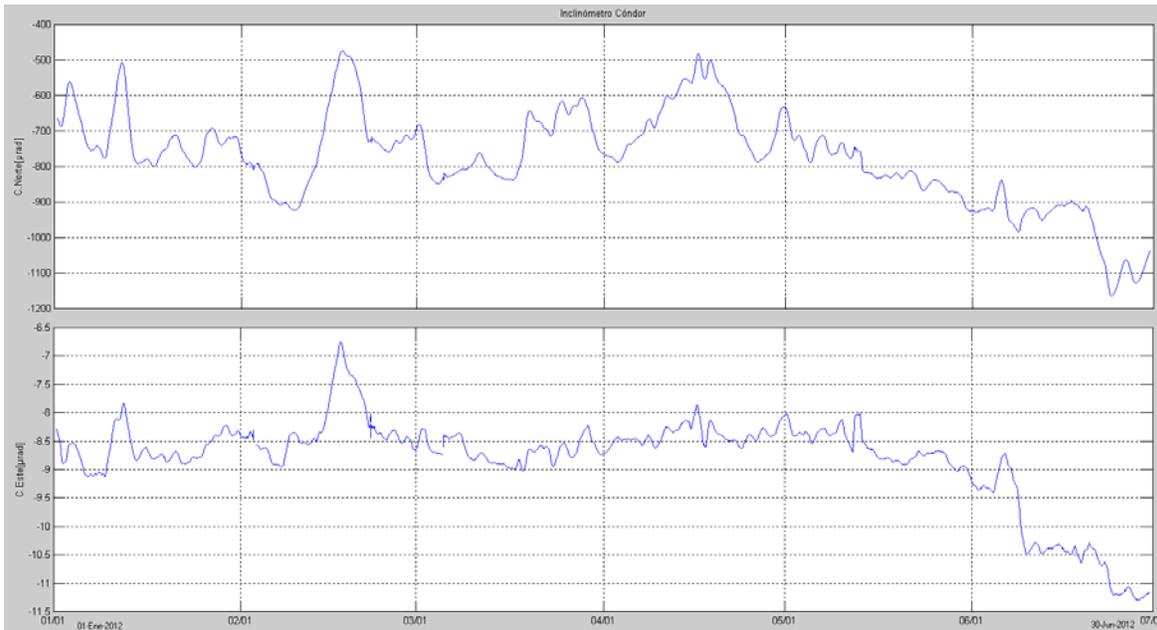


Figura 2.1.3.6. Comportamiento de las componentes Norte y Este (medido en microradianes) del inclinómetro electrónico Córdor, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 30 de junio de 2012.

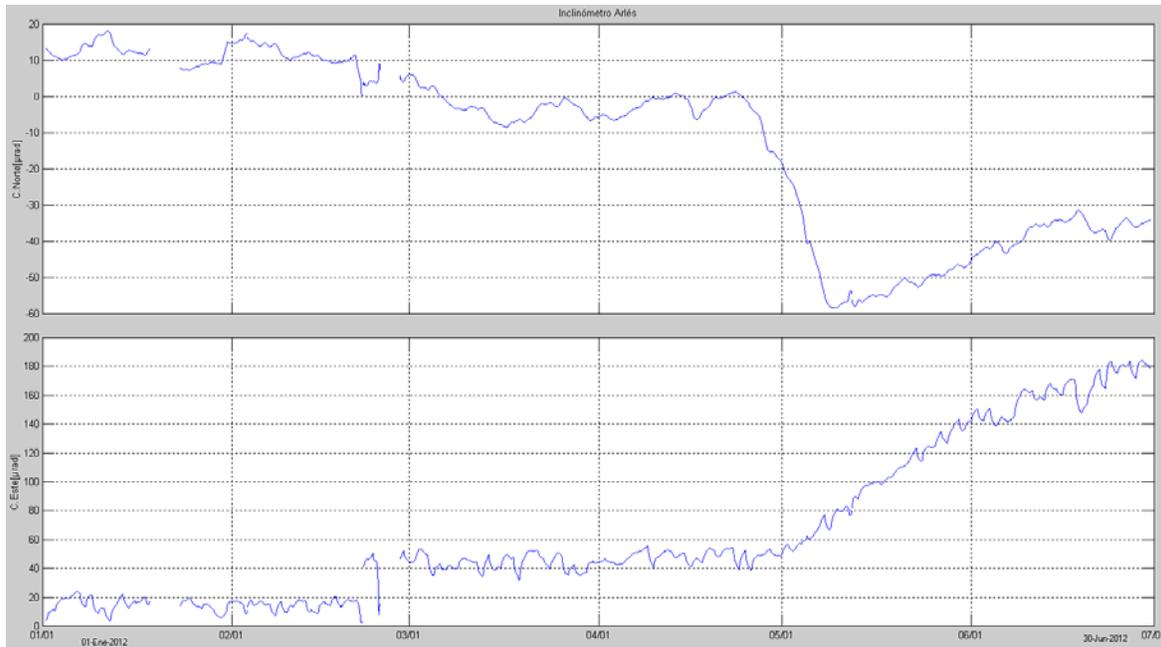


Figura 2.1.3.7. Comportamiento de las componentes Norte y Este (medido en microradianes) del inclinómetro electrónico Arlés, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 30 de junio de 2012.

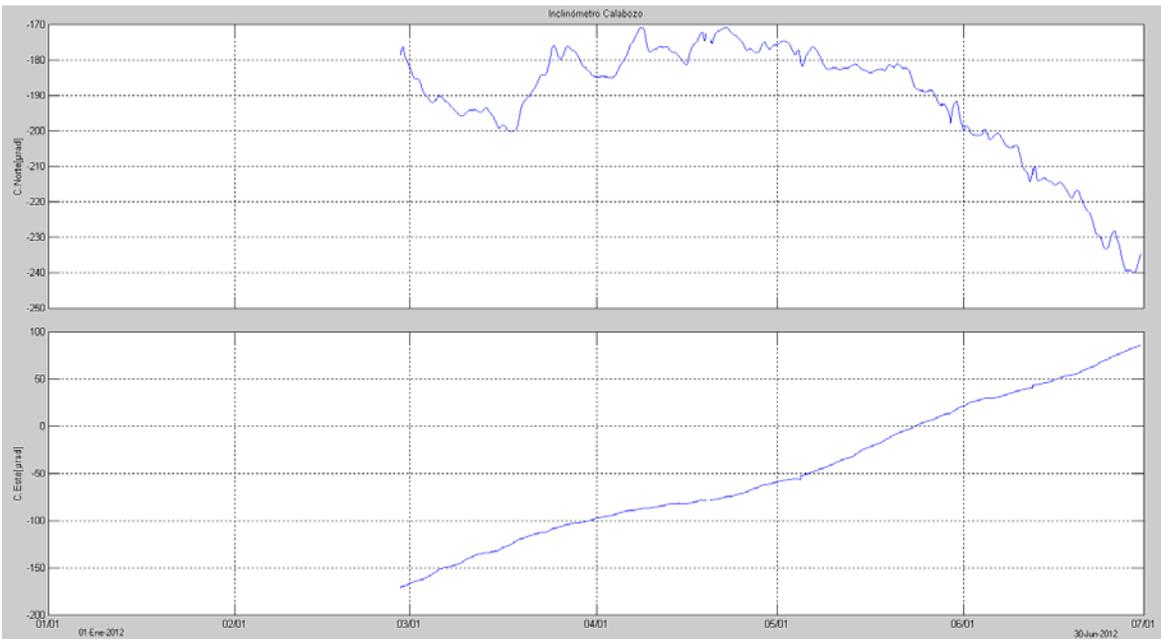


Figura 2.1.3.8. Comportamiento de las componentes Norte y Este (medido en microradianes) del inclinómetro electrónico Calabozo, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 30 de junio de 2012.

Cabe resaltar que los vectores resultantes de los inclinómetros Cráter y Huairatola representan proceso deformativo inflacionario hacia el sector occidental de Galeras, en una zona coincidente con la región epicentral donde se generaron los sismos de fractura mencionados. Entre el 22 de marzo y el 30 de abril de 2012 (Figura 2.1.3.9).

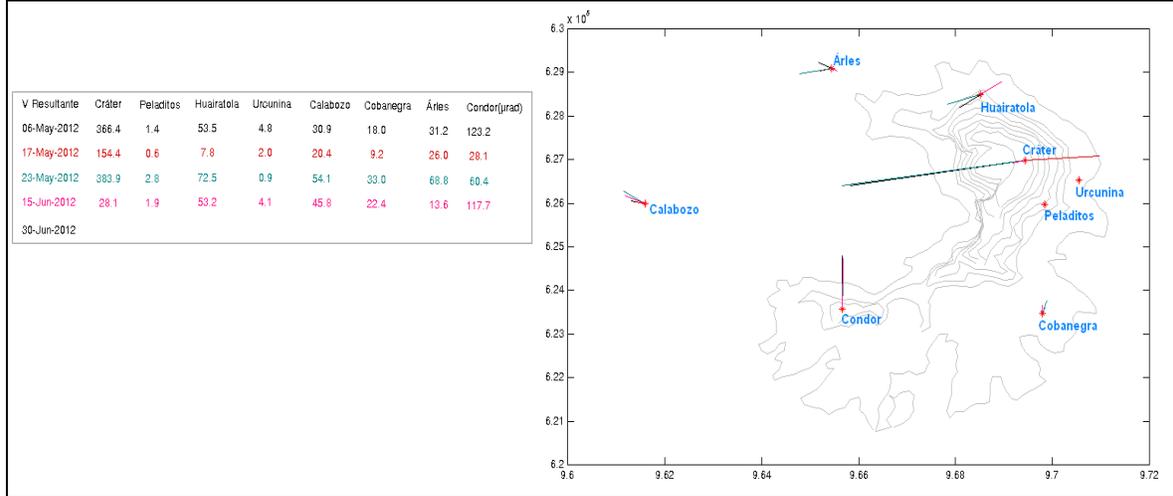


Figura 2.1.3.9. Vectores resultantes para los inclinómetros electrónicos instalados en Galeras. Teniendo en cuenta los cambios mostrados por el inclinómetro Cráter.

2.1.3.2. Medición Electrónica de Distancias - EDM

Las condiciones climáticas adversas durante el primer semestre, tanto en la zona de influencia del volcán Galeras donde se encuentran instaladas las bases para las mediciones, como en el volcán Galeras no permitieron la realización de mediciones de EDM.

2.1.3.3. Estaciones GNSS permanentes

Para el periodo evaluado se tienen instaladas 4 estaciones, la más reciente, la instalada hacia el sector ENE del cráter principal, Mapachico.

Respecto a la información suministrada por estas estaciones, para el procesamiento diferencial se está tomando como estación de referencia, la estación Cóndor, por ubicarse a mayor distancia respecto al cráter, mientras se define una estación de referencia. Aunque es muy poco tiempo de registro, por ahora se puede decir que las estaciones se encuentran en un periodo de estabilización. En las Figuras 2.1.3.10, 2.1.3.11 y 2.1.3.12 se muestran las variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura para las estaciones Cráter, Barranco y Mapachico.

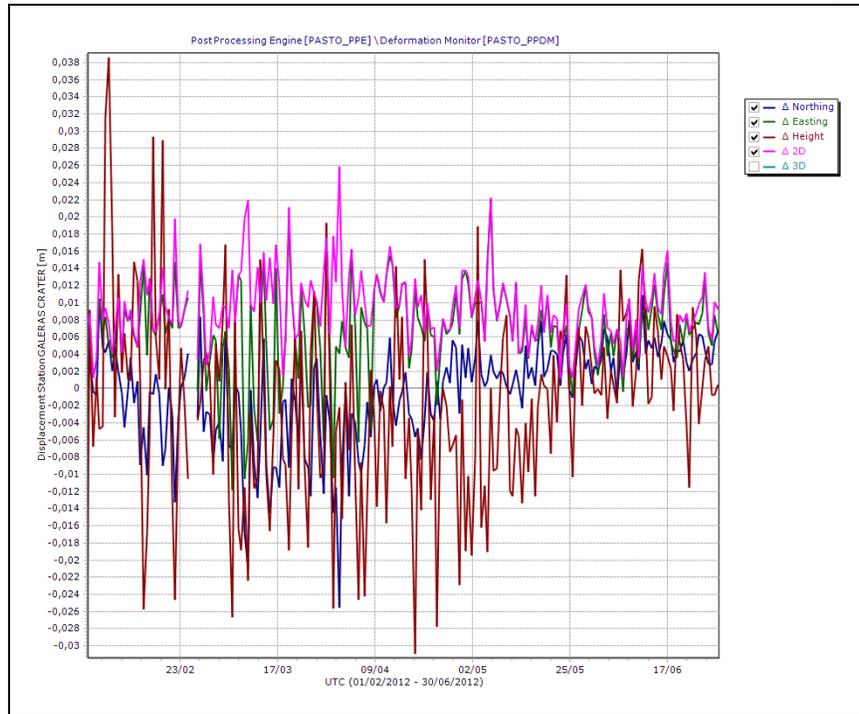


Figura 2.1.3.10. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cráter instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero y el 30 de junio de 2012.

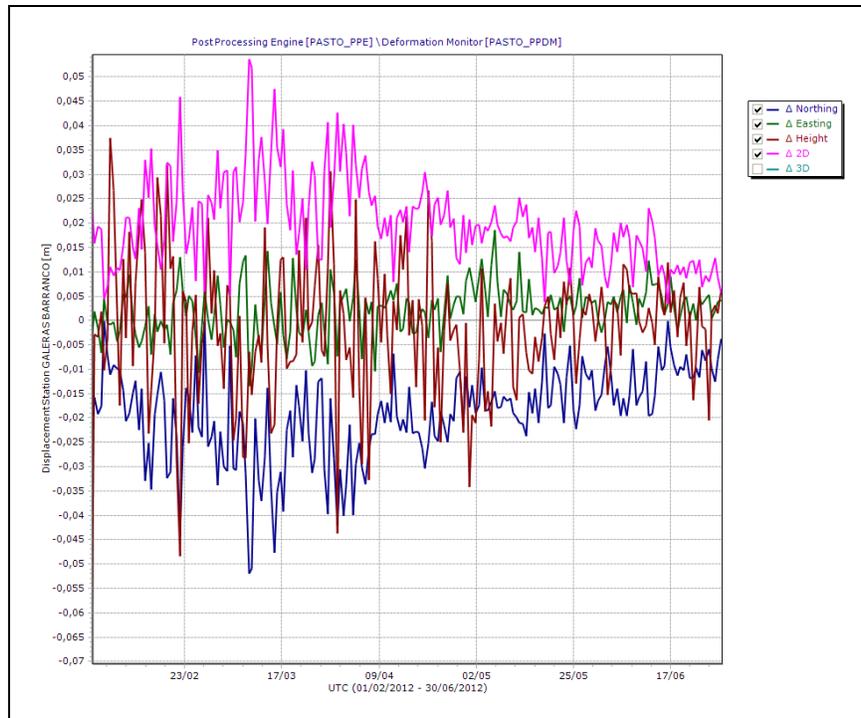


Figura 2.1.3.11. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Barranco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de febrero y el 30 de junio de 2012.

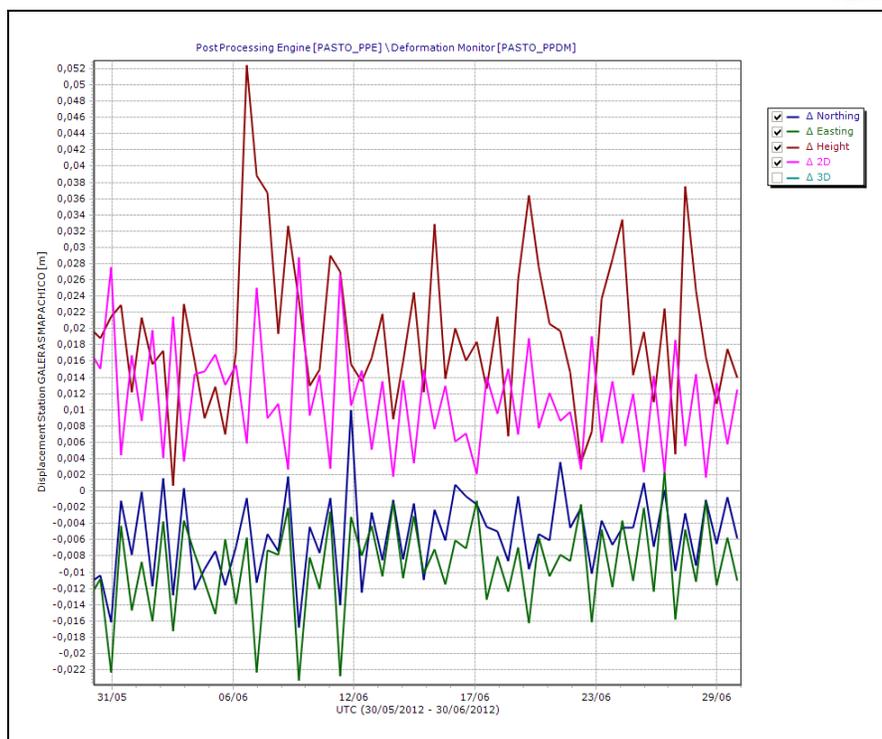


Figura 2.1.3.12. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Mapachico instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 30 de mayo y el 30 de junio de 2012.

2.1.4 Físicoquímica

Para el año 2012 se obtuvieron datos de parámetros físicoquímicos in situ y telemétricos, gracias a que se logró continuar con el monitoreo y vigilancia de los volcanes del sur, gracias a estaciones telemétricas y al trabajo en campo que se realiza por medio de actividades de muestreo de gases pertenecientes a fumarolas y estaciones para medición de gas radón, como también en fuentes termales de las zonas de influencia correspondientes a los volcanes: Galeras, Cumbal, Azufral y Doña Juana.

En cuanto a la emisión de gases de origen volcánico, monitoreados en la zona de influencia del volcán Galeras, durante el primer semestre de 2012, se efectuaron mediciones del flujo de dióxido de Azufre (SO_2) en el aire, con las estaciones permanentes ScanDOAS y con el moviDOAS. Además se realizaron mediciones en suelo del isótopo 222 del elemento radiactivo Radón (Rn_{222}), con el sistema E-PERM en dos redes de estaciones localizadas a manera de perfil sobre el recorrido de la carretera de ascenso a la cima y una nueva red de 10 estaciones para el monitoreo de gas radón en el sector de Barranco, ubicado al noroccidente del volcán Galeras.

Este estudio químico permite identificar y medir indicadores de la actividad volcánica, así mismo conocer las variaciones en las condiciones termodinámicas de los gases y como base para la formulación de modelos geoquímicos relacionados con los sistemas volcánicos, reuniendo los métodos clásicos de análisis para gas carbónico (CO_2), cloruro de hidrógeno (HCl), azufre total y

aproximaciones para evaluar el contenido de anhídrido sulfuroso (SO_2), sulfuro de hidrógeno (H_2S) y vapor de agua. Así como análisis de sulfuros, cloruros y carbonatos en muestras de aguas termales.

2.1.4.1. Mediciones de flujo de emisión de SO_2 con instrumentos SCANDOAS y MOVILDOAS

Los valores estimados de flujo de Dióxido de azufre (SO_2) en el Volcán Galeras, durante el segundo semestre de 2011 corresponden a los escaneos de las estaciones telemétricas permanentes de *ScanDOAS* (*Differential Optical Absorption Spectrometer*), localizadas en el cuadrante noroccidental del volcán Galeras (Alto Tinajillas, Alto Jiménez y Santa Bárbara); también se emplea el equipo *MovilDOAS*, del proyecto *NOVAC* (*Network for Observation of Volcanic and Atmospheric Change*), empleado para mediciones móviles principalmente a lo largo de la carretera circunvalar a Galeras.

Las estaciones telemétricas empleadas, se localizan en el cuadrante noroccidental de Galeras, debido a que el viento se dirige hacia ese sector durante la mayor parte del año, Figura 2.1.51 Los datos de velocidad y dirección del viento, necesarios para los cálculos, se obtienen de los reportes del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM).

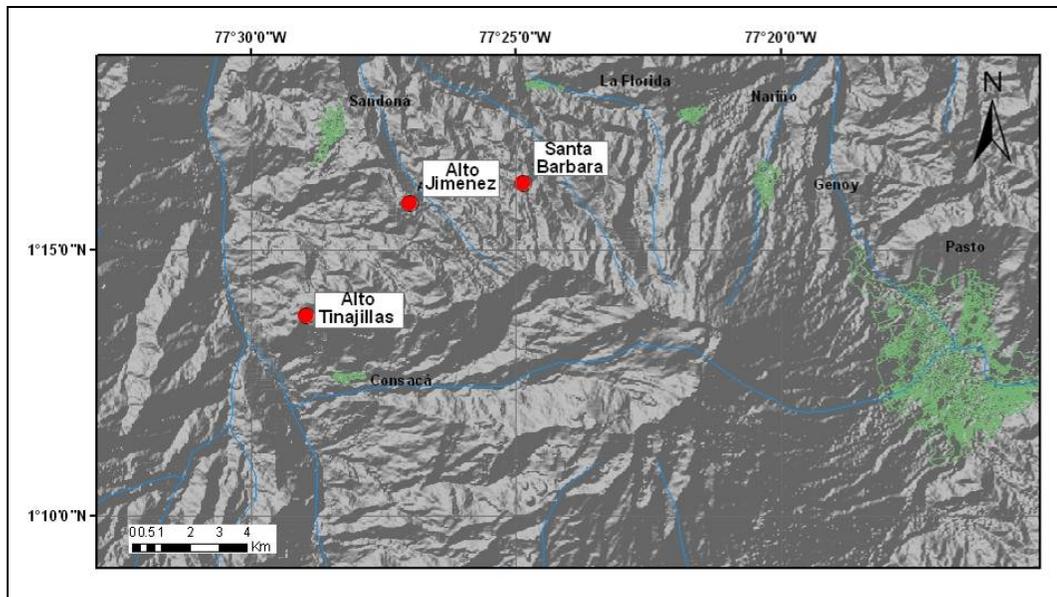
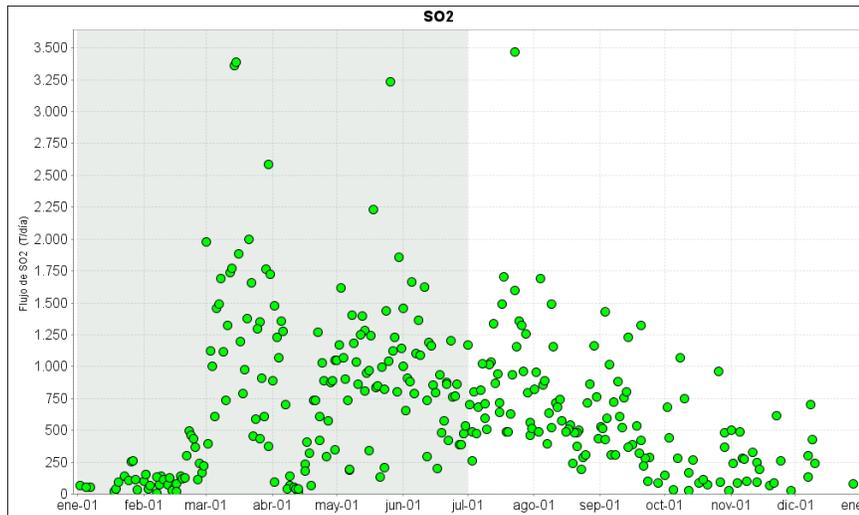


Figura 2.1.4.1 Localización de las estaciones telemétricas, empleadas en ScanDOAS.

Los escaneos para el primer semestre del año 2012, permitieron calcular la emisión de dióxido de azufre a la atmósfera, las concentraciones más altas se evidenciaron para los meses marzo, mayo y junio, (3360, 3389, 3232 Ton/d ver tabla 2.1.4.1) en la cual se obtuvieron los mayores flujos del mismo comprendiendo rangos considerados como moderados para Volcán Galeras.



* Flujo de emisión de SO₂ [Toneladas/día]. *Baja*: < 500; *moderada*: > 500 y < 1000; *alta*: > 1000 y < 3000; *muy alta*: > 3000.

Figura 2.1.4.2 Flujo de emisión de SO₂ registrado entre el 1 de enero de 2012 y el 31 de diciembre de 2012. Se resalta en gris el periodo evaluado.

Tabla 2.1.4.1 Datos Flujo de SO₂ –Estación telemétrica SCANDOAS

FECHA	HORA	AZIMUT	VELOCIDAD (m/s)	Ton(v)	INSTRUMENTO
14-mar-12	12:15 PM	122.91	8.88	3360.55	SCANDOAS
15-mar-12	12:51 PM	117.91	12.72	3389.9	SCANDOAS
26-may-12	08:16 AM	297	13.1	3232	SACNDOAS

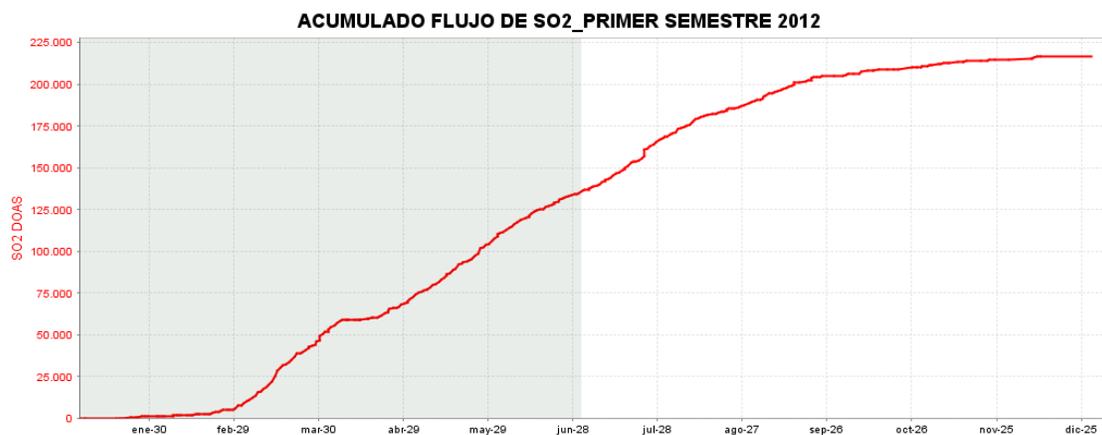


Figura 2.1.4.3 Flujo de emisión de SO₂ registrado entre el 1 de enero de 2012 y el 31 de diciembre de 2012. se resalta en gris el periodo evaluado.

En esta figura, se observa que la tendencia de ascenso que se registra para este primer semestre hacia los últimos días de junio, con un registro acumulado de 130000 Ton/día.



2.1.4.2. Mediciones de gas radón Rn_{222} en el suelo - línea Galeras

Un gran número de investigaciones han demostrado la relación entre los cambios de las tensiones neodinámicas en el interior de la tierra y las variaciones de la concentración de radón del suelo y de las aguas subterráneas. De acuerdo con esto, el radón y otros gases como el He, Ar y CO_2 son perspectivas precursores en la búsqueda de métodos para el pronóstico de actividad sísmica.

Una característica de los sismos volcano-tectónicos, es que son el producto de la acumulación de esfuerzos en la zona focal. Bajo estas condiciones los retículos cristalinos de los minerales, comienzan hacer destruidos o fracturados, favoreciendo un intenso escape del radón desde los poros de las rocas.

Se puede considerar que el aumento de las emisiones del radón, meses o días, antes de que un sismo sea registrado instrumentalmente, está relacionado con su desorción, causado por las frecuencias ultrasónicas que ocurren antes de un fracturamiento a profundidad. Una vez ocurre la desorción del radón desde la superficie de los minerales, ese isótopo puede transportarse rápidamente a superficie, gracias a su alto coeficiente de difusión.

El Servicio Geológico Colombiano en su misión de comprender y modelar los procesos que ocurren en el subsuelo colombiano, utiliza diversas herramientas científicas. Una de ellas consiste en medir las emisiones de gas radón del suelo y buscar correlaciones de su comportamiento con los diversos eventos geodinámicos que se investigan y se monitorean en los Observatorios Vulcanológicos y Sismológicos.

Las estaciones de medición de Radón - Rn_{222} en suelos para el monitoreo de la actividad de Galeras, se ubican siguiendo la carretera que comunica la ciudad de Pasto a la cima volcánica. La medida se hace atrapando el gas en tubos de Cloruro de Polivinilo (PVC), en cuyo interior tienen un sensor llamado "Electret" con un potencial conocido, acoplado a una cámara de volumen conocido. El análisis de la concentración de Rn_{222} se fundamenta en la capacidad que tiene el isótopo para desintegrarse, produciendo partículas alfa, las cuales ionizan el aire de la cámara de medición, bombardean el sensor y lo descargan. La concentración de Rn_{222} es directamente proporcional a la diferencia de potencial para el sensor e inversamente proporcional al tiempo de análisis. Los registros de medición de Radón Rn_{222} , en la Línea Galeras se aprecian en la Figura 2.1.4.4

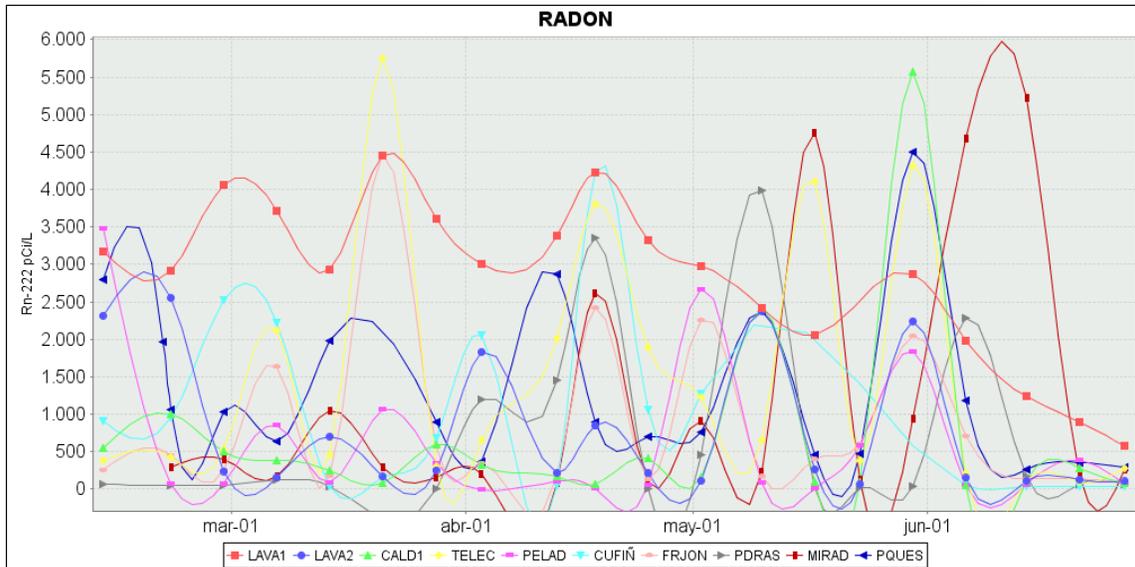


Figura 2.1.4.4 Concentración del isótopo Radioactivo Rn-222, registrado entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2012, en la Línea Galeras.

Durante el periodo evaluado se realizaron mediciones de gas radón en suelo durante los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo y junio en las estaciones Caldera, Telecom, Peladitos, Cufiño, Frailejón, Piedras, Mirador, Parques, Lava 2 y Lava 1. Se realizaron los cálculos de la concentración de radón teniendo en cuenta las características de instalación, tipo de cámara (se utiliza cámaras tipo L), configuración LLT y radiación gamma de 0.12 pCi/L. En la Figura 2.1.5.4 se observa la relación de la concentración del isótopo Radioactivo RN – 222, registrado entre el 1 de enero a 30 de junio de 2011.

Para el periodo evaluado se tienen datos de concentración del isótopo Radioactivo Rn-222 a partir del 1 de enero, en el cual para los meses de marzo, mayo y junio en las estaciones Lava 1, Telecom y Caldera se registran valores mayores a los 4500 pCi/L; el valor máximo se registró en la estación Telecom con un valor de 5746 pCi/L para el mes de marzo, para los meses de mayo y junio las estaciones de Caldera y Mirador se registraron valores máximos de 5564 y 4447 pCi/L respectivamente. Las otras estaciones registraron valores inferiores a 4500 pCi/L.

Tabla 2.1.4.2. Datos Flujo de Gas Radón en suelo Línea Galeras

ESTACION	CONC. RN
CALD1	5564
LAVA1	4447
TELEC	5746

2.1.4.3. Mediciones de gas radón Rn₂₂₂ en el suelo- línea Barranco

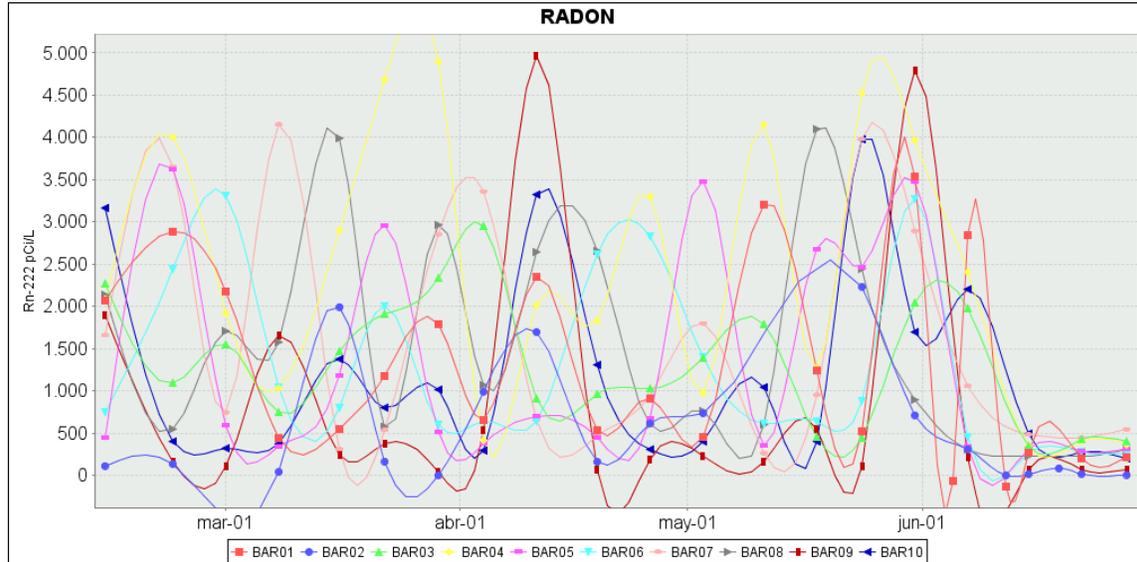


Figura 2.1.4.5. Concentración del isótopo Radioactivo Rn-222, registrado entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2011, en la Línea Barranco.

Durante el periodo evaluado se realizaron mediciones de radón en suelo durante los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo y junio en las estaciones Bar 01, Bar 02, Bar 03, Bar 04, Bar 05, Bar 06, Bar 07, Bar 08, Bar 09, Bar 10. Para el periodo evaluado se tienen datos de concentración del isótopo Radioactivo Rn-222, en el cual para los meses de marzo, abril, mayo y junio se presentaron para las estaciones Bar 04 y Bar 09 valores mayores a los 4500 pCi/L; el valor máximo se registró en la estación Bar 09 con un valor de 4964 pCi/L para el mes de marzo, para los meses de abril, mayo y junio las estaciones de Bar 04 y Bar 09 registraron valores máximos de 4900, 4526 y 4788 pCi/L los dos primeros corresponden a Bar 04, las otras estaciones registraron valores inferiores a 4300 pCi/L.

Tabla 2.1.4.3. Datos Flujo de Gas Radón en suelo Línea Barranco

ESTACION	CONC. RN
BAR04	4900
BAR04	4526
BAR09	4964
BAR09	4788

2.1.4.4. Mediciones de gases de origen volcánico-Trampa alcalina

El día 14 de marzo de 2012 se instaló una trampa alcalina en la cima del volcán Galeras según el instructivo "Instalación de un sistema de gases volcánicos-trampas alcalinas, Código IN-AME-OVS-039". En la siguiente figura se muestra la instalación de la trampa.



Figura 2.1.4.6. Fotografías de la instalación de una trampa alcalina en la cima del volcán Galeras. Fecha de muestreo: 14 de marzo de 2012

El sitio de instalación se escogió considerando las siguientes características: cercanía con la fuente de emisión de gases, fácil acceso al sitio y contacto directo con el viento que arrastra los gases de interés. Con un GPS Garmin eTrex Vista HCx (Sistema de posicionamiento global) y usando el sistema WGS84, se estableció que el lugar de muestreo está situado a $01^{\circ} 13' 05.3''$ de latitud norte y a $77^{\circ} 21' 16.5''$ de longitud oeste y se encuentra a una altura de 4249 msnm.

Esta trampa tiene la capacidad de recoger gases ácidos como SO_2 , H_2S , HCl , HF y CO_2 , los cuales son atrapados en una solución concentrada de hidróxido de potasio. La solución alcalina se reemplazará cada 30 días y se enviara la muestra al laboratorio del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales para su respectivo análisis.

2.1.4.5. Muestreo de Aguas Termales

El estudio geoquímico de las fuentes termales de los volcanes Galeras, Cumbal, Azufral y Doña Juana, junto con su composición y la interpretación de los datos fisicoquímicos obtenidos en campo permiten conocer las condiciones termodinámicas de los componentes fluidos de los sistemas volcánicos.

De esta manera se realizan muestreos de aguas en los que se toma cuatro muestras correspondientes a análisis de cationes, aniones, isótopos y carbonatos, además de la toma de datos fisicoquímicos in situ (pH, ORP (Potencial de óxido reducción), CE (Conductividad eléctrica) y Temperatura).

En la Figura 2.1.4.7, se presenta la localización de las estaciones de Aguas termales para Galeras.

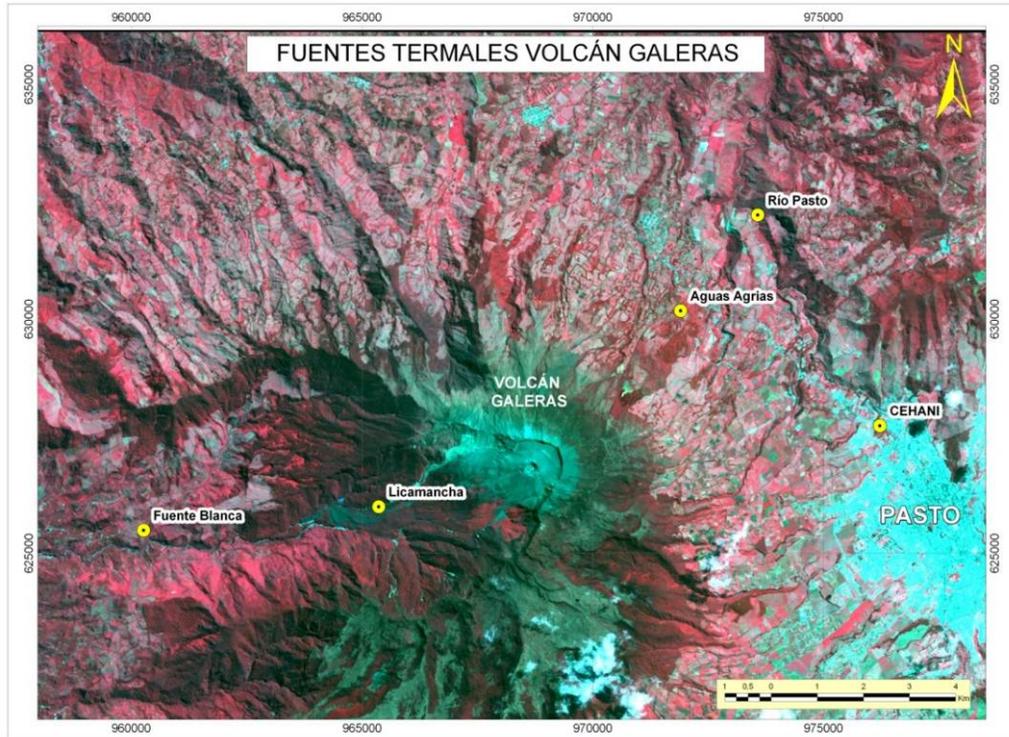


Figura 2.1.4.7. Mapa de Localización de las Fuentes Termales presentes en el área de influencia de Volcán Galerías.

Tabla 2.1.4.4. Ubicación Fuentes Termales en el área de influencia de volcán Galerías

FUENTE TERMAL		COORDENADAS		ALTITUD
		Latitud Norte	Longitud Oeste	
CEHANI		01°22'9.56"	77° 29' 12.4"	2519 msnm
Río Pasto		01°27'2.5"	77° 31' 50.6"	2143 msnm.

Aguas Agrias		01° 25' 13.5"	77° 33' 1.8"	2668 msnm
Fuente Blanca		01° 11' 18.7"	77° 23' 31.0"	2232 msnm
Licamancha		01° 12' 26.6"	77° 24' 9.9"	2391 msnm.

2.1.5. ELECTROMAGNETISMO.

Los efectos volcánicos Electromagnéticos (EM), son señales generadas por actividad volcánica que se derivan de una serie de procesos físicos. Estos incluyen efectos piezomagnéticos, piezoelectricos electrocinéticos, vaporización de Fluidos, cambios de resistividad, efectos termoquímicos, efectos magnetohidrodinámicos y perturbaciones ionosféricas (TID). La identificación de diferentes procesos físicos y su interdependencia es a menudo posible realizando un monitoreo multiparamétrico, que en la actualidad es común en los volcanes, ya que muchos de estos procesos ocurren con diferentes escalas de tiempo y algunos se identifican simultáneamente con otros datos geofísicos (deformación, sísmica, perturbaciones de la ionosfera perturbaciones, etc.).

La identificación de las perturbaciones de campos electromagnéticos asociados con la actividad volcánica tiene una historia relativamente joven. Las mediciones iniciales en la década de 1950 en el volcán Mihara en Japón se centró en el seguimiento de la inclinación y declinación del campo magnético, mientras que en el volcán Kilauea en Hawai los campos eléctricos estáticos (auto-potenciales, SP), reflejaron procesos de actividad de intrusión. Las observaciones de los campos



magnético y eléctrico, desde 1960 muestran cambios de varias decenas de nanoteslas y más de cientos de mV/km cuando se han registrado erupciones volcánicas (Johnston, 1997; Zlotnicki, 1995).

La prospección por Potencial Espontáneo (P.E.), se caracteriza por la facilidad de su ejecución y por la ligereza de los materiales. Este método consiste en medir la diferencia de los potenciales naturales utilizando un voltímetro y dos electrodos impolarizables clavados en el suelo (un electrodo fijo y uno móvil), unidos al voltímetro por un cable conductor. Las medidas se tomaron a un paso de 100 m. La calidad de estos datos está en función de diversos fenómenos naturales y artificiales que podrían considerarse como fuentes de ruido y que generalmente están ligados a condiciones geológicas del terreno como por ejemplo: los fenómenos electrocinéticos, variaciones laterales de resistividad eléctrica del terreno, fenómenos electroquímicos producidos por diferencia en la composición de las aguas subterráneas, la actividad bioeléctrica vegetal, las corrientes magnetotélúricas; los ruidos artificiales como la presencia de conductos subterráneos, pozos, cables eléctrico, etc. y los ruidos instrumentales (tipo de material utilizado). El potencial espontáneo se reconoció por primera vez por Conrad Schlumberger, Marcel Schlumberger y EG Leonardon en 1931, y lo que publicó por primera vez fueron ejemplos de campos de petróleo en Rusia. El potencial espontáneo es un tipo de registro Geofísico, también se usa como sondeo eléctrico vertical.

Mecanismos físicos involucrados

A corto plazo, se presentan cambios de los campos eléctrico y magnético durante las erupciones, principalmente como resultado de los cambios de tensión en las rocas volcánicas y de inyección de los fluidos magmáticos, hidrotermales y gases a altas temperaturas y en condiciones de incremento de presión. Es de gran importancia en investigaciones tendientes a la predicción de erupciones, ya que en las primeras etapas de un proceso eruptivo se pueden generar cambios asociados con las condiciones de presión y deformación de la roca, cambio en las condiciones térmicas y circulación de fluidos, que pueden reflejarse también en las variables electromagnéticas, en el monitoreo volcánico.

Los procesos físicos dominantes durante las etapas finales antes de las erupciones son el estrés inducido por la modificación de magnetización (Piezomagnetismo), corrientes eléctricas producidas por la circulación del fluido (efectos electrocinéticos), de-magnetización térmica y re-magnetización de rocas volcánicas. Otras señales EM son el resultado de la generación de carga durante la vaporización de fluidos y la formación de partículas finas como ceniza. Los cambios EM también resultan de la modificación de la estructura de la conductividad eléctrica. Durante y después de las erupciones, pueden resultar “grandes” señales EM a partir de la generación de carga eléctrica por desintegración de la roca, lo que genera ionización del medio durante la erupción y se manifiesta por la presencia de descargas eléctricas o rayos dentro la nube de ceniza, cambio en las condiciones del esfuerzo de la roca, que conllevaría a la variación de las condiciones magnéticas del medio

2.1.5.1 Variaciones Magnéticas y Eléctricas en Galeras.

Desde mediados de 2010, se cuenta con una estación para el monitoreo continuo de las variaciones del campo eléctrico y otra para el monitoreo del campo magnético asociadas con la actividad del

volcán Galeras, ubicadas aproximadamente a 2.7 km hacia el sector este del cráter volcánico y se denominan estaciones EM Frailejón.

La estación de monitoreo magnético de Frailejón, aun cuando ha mostrado registros importantes en otros periodos de actividad de Galeras, asociados principalmente con procesos de cambios de presión y fracturamiento de roca del edificio volcánico, actualmente mantiene un nivel de estabilidad en el comportamiento de sus tres componentes (Figura 2.1.5.1).

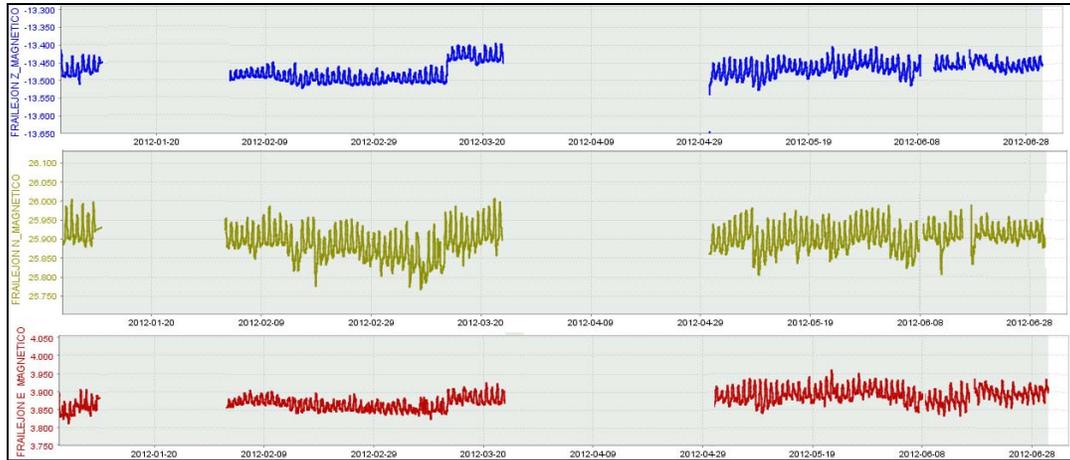


Figura 2.1.5.1. Comportamiento de las tres componentes Z, N (X) y E (Y) del campo magnético en el sector de Frailejón para el semestre A de 2012.

A partir del 7 de mayo de 2012 se retomaron las medidas de potenciales eléctricos espontáneos en tres de los puntos dispuestos para dichas medidas: Lavas, Peladitos y La Y. Debido al poco número de muestreos, no es posible definir una tendencia, sin embargo se observa que las variaciones son menores a los 40 mV que son cambios normales en zonas volcánicas activas (Figuras 2.1.5.2, 2.1.5.3 y 2.1.5.4)

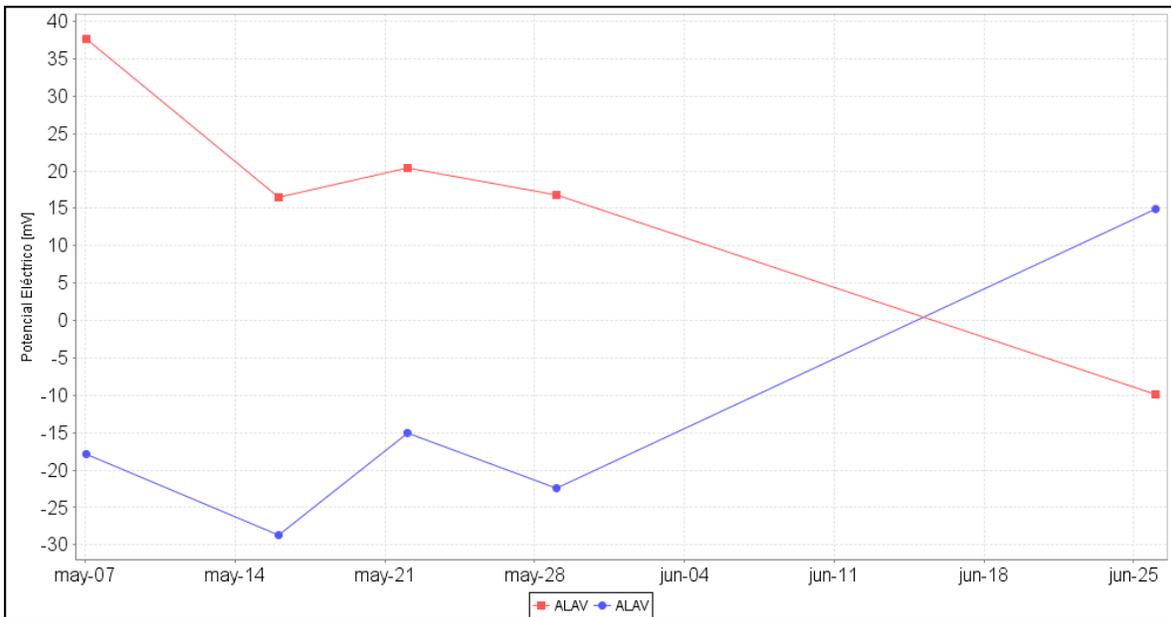


Figura 2.1.5.2. Variaciones del Campo Eléctrico espontáneo en la estación Lavas. Los puntos rojos hacen referencia a las medidas realizadas en la componente EW y los azules en la componente NS.

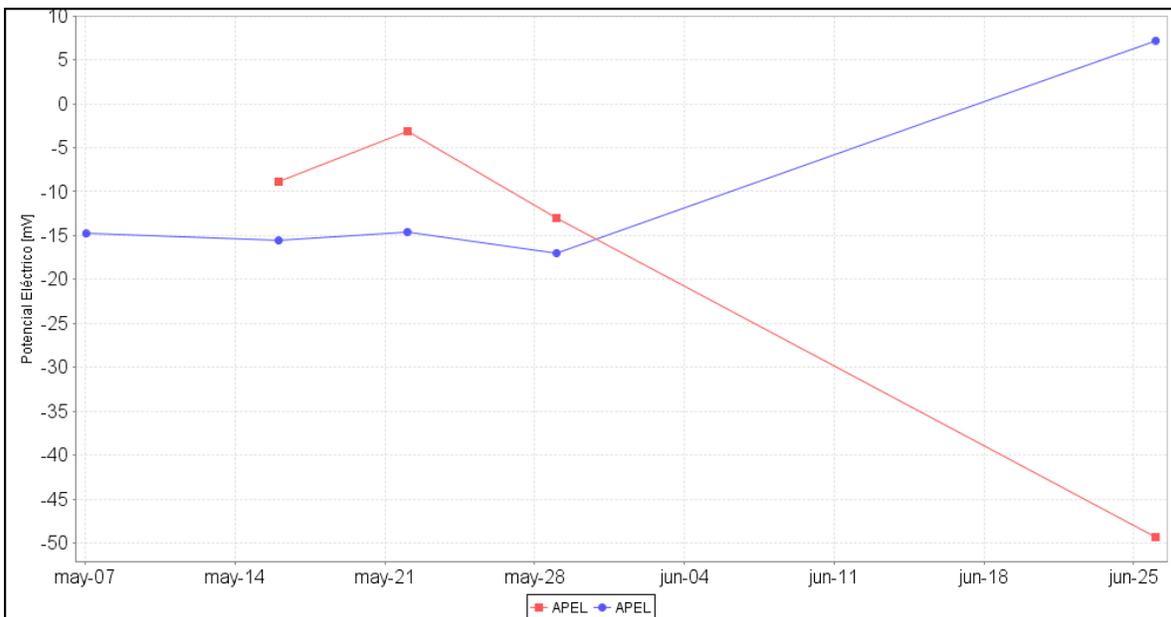


Figura 2.1.5.3. Variaciones del Campo Eléctrico espontáneo en la estación Peladitos. Los puntos rojos hacen referencia a las medidas realizadas en la componente NS y los azules en la componente EW.

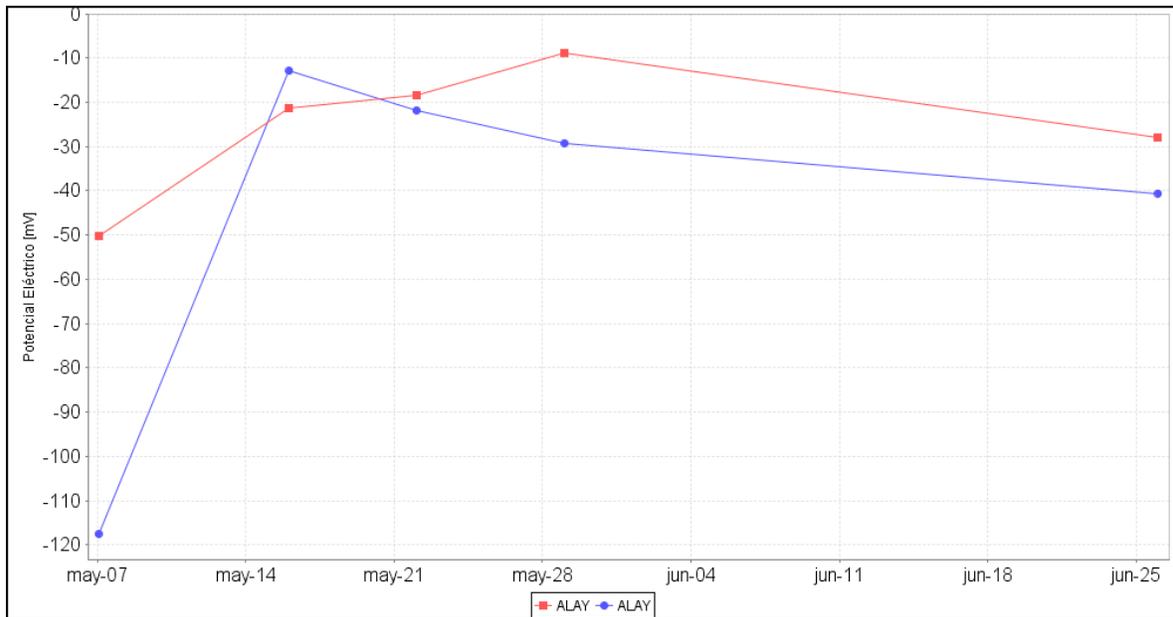


Figura 2.1.5.4. Variaciones del Campo Eléctrico espontáneo en la estación La Y. Los puntos rojos hacen referencia a las medidas realizadas en la componente NS y los azules en la componente EW.

2.1.6. GEOLOGIA

2.1.6.1. Material emitido los días 26 y 27 de Mayo

Los días sábado 26 y domingo 27 de mayo se registraron eventos sísmicos asociados a una posible emisión de gases y material particulado. El día 26 de mayo se registraron dos señales, la primera emisión se registró a partir de las 07:57 LT. A esta hora se presentó un evento tipo Tremor asociado con emisión de cenizas, como se observa en la Figura 2.1.6.1. Esta emisión fue observada desde las cámaras ubicadas en el sector de Barranco, Consacá y las instalaciones de OVSP, la altura máxima calculada fue de 800 m.s.c.G y con una dirección de tendencia al NW. Como se observa en la Figura 2.1.6.2.

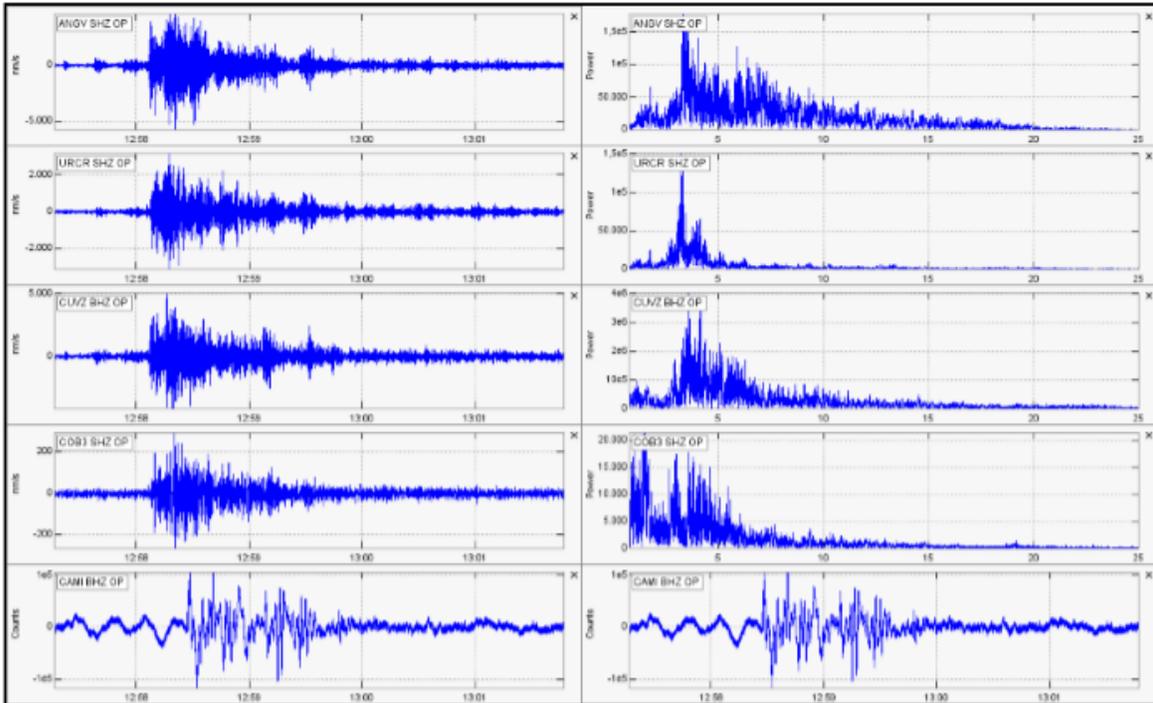


Figura 2.1.6.1. Evento tipo tremor del día 26 de mayo a las 07:57 LT, asociado a emisión de gases y material particulado.

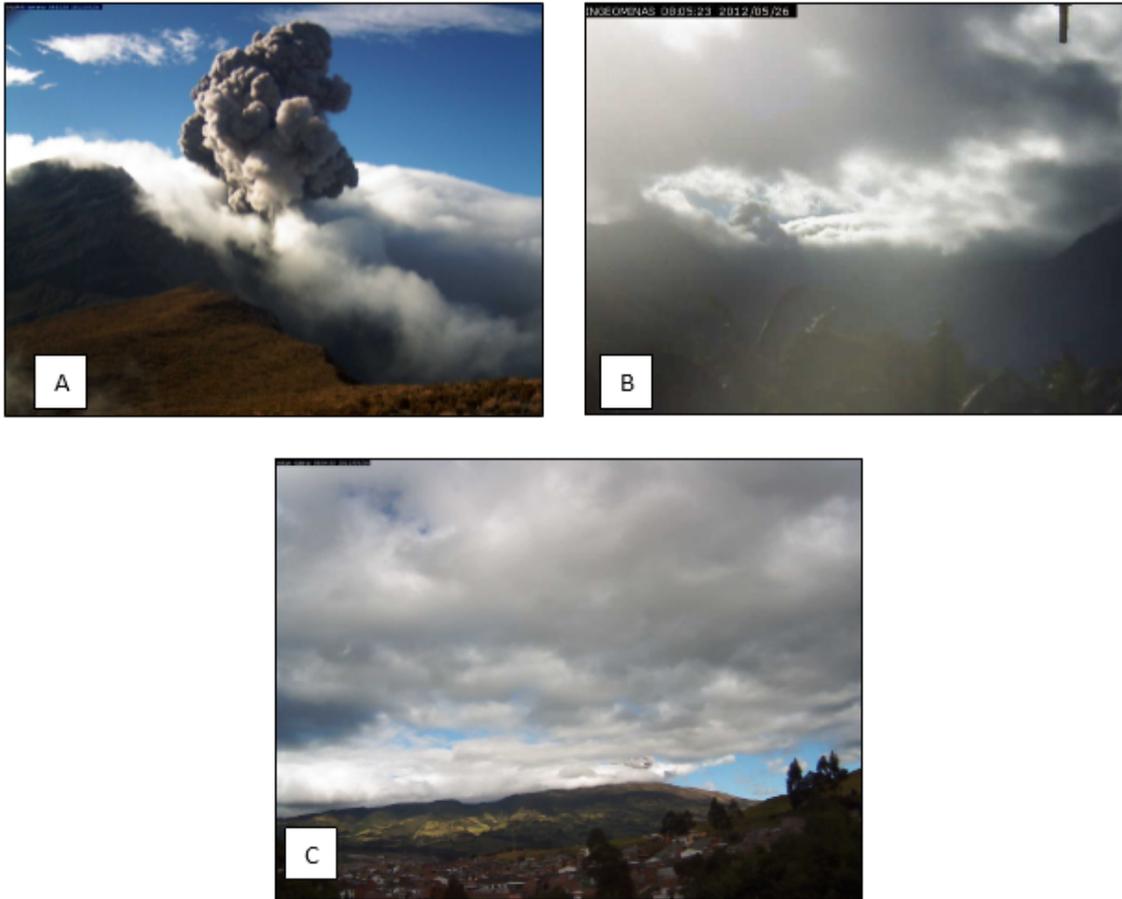


Figura 2.1.6.2. Emisión de gases y ceniza asociada al evento tipo tremor de las 07:57 LT. A. Vista desde la cámara Barranco Alto, registrada a las 08:02 LT. B. Vista desde la cámara de Consacá, registrada a las 08:05 LT. C. Vista desde la cámara OVSP, registrada a las 08:04 LT.

La segunda emisión del día 26 de mayo se dio a partir de las 22:05:00 LT. A esta hora se presentó un evento tipo Tremor asociado con emisión de cenizas, como se observa en la Figura 2.1.6.3. Esta emisión no fue observada desde las cámaras de la red de vigilancia de Galeras, por presentarse en la noche.

Para el día 27 de mayo se registraron dos señales asociadas a emisión de gases y material particulado; la primera emisión se registró a partir de las 09:33 LT, a esta hora se presentó un evento tipo Tremor asociado con emisión de cenizas, como se observa en la Figura 2.1.6.4. Esta emisión fue observada desde las cámaras ubicadas en el sector de Barranco y Consacá, la altura máxima calculada fue de 490m.s.c.G y con una dirección de tendencia al N. Como se observa en la Figura 2.1.6.5.

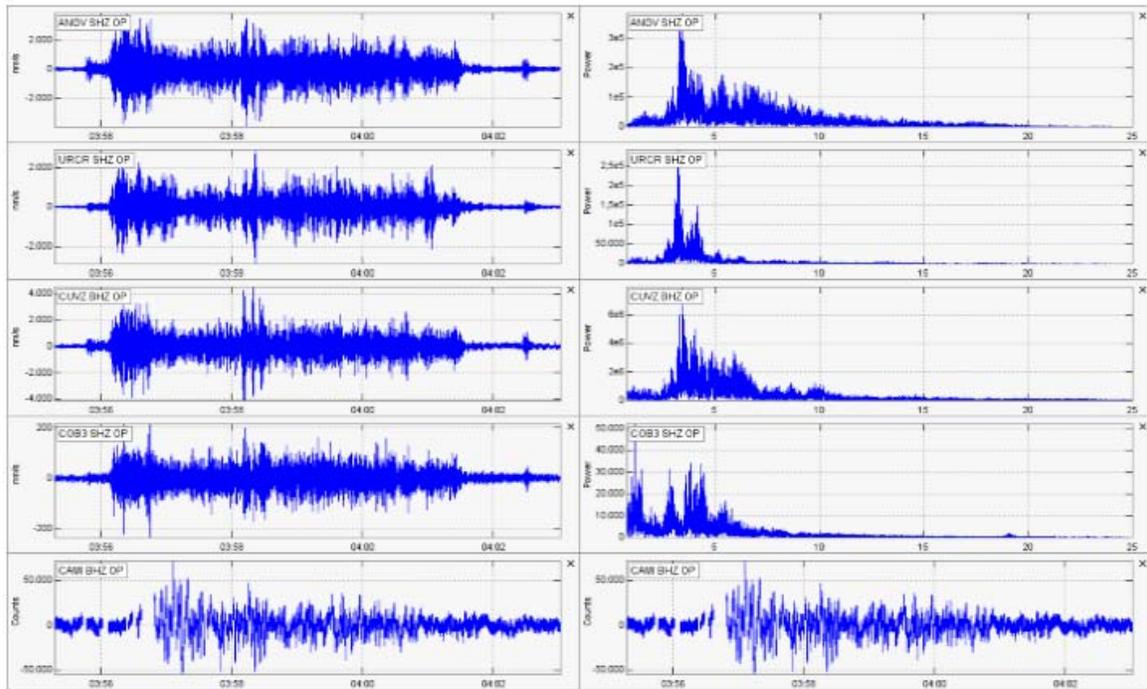


Figura 2.1.6.3. Evento tipo tembor del día 26 de mayo a las 22:05:00 LT, asociado a emisión de gases y material particulado.

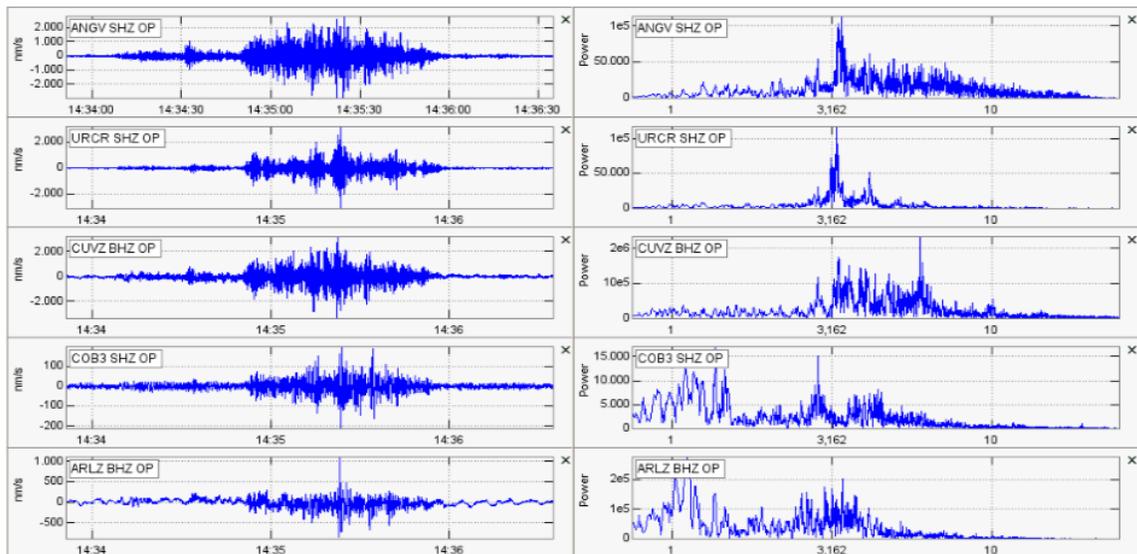


Figura 2.1.6.4. Evento tipo tembor del día 27 de mayo a las 09:33:00 LT, asociado a emisión de gases y material particulado.

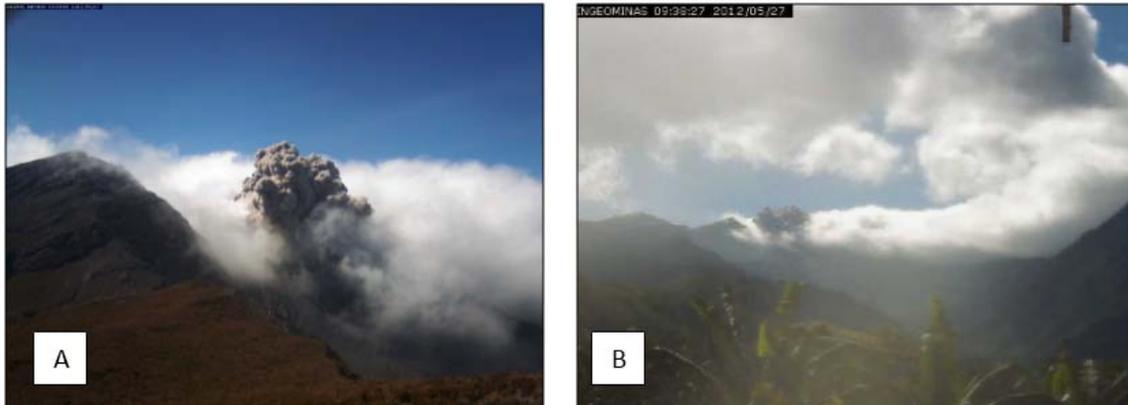


Figura 2.1.6.5. Emisión de gases y ceniza asociada al evento tipo tremor de las 09:33 LT. Figura 6.5A. Vista desde la cámara Barranco Alto, registrada a las 09:39 LT. Figura 6.5B. Vista desde la cámara de Consacá, registrada a las 09:38 LT.

La segunda emisión del día 27 de mayo se dio a partir de las 12:15:00 LT. A esta hora se presentó un evento tipo Tremor asociado con emisión de cenizas, como se observa en la Figura 6.6.

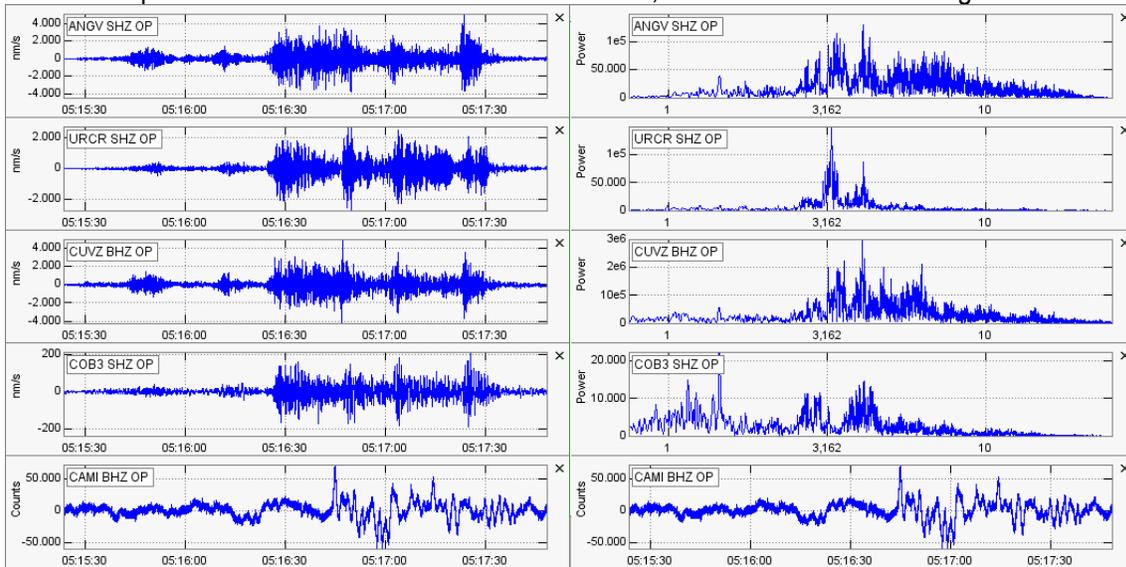


Figura 2.1.6.6. Evento tipo tremor del día 27 de mayo a las 12:15:00 LT, asociado a emisión de gases y material particulado.

Es con esta información que se decide efectuar una comisión hacia el sector de la estación Barranco Alto, localizada en el sector NE del edificio volcánico. Se realizó acompañamiento por parte del personal del OVSP (Físico Edgar Muñoz y Técnico-operario Byron Gámez), además de personas del sector de San Cayetano.

Al llegar a la estación de Barranco Alto se observa que los paneles solares se encuentran cubiertos por una capa de material particulado producto de las emisiones anteriormente descritas, material fue afectado por las lluvias, notándose que al final del panel se encuentra estancado, lo que impide medir un espesor real directamente de la zona de caída, como se observa en la Figuras 2.1.6.7 y 2.1.6.8.



Figura 2.1.6.7. Paneles solares de la Estacion de Barranco Alto, en los cuales se observa material particulado, asociado a las emisiones del 26 y 27 de mayo.

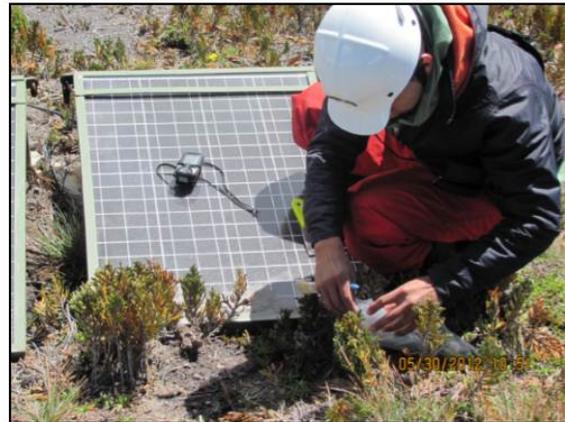
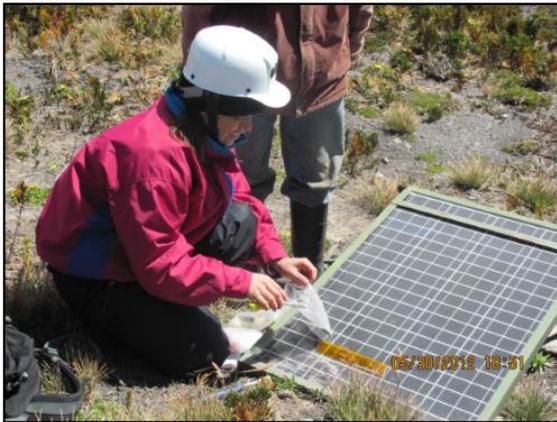
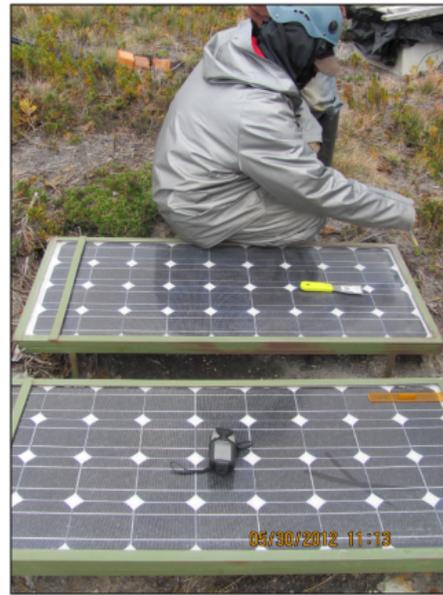


Figura 2.1.6.8. Colecta de ceniza en los paneles solares de la Estacion de Barranco Alto, asociada a las emisiones del 26 y 27 de mayo.

De igual manera se realizó reconocimiento de campo a lo largo del sector de la estación de Barranco Alto, donde se puede observar algunas partículas de ceniza, como en la Figura 2.1.6.9.



A. Cubrimiento de vegetación en algunos sectores de la Estación Barranco Alto.



B. Paneles con remanentes de ceniza lavada por la lluvia en la estación de Barranco Alto.



C. Antena de la Estación de GNSS de Barranco Alto



D. Estación de GNSS de Barranco Alto.

Figura 2.1.6.9. Aspecto de cenizas depositadas en algunos sectores de la Estación de Barranco Alto, asociada a las emisiones del 26 y 27 de mayo.

El análisis preliminar bajo lupa binocular (Bausch and Lomb X 10, 1X-2X), de la muestra de ceniza colectada en la zona de la estación de Barranco Alto, permite clasificar el material emitido como ceniza lítica, de color gris oscuro y constituido por material lítico en 65%, fragmentos de vidrio en un 30% y cristales en un 5%, de tamaño de partícula. Figura 2.1.6.10. se debe anotar, que al tener las fases eruptivas de los dos días de emisión, la muestra colectada contiene material de estos dos días.

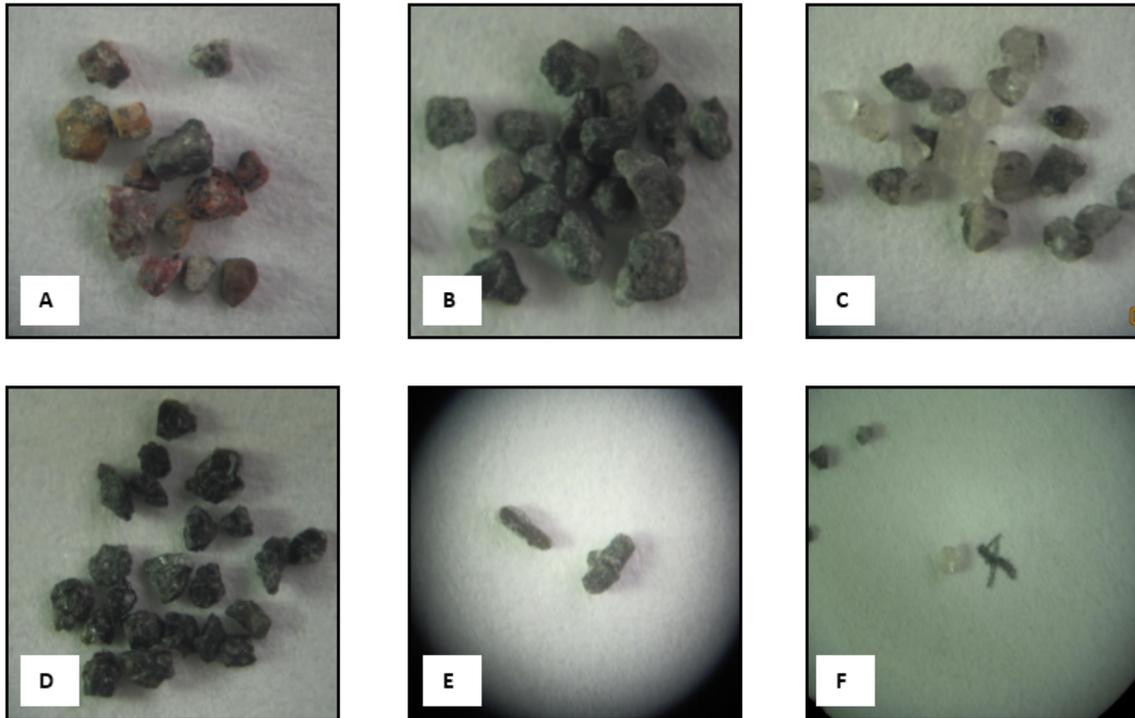


Figura 2.1.6.10. Aspecto bajo la lupa binocular de: A. Fragmentos líticos alterados; B. Fragmentos líticos; C. Fragmentos de vidrio gris – translúcido; D. Fragmentos de vidrio negro; E. Cristales de Piroxenos; F. Cristales de Plagioclasa maclada.

El material particulado relacionado con las emisiones del 26 y 27 de mayo se describe a continuación:

- Fragmentos líticos juveniles: se encuentran en un porcentaje de 50%, de color gris claro a oscuro, presentan fenocristales de plagioclasa y una matriz vítrea de color gris; estos fragmentos líticos varían de angulares a subangulares. Algunos en superficie presentan una pátina de oxidación y muy pocos fragmentos presentan un pequeño porcentaje de vesículas.
- Fragmentos vítreos de color negro: Se encuentran en un porcentaje de 20%, estos fragmentos varían de angulares a subangulares; presentan fractura concoide y brillo lustroso; en menor proporción se encuentran los fragmentos de vidrio negro microvesiculado (5% en promedio); algunos fragmentos presentan microcristales de Plagioclasa.
- Fragmentos vítreos de color gris a translúcido: se encuentran en un porcentaje de 10%, son fragmentos subangulares; presentan microinclusiones de minerales máficos; presenta un microvesiculamiento de aproximadamente 5%.
- Fragmentos líticos alterados: Corresponde a líticos porfíricos de color gris, que presentan una alteración de amarillenta a rojiza, esta alteración se presenta como patina o hacia los cristales de estos fragmentos; se encuentran en un porcentaje de 20%; varían de subangulares a subredondeados; porfíricos finos color rojo por oxidación y blancos terrosos, amarillentos y rosados, de alteración hidrotermal. Algunos fragmentos aparecen caolinitizados y silicificados.
- Cristales: Se encuentran en un porcentaje de 5%, corresponden predominantemente a plagioclasas traslucidas maclada subhedrales; fragmentos de piroxenos subhedrales y euhedrales de color verde. Además se observan cristales con brillo metálico azulado de magnetita.

2.1.6.2. Material emitido el día 8 de Junio

El día viernes 8 de junio se registró un evento sísmico tipo tremor asociado a una posible emisión de gases y material particulado. Esta señal de emisión se registró a partir de las 20:54:12 LT, como se observa en la Figura 2.1.6.11.

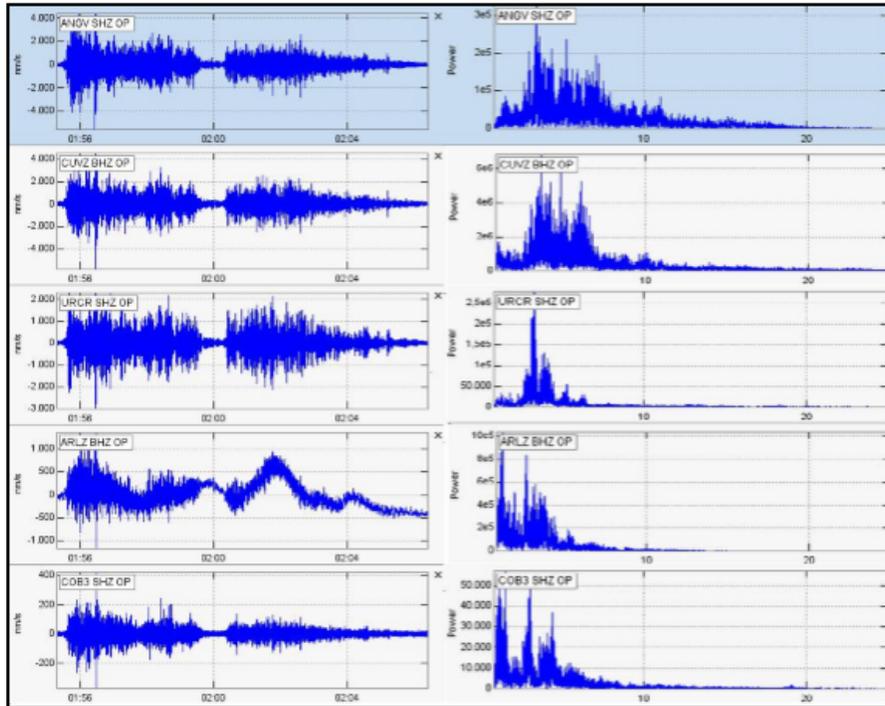


Figura 2.1.6.11. Evento tipo tremor del día 08 de junio a las 20:54:12 LT, asociado a emisión de gases y material particulado.

No fue posible evidenciar la emisión de ceniza desde ninguna cámara del OVSP debido a la hora que aconteció el evento. Se recibió reporte de caída de ceniza desde el municipio de Samaniego, por parte del Físico Edgar Muñoz contratista del OVSP, el cual se encontraba vía a este municipio en una moto, la cual quedó cubierta con una capa de ceniza, como se presenta en la Figura 2.1.6.12.



Figura 2.1.6.12. Moto cubierta por material particulado, caída de ceniza registra en el municipio de Samaniego.



La muestra analizada fue colectada por el Físico Edgar Muñoz, en la plaza principal del municipio de Samaniego. Esta muestra se encuentra con restos vegetales y algunos materiales que podrían ser restos de material de construcción. El tamaño de las partículas corresponde a ceniza fina a muy fina. El análisis preliminar bajo lupa binocular (Bausch and Lomb X 10, 1X-2X), de esta muestra de ceniza colectada, permite clasificar el material emitido como ceniza vítrea, de color gris oscuro y constituido por fragmentos de vidrio en un 55%, material lítico en un 40% y cristales en un 3%. Figura 6.13. El material particulado relacionado con la emisión del 8 de junio se describe a continuación:

- Fragmentos líticos juveniles: se encuentran en un porcentaje de 18%, de color gris claro a oscuro, presentan una textura afanítica, varían de angulares a subangulares. Además presentan un lustre vítreo.
- Fragmentos líticos alterados: Corresponde a líticos porfíricos de color gris, presentan una alteración de color rojo a naranja, la cual podría estar asociada a procesos hidrotermales. Estos fragmentos se encuentran en un porcentaje de 22%, su forma varía de subangulares a subredondeados.
- Fragmentos vítreos de color negro: Se encuentran en un porcentaje de 12%, estos fragmentos varían de angulares a subangulares; presentan fractura concoide y algo de brillo lustroso.
- Fragmentos vítreos de color gris a incoloro: se encuentran en un porcentaje de 40%, son fragmentos subangulares, algunos fragmentos presenta micro inclusiones de minerales máficos.
- Fragmentos vítreos de otros colores: se encuentran en un porcentaje de 5%, los colores que se observan van desde el café caramelo, ámbar y verde. Corresponde a fragmentos subangulares a subredondeados; presentan micro inclusiones de minerales máficos.
- Cristales: Se encuentran en un porcentaje de 3%, corresponden esencialmente a fragmentos de piroxenos subhedrales de color miel de forma prismática corta, y en menor porcentaje a cristales de plagioclasas traslucidas anhedrales. Además se observan algunos fragmentos líticos que presentan un brillo metálico azulado, posiblemente corresponda a magnetita.

Las Figuras 2.1.6.13 A, B, C y D muestran los diversos componentes encontrados en la muestra de ceniza emitida el 8 de junio de 2012.

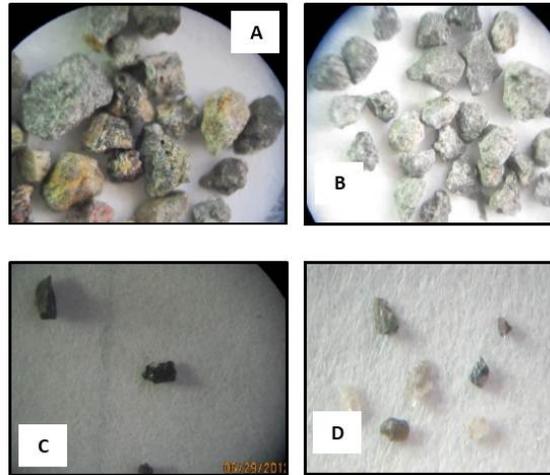


Figura 2.1.6.13. Aspecto bajo la lupa binocular de: A. Fragmentos líticos alterados; B. Fragmentos líticos; C. Fragmentos de vidrio de color negro; D. Fragmentos de vidrio gris.

2.1.7 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, por reportes de la comunidad o las autoridades y por videos e imágenes de las cámaras instaladas en el OVSP, Consacá y Barranco Alto. Es así como para el primer semestre de 2012, condiciones de clima favorables permitieron a través de las diferentes cámaras instaladas en los sectores occidental, noroccidental y suroriental del volcán, permitieron observar emisiones de gases y cenizas. Se resalta las emisiones del 12 y 17 de junio que alcanzaron alturas de hasta 2400 m sobre la cima de Galeras y estuvieron asociadas a salida de material particulado de las cuales se tuvo reportes de caída en el municipio de Sandoná y la cabecera del municipio de Samaniego (a 32 Km en línea recta de Galeras) al nor-occidente, así como en sectores de Mapachico, al oriente y en Genoy al nor-oriente del volcán. La dispersión de las columnas de gas 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.

De la cámara que se tiene la mayor cantidad de reportes es de la instalada en el sector noroccidental ubicada a 2.6 km del cráter volcánico. Adicionalmente, se recibieron reportes por parte de Personal del Observatorio que se encontraba en la cima de Galeras realizando labores de mantenimiento a las estaciones de monitoreo, de olores a gases azufrados.

En las Figuras 2.1.7.1 a 2.1.7.7 se presentan algunas imágenes las cuales se asocian a procesos de emisión de gases en Galeras.



Figura 2.1.7.1. Imágenes del volcán Galeras, capturadas desde el sector de Barranco Alto y Consacá, el 5 de junio de 2012., en las fotografías se observa la emisión de gases y material particulado.



Figura 2.1.7.2. Imágenes del volcán Galeras, capturadas el sector de Telecom, sobre la cima volcánica, el 6 de junio de 2012, en las fotografías se observa emisión de gases.



Figura 2.1.7.3. Imágenes de una motocicleta, ubicada en el municipio de Samaniego, capturadas el 8 de junio de 2012, en las fotografías se distingue el material particulado caído proveniente de Galeras.



Figura 2.1.7.4. Imágenes del volcán Galeras, capturadas desde el OVSP y Consacá, el 12 de junio de 2012, en las fotografías se observa la emisión de gases y material particulado.

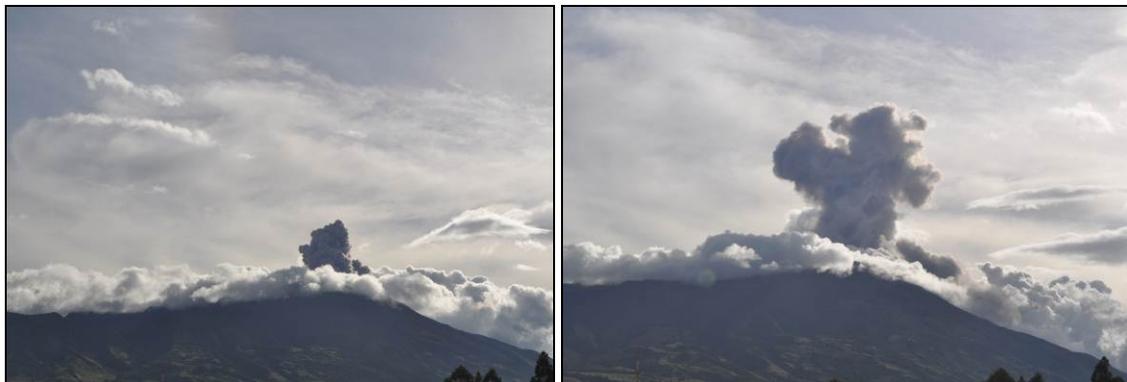


Figura 2.1.7.5. Imágenes del volcán Galeras, capturadas desde el OVSP, el 12 de junio de 2012., en horas de la tarde, en las fotografías se observa la emisión de gases y material particulado.



Figura 2.1.7.6. Imagen del volcán Galeras, capturada desde Barranco Alto, el 20 de junio de 2012 en horas de la mañana, a las 8:53 a.m., en la fotografía se observa la emisión de gases.

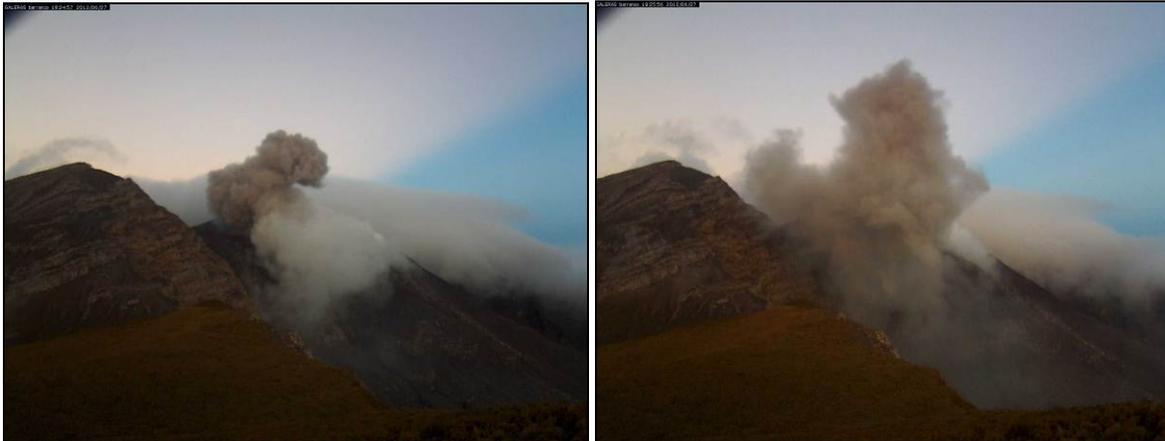


Figura 2.1.7.7. Imágenes del volcán Galeras, capturada desde Barranco Alto, el 27 de junio de 2012 en horas de la tarde, en las fotografías se observa la emisión de gases y material particulado.



2.1.8 Conclusiones

La sismicidad registrada entre febrero y junio de 2012 muestra una clara manifestación de intrusión de material magmático a niveles más superficiales. Los sismos de fractura, especialmente la localizada al occidente de cono activo a profundidades menores de 4 km, seguido de la sismicidad tipo tremor relacionada con dinámica de fluidos y las emisiones de gases y ceniza a partir del mes abril, son elementos que refuerzan el hecho de ascenso de un pulso magma.

El comportamiento de las variaciones del campo magnético asociado con la actividad del volcán Galeras, para el primer semestre de 2012, muestran estabilidad en sus tres componentes, lo que sugiere que las características magnéticas de la zona cortical del volcán no presenta modificaciones en las condiciones de temperatura o en las condiciones de presión del área de estudio o que al parecer los rangos de variación de estas propiedades son tan bajos o que fuente de generación de estos anomalías se ubique ligeramente distante a la estación de monitoreo, lo que hace que la señal se atenué antes de ser registrada por los equipos.

Del análisis de los componentes de la muestra de la emisión de ceniza de los días 26 y 27 de mayo de 2012, se tiene ceniza lítica de color gris claro, en la que se tiene una alta proporción de fragmentos líticos, seguida de fragmentos de vidrio y alterados y en menor proporción de cristales. Para la emisión de ceniza del 8 de junio, se caracterizó por una alta proporción de fragmentos de vidrio, seguida de fragmentos de líticos juveniles y alterados y en menor proporción de cristales; correspondiendo así a una muestra de ceniza vítrea con líticos. Estos eventos están relacionados en general, con el proceso de cambios en el comportamiento de la actividad del volcán, que se ve reflejado en las fluctuaciones de la actividad sísmica, siendo la sismicidad dominante aquella que se asocia a procesos de emisión de gases y cenizas, las cuales se hicieron evidentes a partir del día 13 de mayo de 2012 en horas de la mañana y que principalmente han depositado material particulado en la parte alta del volcán.

2.2 VOLCÁN CUMBAL

El Complejo volcánico de Cumbal está conformado por dos estrato-volcanes andesíticos activos, conocidos como Mundo Nuevo y Plazuelas, y al menos tres pequeños cráteres adventicios. El complejo volcánico es activo, se localiza en la Cordillera Occidental, al suroriente del Departamento de Nariño (Figura 2.4.1), Plazuelas en las coordenadas de latitud norte: $0^{\circ}57'21,31''$, longitud occidente: $77^{\circ}53'13,49''$ y altura máxima de 4764 m sobre el nivel del mar y, Mundo Nuevo en las coordenadas de latitud norte: $0^{\circ}57'3,52''$, longitud occidente: $77^{\circ}53'50,12''$ y altura de 4700 m sobre el nivel del mar.

El Cumbal se ubica en los dominios del municipio del mismo nombre a 12 km., al NW de la cabecera municipal de Cumbal. Sus depósitos son flujos de lava superpuestos, escóreas en bloques y masivos, flujos piroclásticos (de ceniza y escoria, de ceniza y pómez, de ceniza) y flujos de escombros y piroclastos de caída que recubren toda el área.



Figura 2.2.1. Imagen del complejo volcánico Cumbal.

2.2.1. RED DE VIGILANCIA

Durante el primer semestre de 2012, la red de vigilancia del volcán Cumbal estuvo conformada por:

- Debido a robo de equipos en el volcán Cumbal, solamente se contó con una estación sísmica telemétrica: de corto período triaxial, llamada La Mesa (Figura 2.2.1.1, Tabla 2.2.1.1). La recepción de la información que captura esta estación en la sede del OVP, se realiza a través de una red telemétrica punto a punto con una estación repetidora llamada Cruz de Amarillo (Figura 2.2.1.2).
- Un inclinómetro electrónico telemétrico, instalado en el mismo sitio de la estación sísmológica, llamado inclinómetro La Mesa (Figura 2.2.1.1, Tabla 2.2.1.1). Los datos se digitalizan a través de

los canales auxiliares de baja tasa de muestreo del digitalizador de la estación sísmica y se transmiten pasando por la repetidora Cruz de Amarillo.

- El primero de marzo se instaló un sensor de infrasonido, para detectar cambios de presión acústica (Figura 2.2.1.1, Tabla 2.2.1.1). La transmisión de los datos se realiza a través del canal X de alta tasa de muestreo (200 mps) del digitalizador de la estación sísmica y los datos se transmiten hasta el Observatorio pasando por la repetidora Cruz de Amarillo. Desde su instalación la estación de acústica tuvo un funcionamiento del 99%.

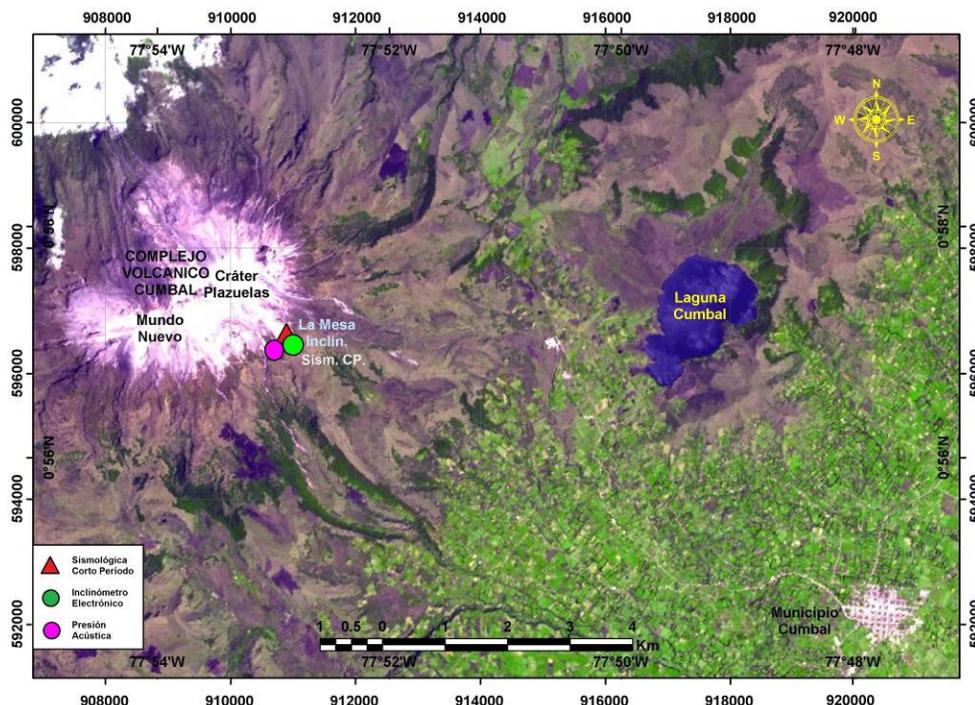


Figura 2.2.1.1. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Cumbal durante el primer semestre de 2012.

Tabla 2.2.1.1. Características de las estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Cumbal durante el primer semestre de 2012.

Estación	Tipo de Información	Tipo de Sensor	Componente	Distancia a Mundo Nuevo	Dirección respecto a Mundo Nuevo	Altitud (msnm)
La Mesa	Digital	Sismómetro Corto Período	Triaxial	2.5	ESE	4270
Inclínómetro La Mesa	Digital	Inclínómetro electrónico	Biaxial	2.5	ESE	4270
Presión Acústica	Digital	Infrasonido	Bidireccional	2.5	ESE	4270

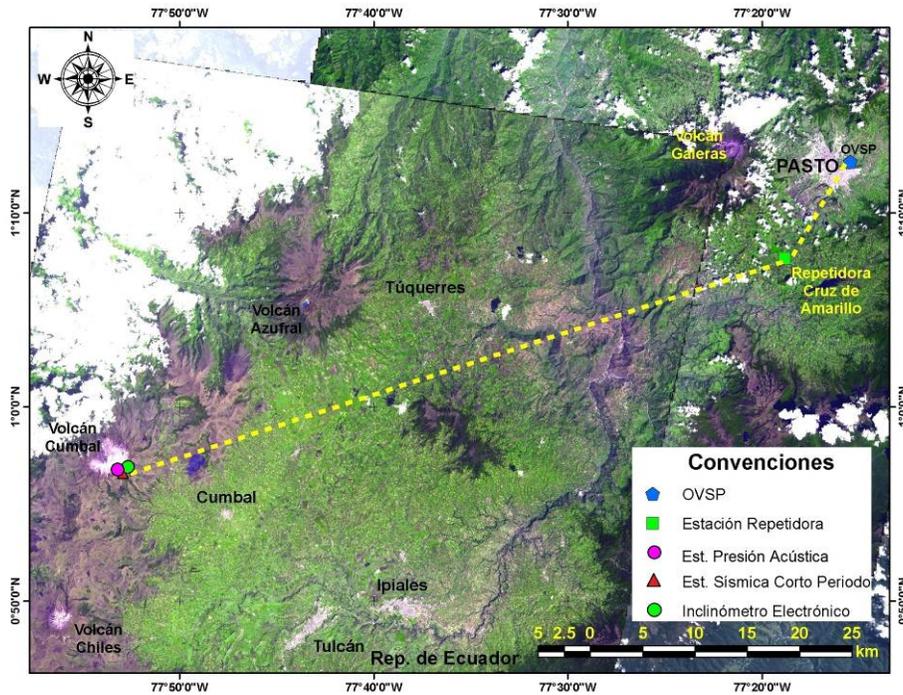


Figura 2.2.1.2. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Cumbal durante el primer semestre de 2012. Las líneas punteadas muestran los diferentes enlaces telemétricos utilizados para la transmisión de los datos.

Durante este semestre, las estaciones de la red instalada para el monitoreo del volcán Cumbal tuvieron un funcionamiento total del 99% (Figura 2.2.1.3), y durante el período del presente informe solamente fue necesario realizar un mantenimiento preventivo el día 1 de marzo. No se tuvo un 100% de funcionamiento debido a problemas de radio-enlace que fueron solucionados en la repetidora.

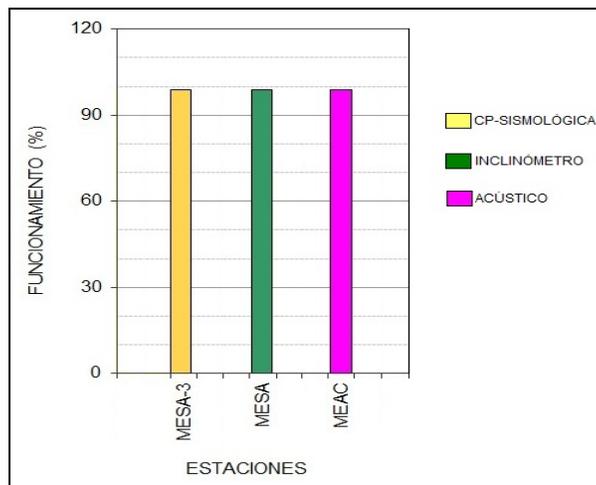


Figura 2.2.1.3. Histograma del porcentaje de funcionamiento, durante el primer semestre de 2012 (enero a junio), de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Cumbal.

2.2.2 SISMOLOGIA

En el transcurso del primer semestre se resalta la disminución en la ocurrencia de sismos respecto a los últimos meses de 2011, este descenso es más notorio a partir de marzo de 2012, especialmente en la sismicidad asociada con movimiento de fluidos: LPS y TRE (Figuras 2.2.2.1 y 2.2.2.2).

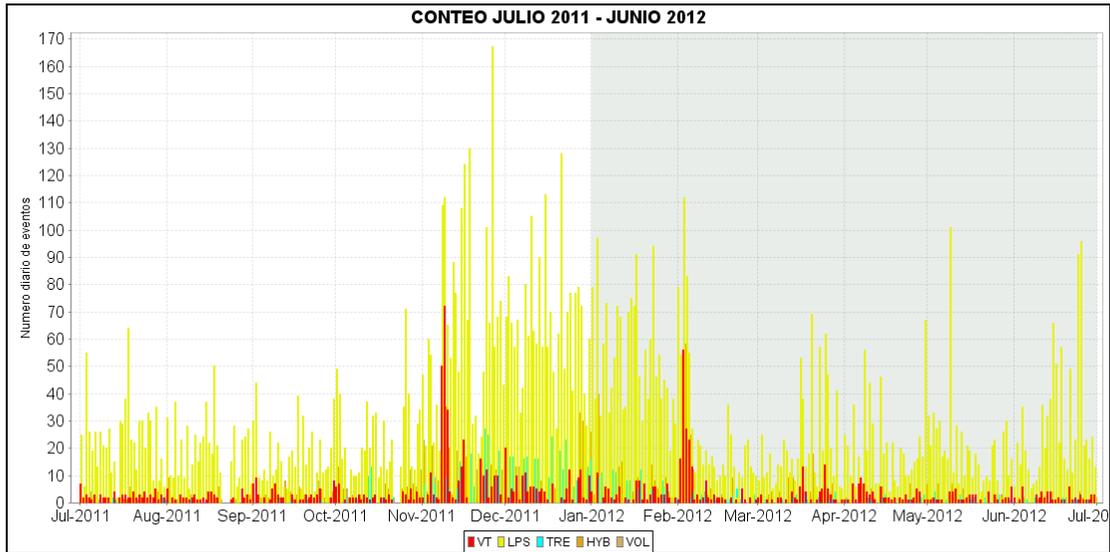


Figura 2.2.2.1. Histograma de número diario de eventos volcánicos por tipo, desde julio de 2011 a junio de 2012. El recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

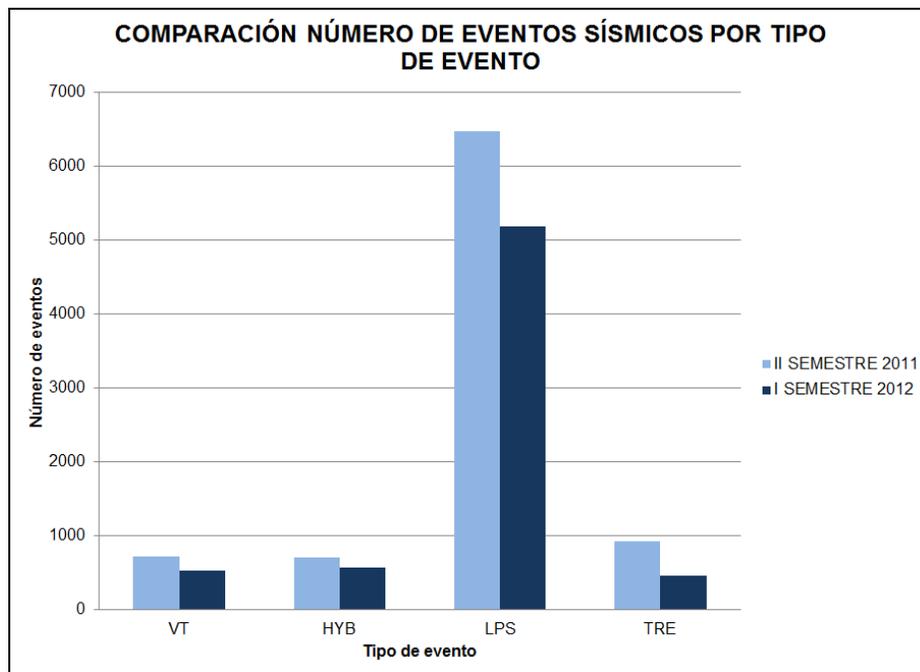


Figura 2.2.2.2 Relaciones comparativas de la variación de la sismicidad del segundo semestre del 2011 en comparación con el primer semestre de 2012, en cuanto a número de sismos.

Conforme se aprecia en la Figura 2.2.2.3, se nota una relación porcentual similar en LPS e HYB en ambos semestres tanto que el TRE aumenta notoriamente en el segundo semestre comparativamente con el primer semestre de 2011, reduciéndose el aporte en ocurrencia de los eventos VT en el segundo semestre.

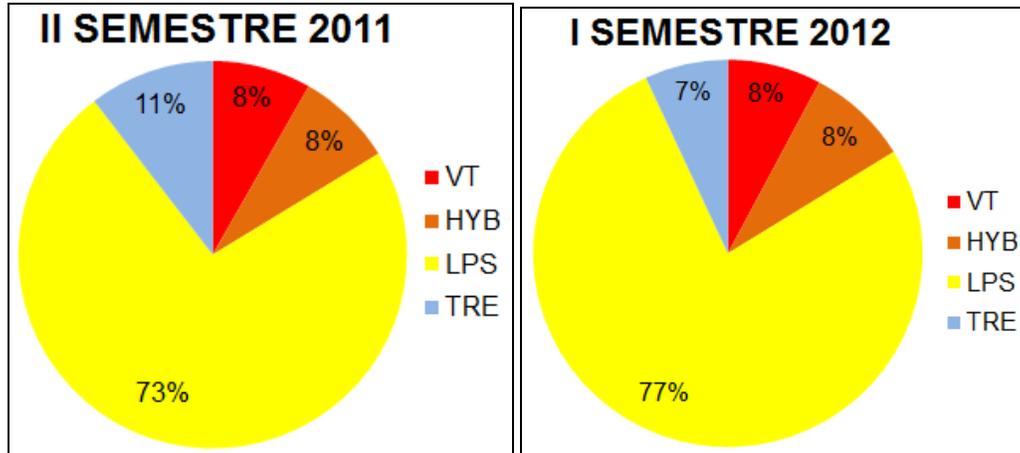


Figura 2.2.2.3. Relaciones porcentuales de conteo por tipo de sismos para el segundo semestre de 2011 (izquierda) y el primer semestre de 2012 (derecha).

En el complejo volcánico de Cumbal, se destaca la ocurrencia de sismos Tornillo y LP cuasi monocromáticos. Estos sismos mostraron frecuencias dominantes con valores entre 1.3 y 3.5 Hz y duraciones entre los 20 y 120 segundos. A continuación en las Figuras desde la 2.2.2.4 a la 2.2.2.10 se muestran ejemplos típicos de los sismos registrados a lo largo del segundo semestre de 2012. En las Figuras 2.2.2.11 y 2.2.2.12 se muestra la evolución temporal de las frecuencias dominante y duraciones de los sismos tipo TOR.

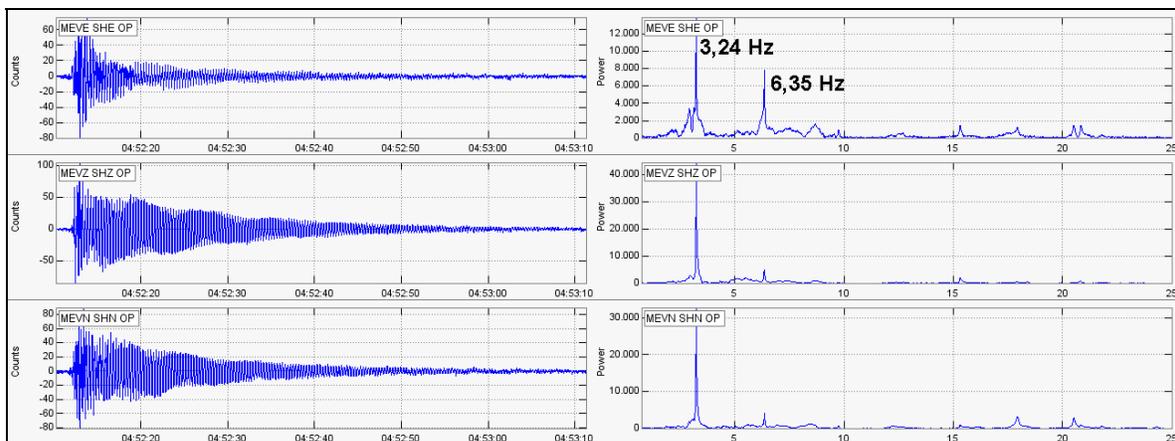


Figura 2.2.2.4. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo TOR, registrado el 17 de enero de 2012 a las 11:52 p.m.

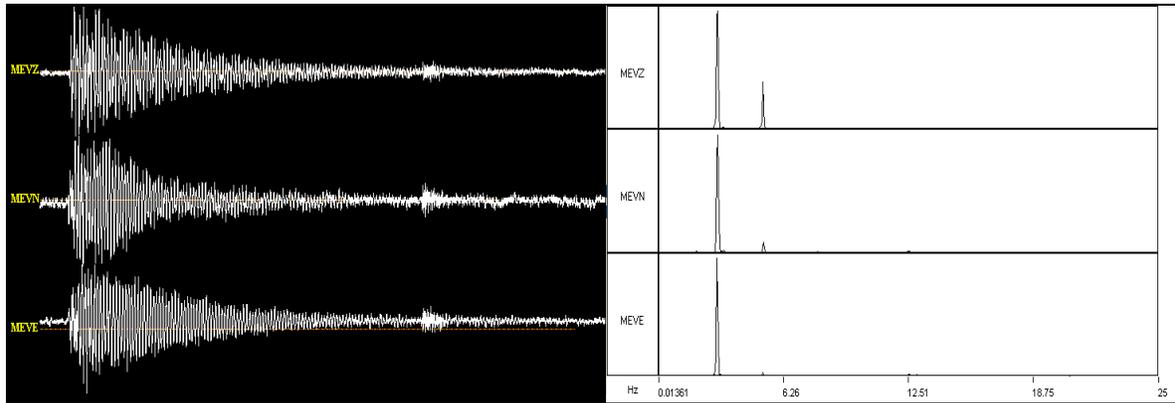


Figura 2.2.2.5. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo TOR, ocurrido en Cumbal, el 4 de febrero de 2012 a las 6:25 p.m.

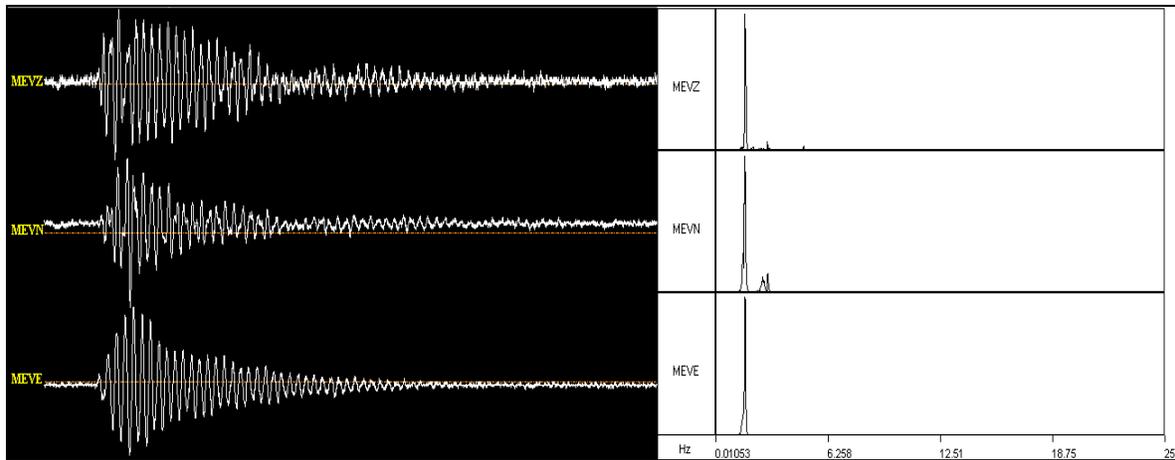


Figura 2.2.2.6. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo LPS, ocurrido en Cumbal, el 23 de febrero de 2012 a la 1:30 p.m.

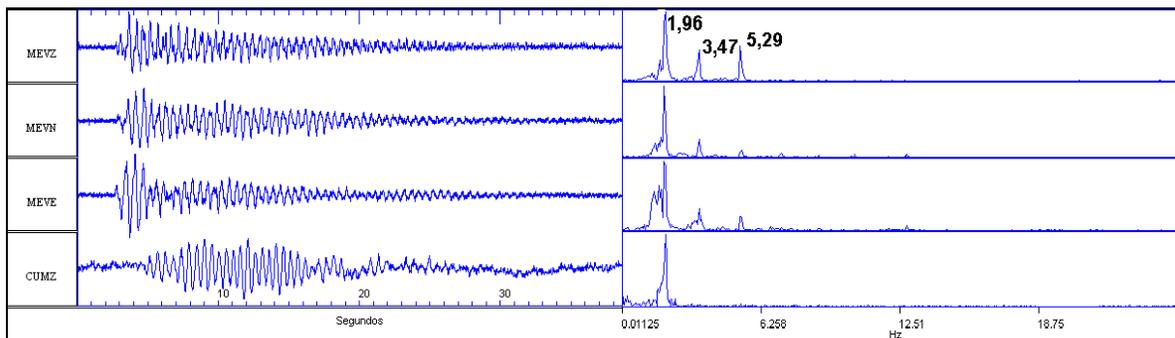


Figura 2.2.2.7. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo TOR, registrado el 15 de marzo de 2012 a las 3:43 a.m.

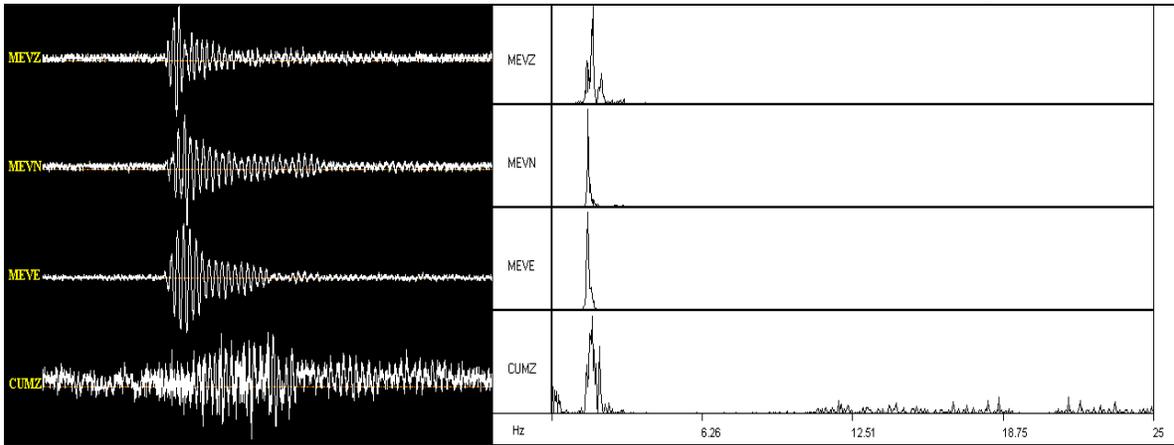


Figura 2.2.2.8. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo LPS, ocurrido en Cumbal, el 2 de abril de 2012 a las 3:44 p.m.

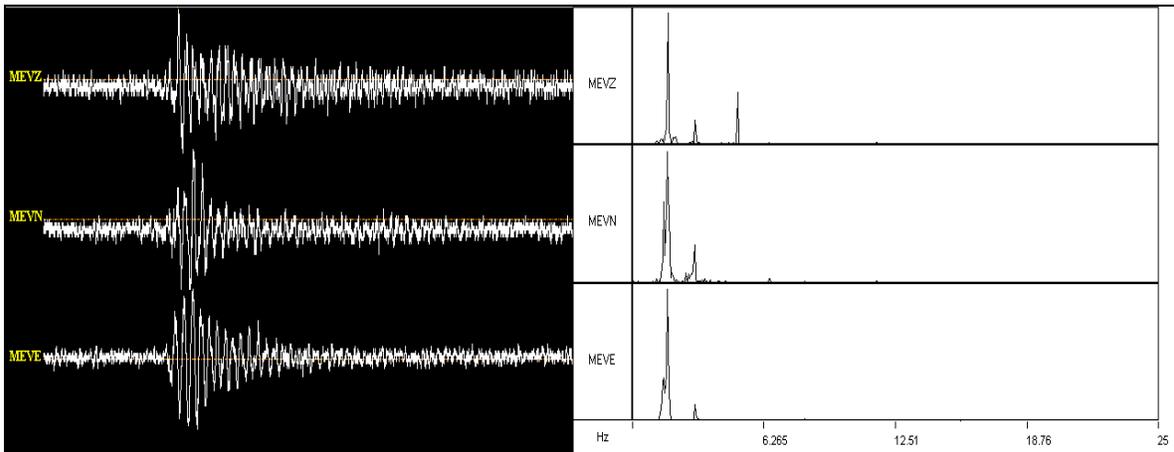


Figura 2.2.2.9. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo LPS, ocurrido en Cumbal, el 10 de abril de 2012 a las 4:36 p.m.

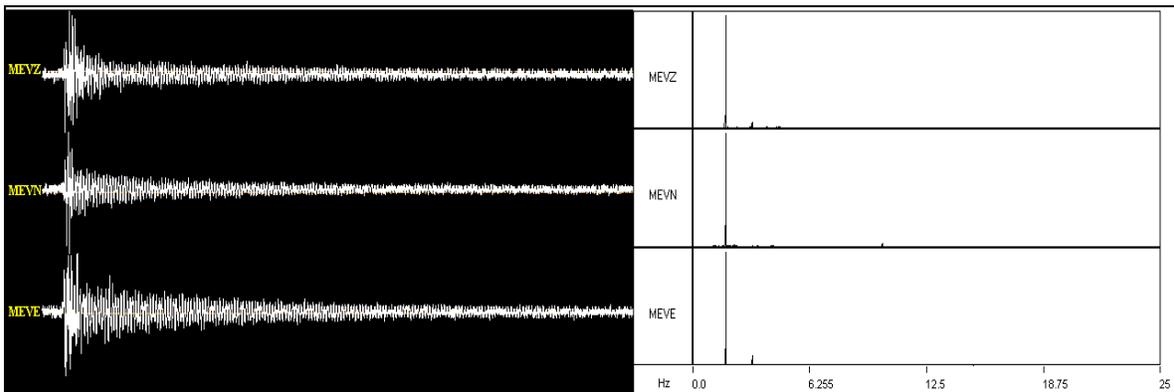


Figura 2.2.2.10. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento tipo TOR, ocurrido en Cumbal, el 5 de junio de 2012 a las 4:26 p.m., registrando 92 segundos de duración.

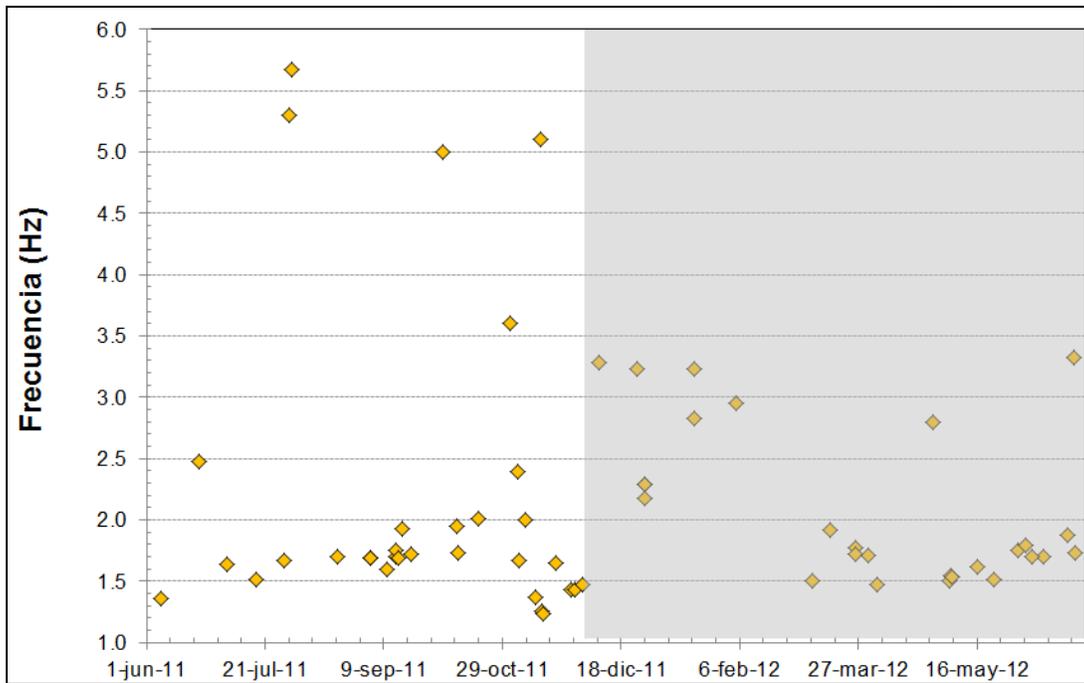


Figura 2.2.2.11. Evolución temporal de las frecuencias dominantes de los eventos tipo TOR registrados entre el 28 de julio de 2010 y el 30 de junio de 2012.

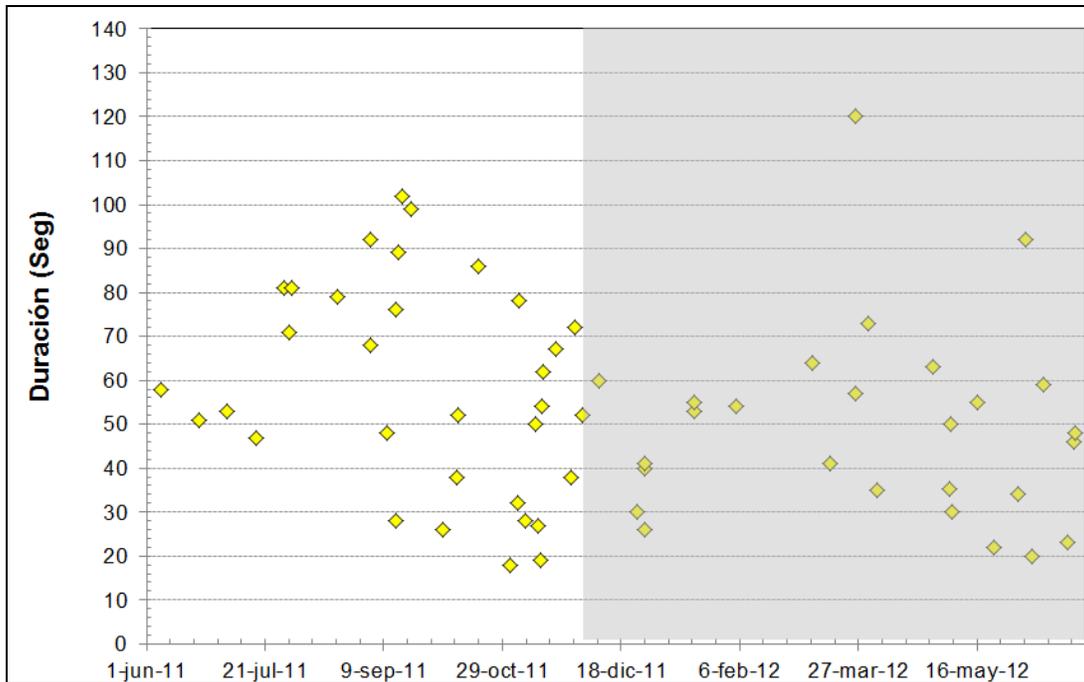


Figura 2.2.2.12. Duración en segundos de los eventos tipo TOR registrados entre el 28 de julio de 2010 y el 30 de junio de 2012.

2.2.3. Deformación

2.2.3.1. Inclinometría Electrónica

En cuanto a los procesos de deformación del edificio volcánico, las componentes Este y Norte del inclinómetro electrónico La Mesa (ubicado a 2,5 km al este-sureste del cráter Mundo Nuevo, 4270 msnm) siguieron mostrando la tendencia que traían del mes anterior. La componente Este registró un cambio de 21 μrad con una tendencia levemente ascendente y la componente Norte mostró estabilidad con cambios menores de 5 μrad (Figura 2.2.3.1).

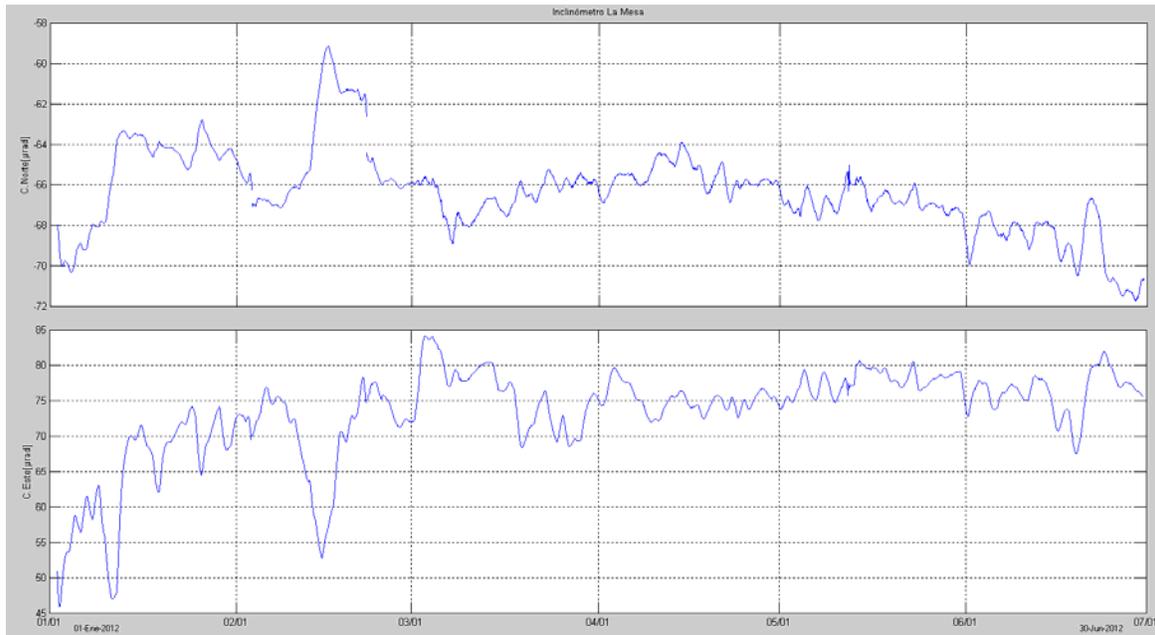


Figura 2.2.3.1. Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro La Mesa, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 30 de junio de 2012.

2.2.4 Fisicoquímica

2.2.4.1 Muestreo de gases en fumarola

Ubicación de las Fumarolas

Se estableció las coordenadas geográficas y la altitud de las fumarolas mediante un GPS Garmin eTrex Vista HCx (Sistema de posicionamiento global), usando el sistema WGS84. En la Tabla 2.1.4.4 se presentan las coordenadas de los sitios de muestreo y en la Figura 2.1.4.7 se indica la ubicación de cada fumarola.

Tabla 2.2.4.1 Ubicación de las Fumarolas del Volcán Cumbal

FUMAROLA	COORDENADAS		ALTURA
	Latitud Norte	Longitud Occidental	
Verde	0°57'23.7"	77°53'2.2"	4697 msnm
El Rastrojo	0°56'50.4"	77°53'50.6"	4542 msnm



Figura 2.2.4.1 Mapa de localización de las Fumarolas en el Volcán Cumbal

-Toma de muestra de gases en la Fumarola El Rastrojo y el Verde

Se realizó la toma de la muestra de gases en la fumarola El Rastrojo con una botella de Giggenbach.



Figura 2.2.4.2. Fotografías de la toma de muestra de gases en la Fumarola El Rastrojo y el Verde del Volcán Cumbal.

2.2.4.2. Medición de parámetros fisicoquímicos

En la Tabla 2.1.4.5 se presentan los valores de las mediciones in situ de la temperatura de las fumarolas El Rastrojo y Verde y del condensado. También se presenta el valor de pH del condensado.

Tabla 2.2.4.2. Parámetros fisicoquímicos in situ de las fumarolas del Volcán Cumbal

DESCRIPCIÓN	pH	Temperatura °C	ORP mV
Fumarola Verde	-	122.3	-
Fumarola El Rastrojo	-	148.5	-
Condensado de la Fumarola El Rastrojo	1.24	-	325.9

En la tabla 2.2.4.2, se puede observar que la temperatura de la Fumarola El Rastrojo fue mayor que en la fumarola Verde durante el año 2012.

2.2.4.3. Muestreo de Aguas Termales

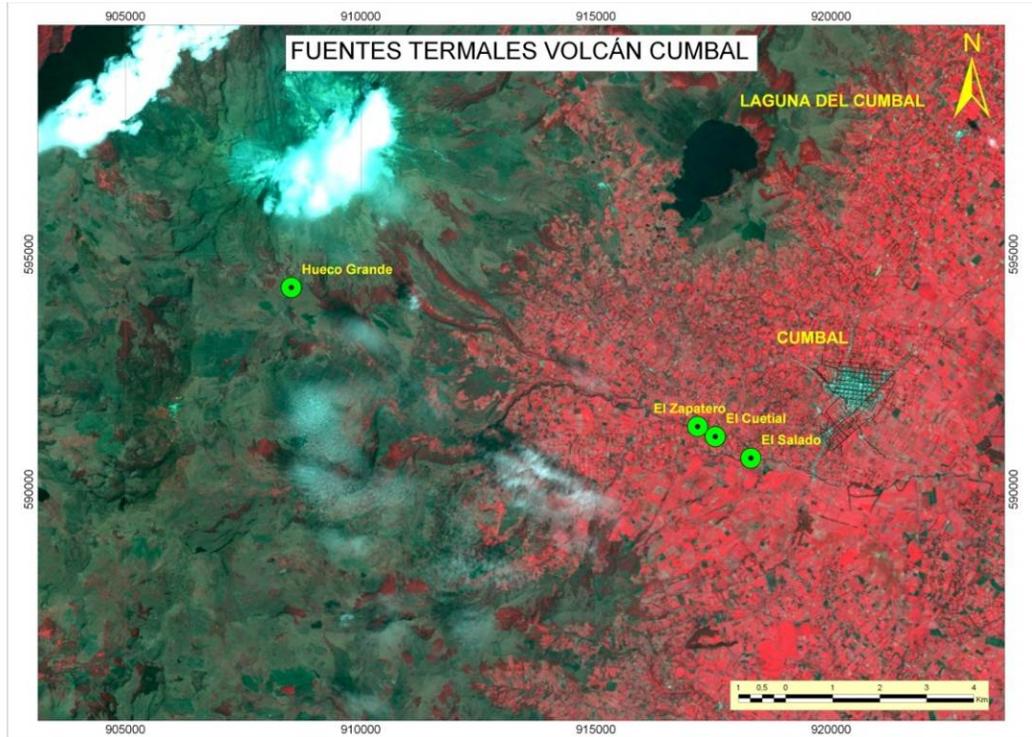


Figura 2.2.4.3. Mapa de Localización de las Fuentes Termales presentes en el área de influencia de Volcán Cumbal.

Tabla 2.2.4.3 Ubicación Fuentes Termales en el área de influencia de volcán Cumbal

FUENTE TERMAL		COORDENADAS		ALTITUD
		Latitud Norte	Longitud oeste	
El Salado		0°53'39.8"	77°48'42.3"	3191 msnm
Cuetial		0°53'54.5"	77°49'6.3"	3215

El Zapatero		0° 54' 2.0"	77° 49' 18.8"	3229 msnm
Hueco Grande		0° 55' 56.7"	77° 54' 2.4"	3500 msnm

2.2.5 Actividad superficial

Condiciones de clima favorables en el primer semestre de 2012 permitieron a través de la cámara instalada en la cabecera del municipio de Cumbal, observar emisiones de gases de color blanco, que alcanzaron poca altura sobre la cima volcánica y que se dispersaron con direcciones variables debido a la acción de los vientos.

En las Figuras 2.2.5.1 a 2.2.5.5 se presentan algunas imágenes las cuales se asocian a procesos de emisión de gases en Cumbal.



Figura 2.2.5.1. Imagen del Complejo Volcánico Cumbal, capturada desde el municipio de Cumbal, el 4 de junio de 2012., en horas de la mañana, en la fotografía se observa emisión de gases.

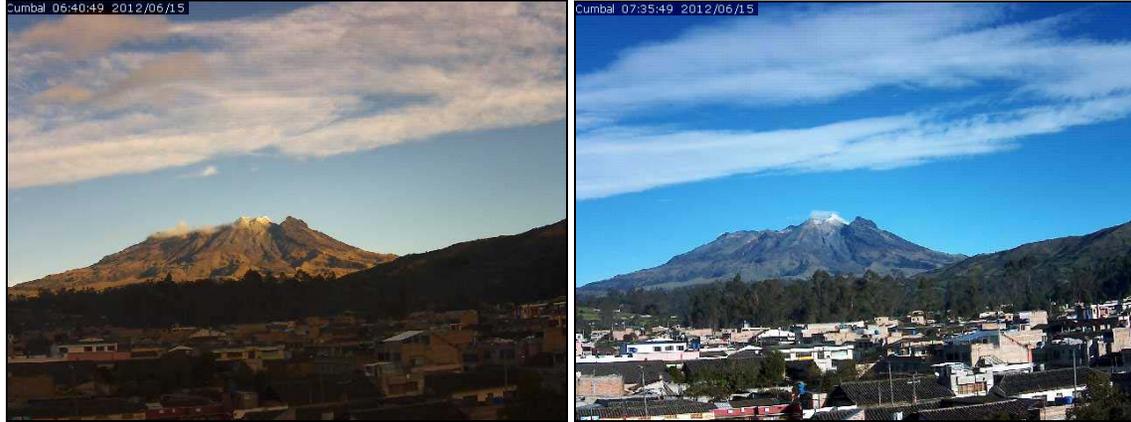


Figura 2.2.5.2. Imágenes del Complejo Volcánico Cumbal, capturadas desde el municipio de Cumbal, el 15 de junio de 2012., en horas de la mañana, en las fotografías se observa emisión de gases.



Figura 2.2.5.3. Imágenes del Complejo Volcánico Cumbal, capturadas desde el municipio de Cumbal, el 16 de junio de 2012., en horas de la mañana, en las fotografías se observa emisión de gases.



Figura 2.2.5.4. Imágenes del Complejo Volcánico Cumbal, capturadas desde el municipio de Cumbal, el 17 de junio de 2012., en horas de la mañana, en las fotografías se observa emisión de gases.

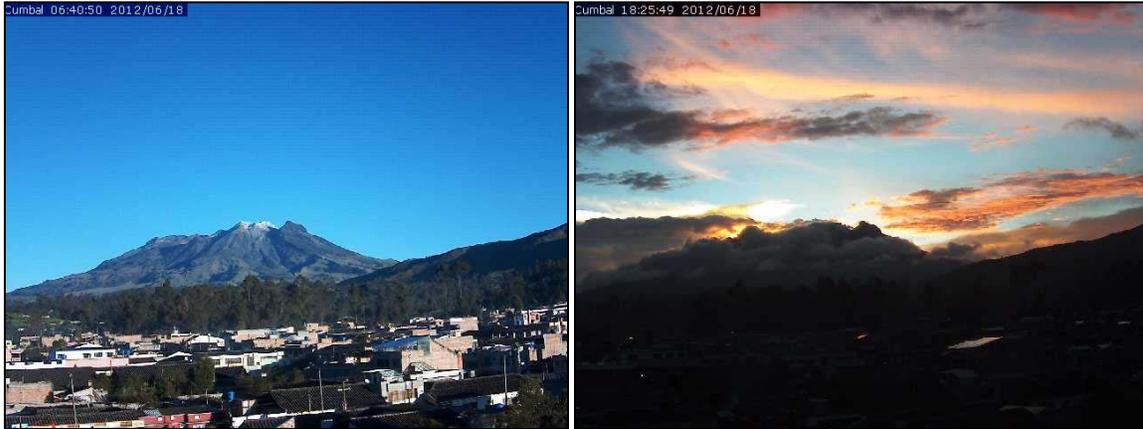


Figura 2.2.5.5. Imágenes del Complejo Volcánico Cumbal, capturadas desde el municipio de Cumbal, el 18 de junio de 2012., en horas de la mañana y tarde, en las fotografías se observa emisión de gases.

2.2.6. Conclusiones

La actividad sísmica predominante continúa siendo la asociada con dinámica de fluidos al interior del edificio volcánico, además se observa un ascenso en la ocurrencia de eventos para el periodo evaluado.

De acuerdo a la evolución que el volcán ha mostrado en los últimos meses, el Observatorio Vulcanológico decide cambiar el nivel de actividad de VERDE ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable” a AMARILLO ■ (III): “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”, con base en las diferentes manifestaciones registradas con la red instrumental instalada. Cabe mencionar que las fluctuaciones más significativas en la actividad de Cumbal se han venido reportando en algunos de los Boletines mensuales anteriores, así como en las informaciones suministradas en las sesiones del Consejo Departamental de Gestión del Riesgo.

2.3 VOLCÁN DOÑA JUANA

El Volcán Doña Juana se localiza en la Cordillera Central en el sector nor-oriental del Departamento de Nariño, con coordenadas $1^{\circ}30,31' N$ y $76^{\circ}56,17' W$ y una altura de 4250 m sobre el nivel del mar, en el dominio de los municipios de La Cruz, San Bernardo, Tablón de Gómez en Nariño y los municipios de Bolívar y Santa Rosa en el Cauca.

Es considerado como un estrato volcán andesítico, con un cráter de diámetro, cercano a 4 km, sin glaciares y en el cual se encuentran varios domos de lava (Figura 2.3.1 y 2.3.2).

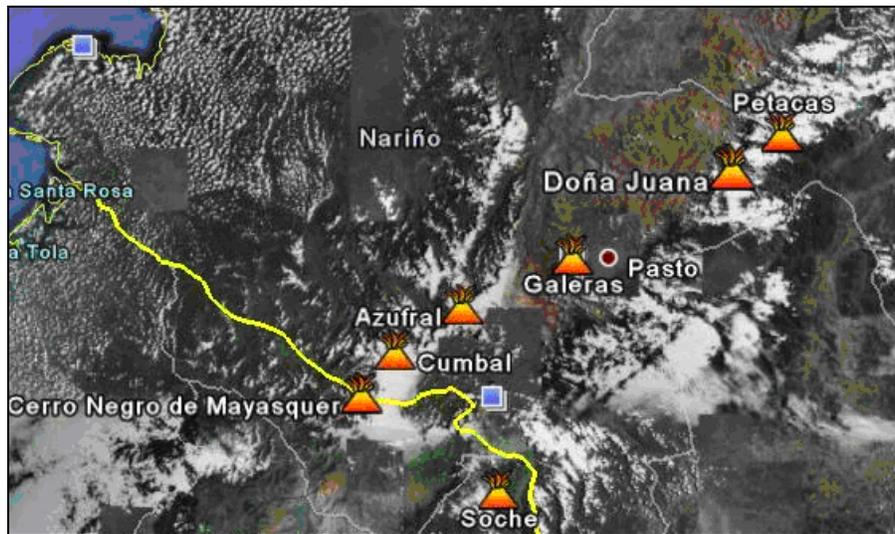


Figura 2.3.1. Imagen tomada de Google Earth en donde se observan algunos volcanes del sur de Colombia y del norte del Ecuador, entre ellos están Doña Juana, Galeras, Azufral y Cumbal, monitoreados por el OVSP - INGEOMINAS.



Figura 2.3.2. Imagen de la cima del volcán Doña Juana.

2.3.1 RED DE VIGILANCIA

Durante el primer semestre de 2012, la red de vigilancia de Doña Juana estuvo conformada por:

- Tres estaciones sísmicas telemétricas triaxiales: dos de Corto Periodo y una de Banda Ancha (Figura 2.3.1.1, Tabla 2.3.1.1). La recepción de la información que detectan estas estaciones en la sede del OVSP, se realiza a través de una red telemétrica punto a punto con dos repetidoras instaladas en el cerro Morasurco y en la estación Cufiño del volcán Galeras.
- Dos inclinómetros electrónicos telemétricos (Figura 2.3.1.1, Tabla 2.3.1.1). La transmisión de los datos se realiza usando una red telemétrica punto-multipunto configurada para la red de inclinometría instalada en el departamento de Nariño.

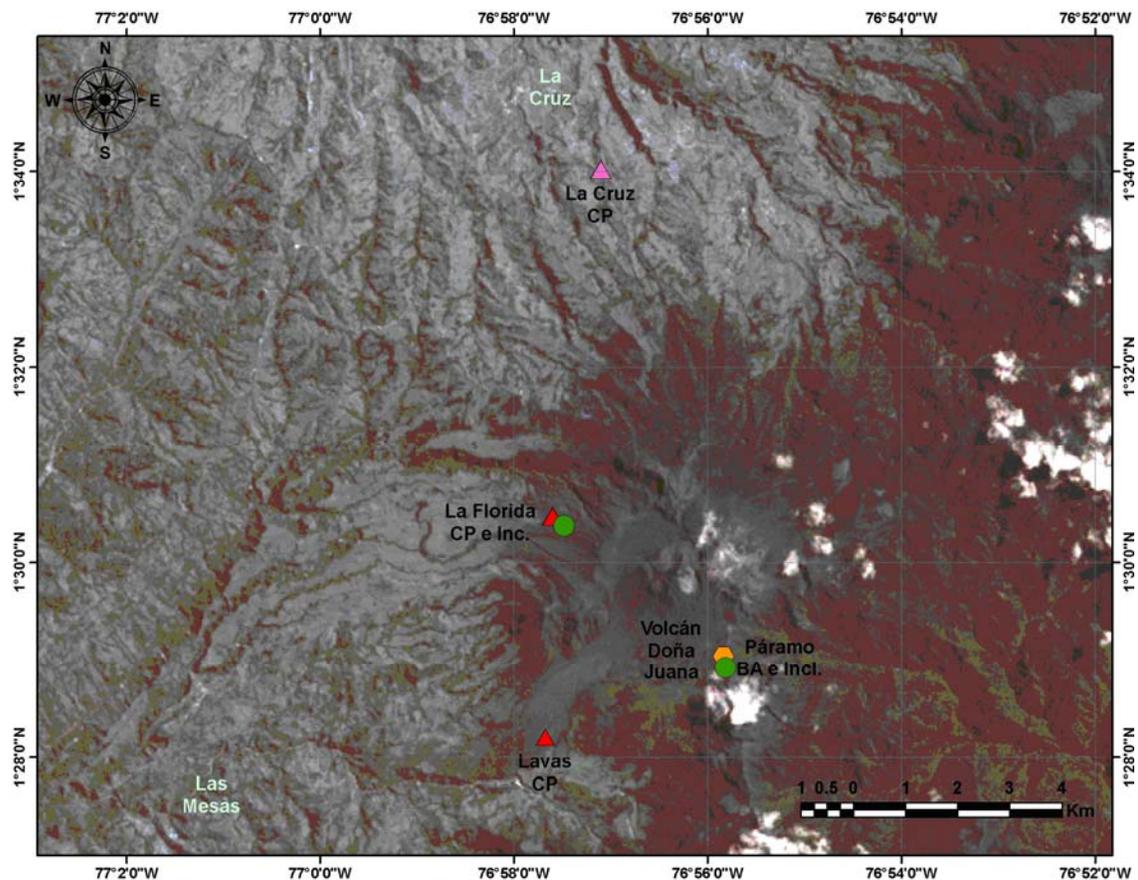


Figura 2.3.1.1. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Doña Juana durante el primer semestre de 2012. Los triángulos simbolizan las estaciones sísmológicas de corto periodo, los círculos verdes simbolizan los inclinómetros electrónicos y el hexágono amarillo la estación sísmológica de banda ancha.

Tabla 2.3.1.1. Características de las estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Doña Juana durante el primer semestre de 2012.

Estación	Tipo de Información	Tipo de Sensor	Componente	Distancia a los domos (km)	Dirección respecto a los domos	Altitud (msnm)
Lavas	Análogica	Sismómetro Corto Período	Triaxial	4.1	SW	2954
Páramo	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	2.1	SE	3533
Florida	Digital	Sismómetro Corto Período	Triaxial	2.3	W	3154
Inclinómetro Páramo	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	2.1	SE	3533
Inclinómetro Florida	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	2.3	W	3154

Adicionalmente, para el procesamiento de la información se cuenta con el registro de la estación sismológica de corto período, de componente vertical, de la Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC); la cual está localizada al nor-noroccidente de los domos del volcán Doña Juana (ver triángulo rosado en Figura 2.3.1.1).

Las estaciones de la red instalada para el monitoreo del volcán Doña Juana tuvieron un funcionamiento total del 94% (Figura 2.3.1.2). No se tuvo un 100% de funcionamiento, debido principalmente a problemas en la repetidora de las estaciones sismológicas Lavas, debido a interferencias que se presentaron afectando la calidad de la señal.

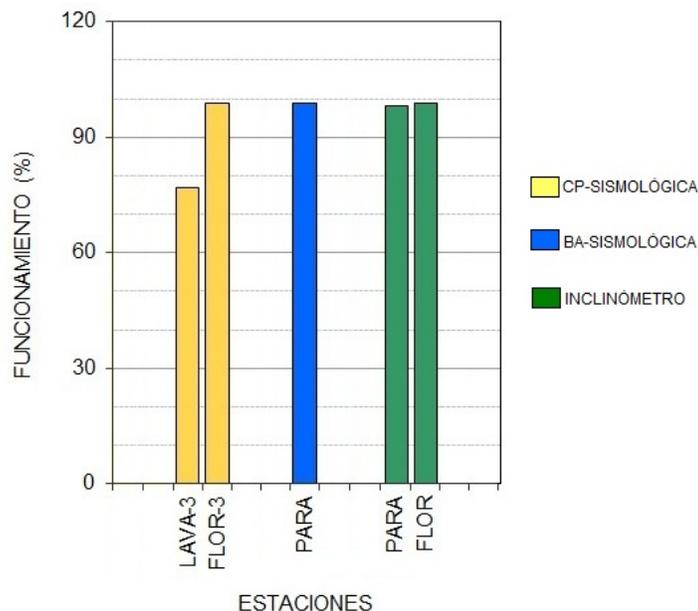


Figura 2.3.1.2. Histograma del porcentaje de funcionamiento durante el primer semestre de 2012 (enero a junio), de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Doña Juana.

2.3.2 Sismología

En el primer semestre de 2012, la sismicidad en el volcán Doña Juana se mantuvo más o menos estable en su ocurrencia en comparación con el segundo semestre del año anterior (Figura 2.3.2.1). El carácter de la mayoría de los sismos VOL parece estar relacionada con fracturamiento de material sólido así como los sismos VT y no se evidencian sismos asociados con movimiento de fluidos.

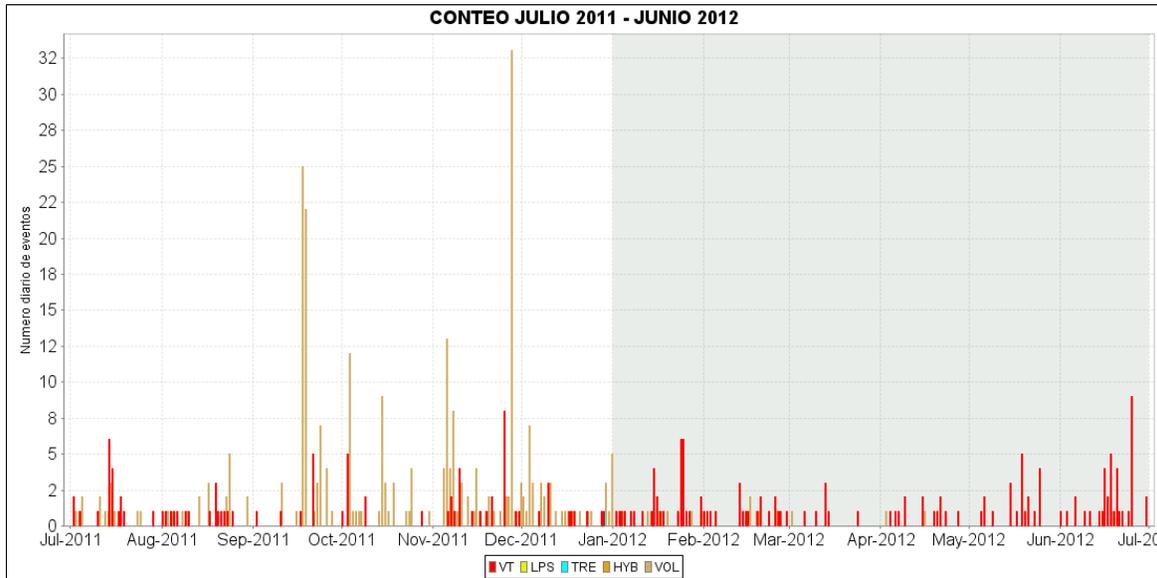


Figura 2.3.2.1. Histograma de número diario de eventos volcánicos por tipo, desde julio de 2011 a junio de 2012. El recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

2.3.3. Deformación

2.2.3.1 Inclínometría Electrónica

Durante el primer semestre del 2012, las componentes Este y Norte del inclinómetro electrónico Florida (ubicado a 2,3 km., al Oeste de los domos, 3154 msnm), muestra variaciones que probablemente están asociadas con la temperatura y voltaje (Figura 2.3.3.1.).

Respecto al inclinómetro Páramo (ubicado a 2,1 km., al sur-este de los domos, 3533 msnm). A principios del año y hasta mayo se observó en la componente Norte, cambios muy bruscos que no se asocian a actividad volcánica si no mas bien a un mal funcionamiento del equipo. En mayo se realizó mantenimiento y se encontró problemas de alimentación. Posteriormente, tanto la componente Norte como la Este, muestran cambios que pueden asociarse con variaciones de temperatura y voltaje (Figura 2.3.3.2.).

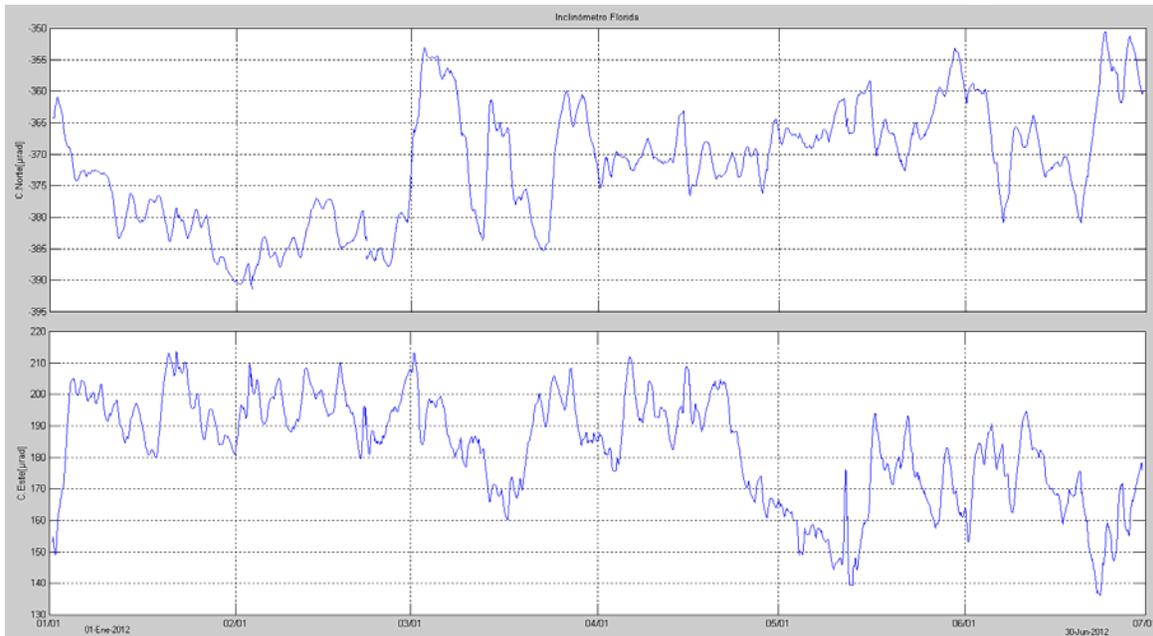


Figura 2.3.3.1. Componentes Norte y Este del inclinómetro Florida, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2012.

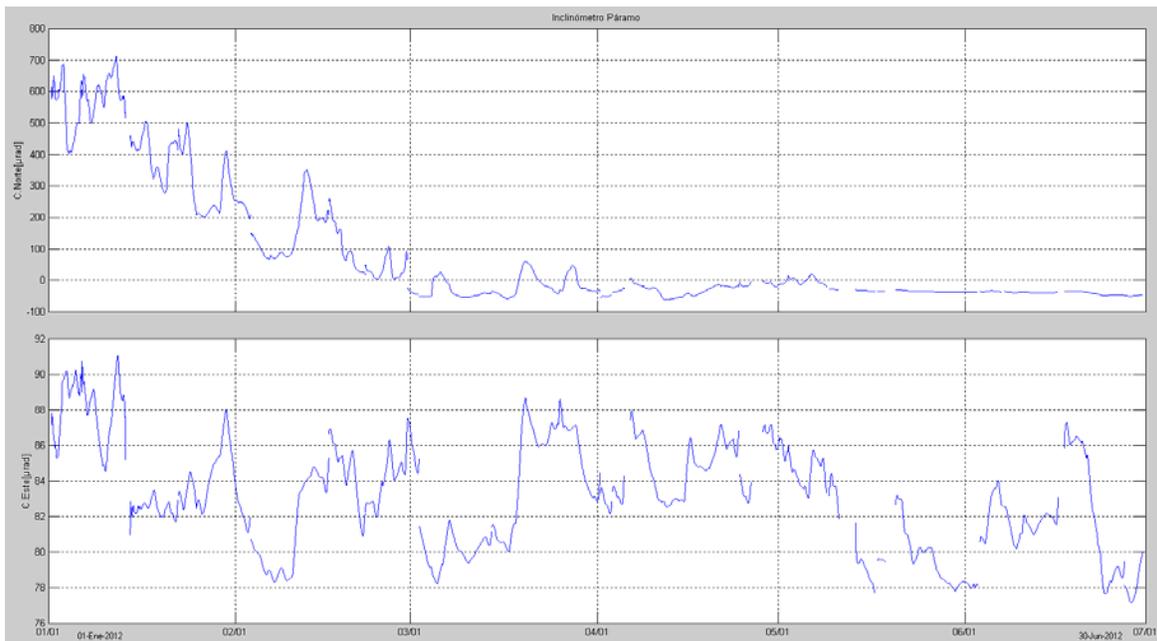


Figura 2.3.3.2. Componentes Norte y Este del inclinómetro Páramo, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2012.

2.3.4. Muestreo de aguas termales

En la figuras 2.3.4.1 y la tabla 2.3.4.1 se indican las fuentes termales muestreadas en el primer semestre de 2012.

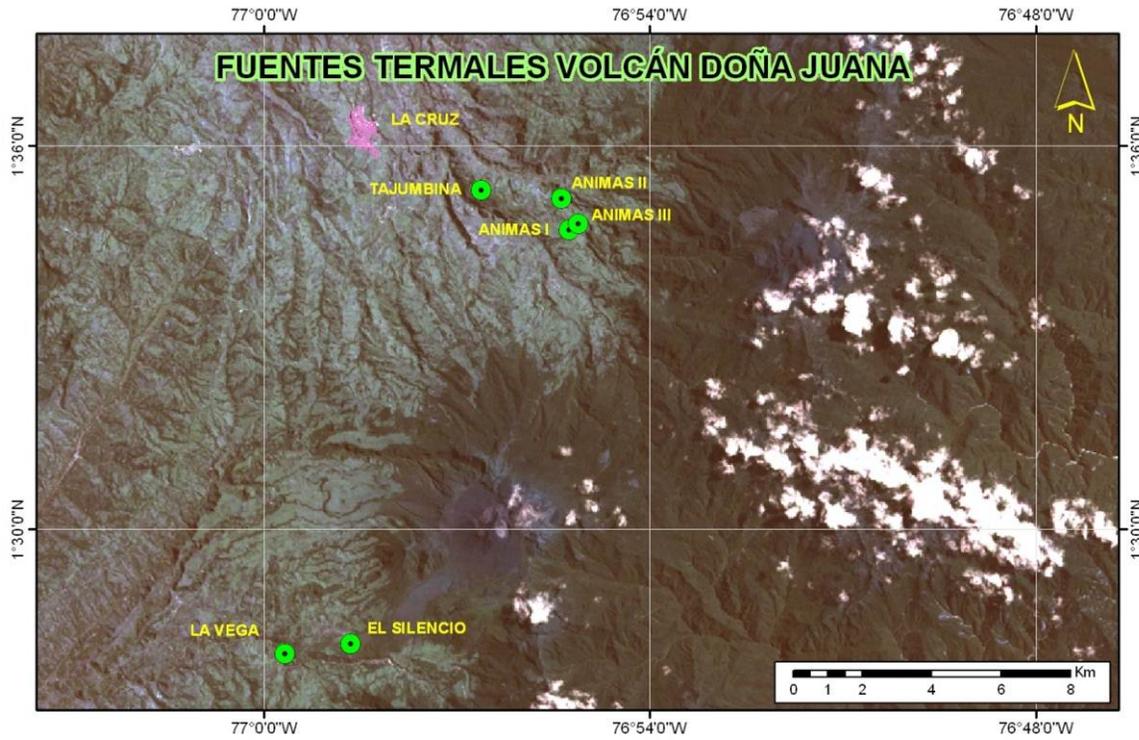


Figura 2.3.4.1. Mapa de localización de las Fuentes Termales del Volcán Doña Juana

Tabla 2.3.4.1. Ubicación de las Fuentes Termales del Volcán Doña Juana

FUENTE TERMAL		COORDENADAS		ALTURA
		Latitud Norte	Longitud Occidental	
Animas I		01° 34' 30.4"	76° 55' 3.1"	2586 msnm
		01° 35' 0.2"	76° 55' 10.2"	2486 msnm

Animas III		01° 34' 36.4"	76° 54' 54.5"	2578 msnm
Tajumbina		01° 34' 68"	76° 56' 25"	2500 msnm
La Vega		01° 27' 52.4"	76° 59' 28.1"	2432 msnm
El Silencio		01° 28' 2.3"	76° 58' 26.6"	2458 msnm

2.3.5 Actividad superficial

En el primer semestre del 2012 no se tuvo reportes de actividad superficial.

2.3.6. Conclusiones

Las estaciones instaladas en el volcán Doña Juana, permiten obtener el registro de señales que se pueden catalogar como volcánicas. De acuerdo a la forma de onda y al contenido frecuencial, algunos de estos sismos corresponden a eventos asociados con fracturamiento de material cortical.

La evaluación de la actividad volcánica de Doña Juana durante el mes primer semestre de 2012 permitió establecer el NIVEL VERDE ● (IV): "Volcán activo y comportamiento estable".

2.4 VOLCÁN AZUFRAL

El volcán Azufral es un estrato-volcán, con un cráter de diámetro estimado en 3 km., donde se encuentra una laguna cratérica llamada Laguna Verde (Figura 2.4.1), no registra la presencia de glaciares y sus depósitos están asociados con flujos de lava, flujos piroclásticos de gran magnitud y depósitos de caída (cenizas y pumitas). Este volcán nariñense es considerado como uno de los de mayor explosividad en el territorio Colombiano, resaltándose el potencial que tienen sus depósitos en términos de flujos piroclásticos y oleadas piroclásticas.

El volcán Azufral se localiza en la cordillera Occidental, al suroriente del Departamento de Nariño (Figura 2.4.1), con una altura máxima de 4070 m sobre el nivel del mar, en los dominios de los municipios de Túquerres, Sapuyes, Mallama y Santa Cruz.

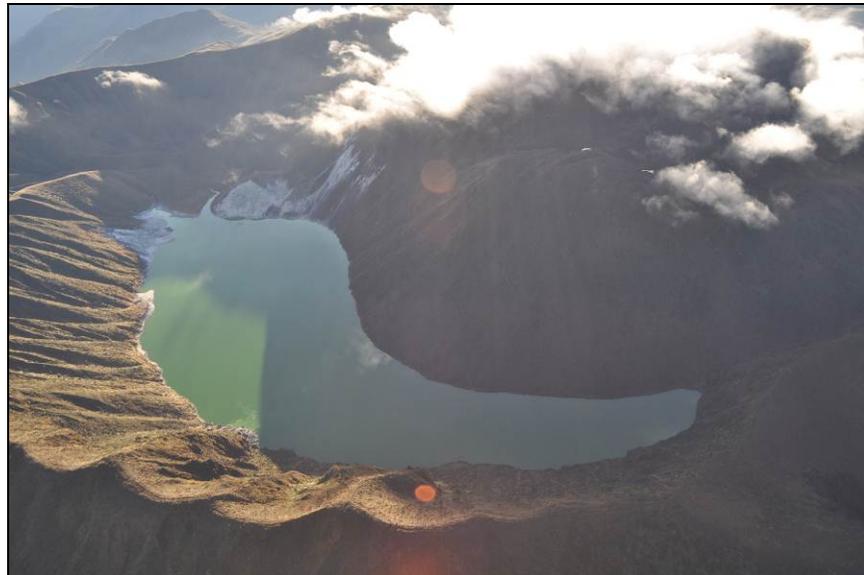


Figura 2.4.1. Panorámica de la laguna cratérica del volcán Azufral. Nótese el domo pequeño de color claro en la parte izquierda de la imagen y detrás de la laguna, los grandes domos. Septiembre 4 de 2008, 12:10 p.m.

2.4.1 Red de vigilancia

Durante el primer semestre de 2012, la red de vigilancia del volcán Azufral estuvo conformada por:

- Dos estaciones sismológicas telemétricas (una triaxial de Banda Ancha y otra triaxial de corto periodo (Figura 2.4.1.1, Tabla 2.4.1.1). A través de una red telemétrica punto a punto se recibe la información capturada por estas estaciones en la sede del OVP, usando una repetidora instalada en el cerro Cruz de Amarillo (Figura 2.4.1.2). La información de la estaciones de Banda Ancha Chaitán y de corto periodo La Roca, al igual que la instalada en el volcán Cumbal, se concentran en la Repetidora Cruz de Amarillo.

- Dos inclinómetros electrónicos telemétricos (Figura 2.4.1.1, Tabla 2.4.1.1). La transmisión de los datos se realiza usando la red telemétrica punto-multipunto configurada para los inclinómetros instalados en el departamento de Nariño en el caso del inclinómetro Chaitán y para el inclinómetro La Roca se emplea el mismo enlace de la estación sismológica.

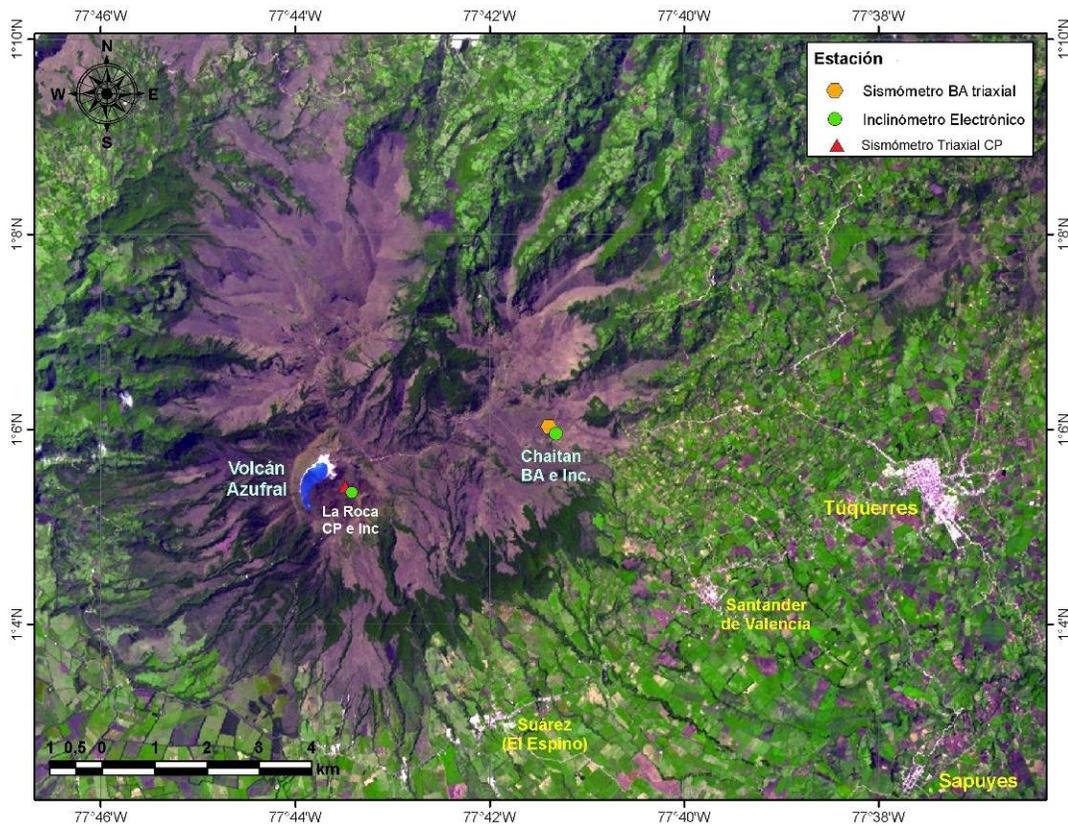


Figura 2.4.1.1. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el primer semestre de 2012.

Tabla 2.4.1.1. Características de las estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Azufral durante el primer semestre de 2012.

Estación	Tipo de Información	Tipo de Sensor	Componente	Distancia a la Laguna (km)	Dirección respecto a la Laguna	Altitud (msnm)
Chaitán	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	4.3	ENE	3750
La Roca	Digital	Sismómetro Corto Período	Triaxial	0.8	SE	4021
Inclinómetro Chaitán	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	4.3	ENE	3750
Inclinómetro La Roca	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	0.8	SE	4021

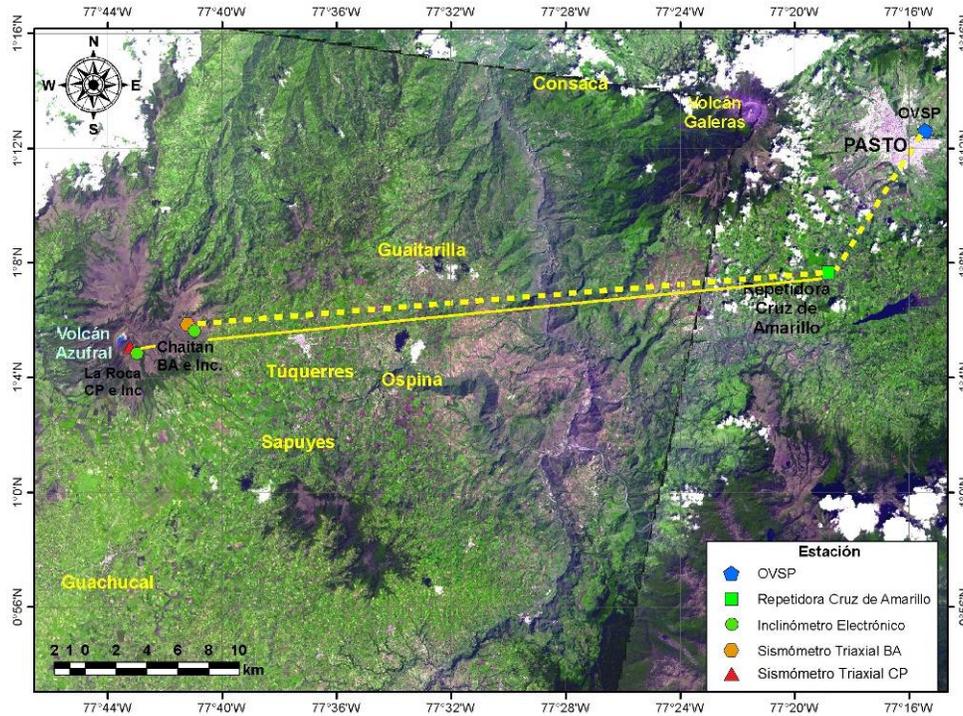


Figura 2.4.1.2. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el primer semestre de 2012. Las líneas amarillas (punteada y continua) muestran los diferentes enlaces telemétricos utilizados para la transmisión de los datos.

Durante el primer semestre de 2012, las estaciones de la red instalada para el monitoreo del volcán Azufral tuvieron un funcionamiento total del 96% (Figura 2.4.1.3). No se tuvo un porcentaje de funcionamiento del 100% debido básicamente a problemas de radio-enlace que se solucionaron en la repetidora Cruz de Amarillo.

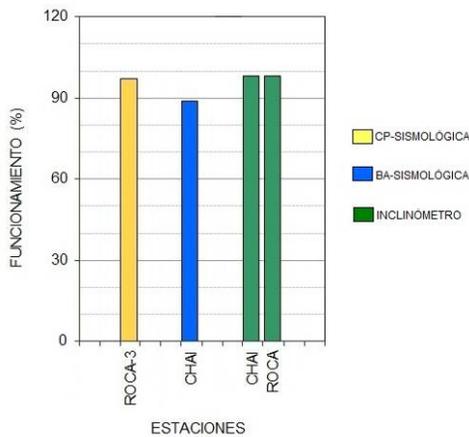


Figura 2.4.1.3. Histograma del porcentaje de funcionamiento durante el primer semestre de 2012 (enero a junio), de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral.

2.4.2 Sismología

En el primer semestre de 2012, la sismicidad en el volcán Azufral mostró un leve incremento en comparación con el segundo semestre del año anterior (Figura 2.4.2.1). El carácter de la mayoría de los sismos VOL parece estar relacionada con fracturamiento de material sólido y muy raramente se evidencian sismos asociados con movimiento de fluidos exceptuando las vecindades a la laguna Verde.

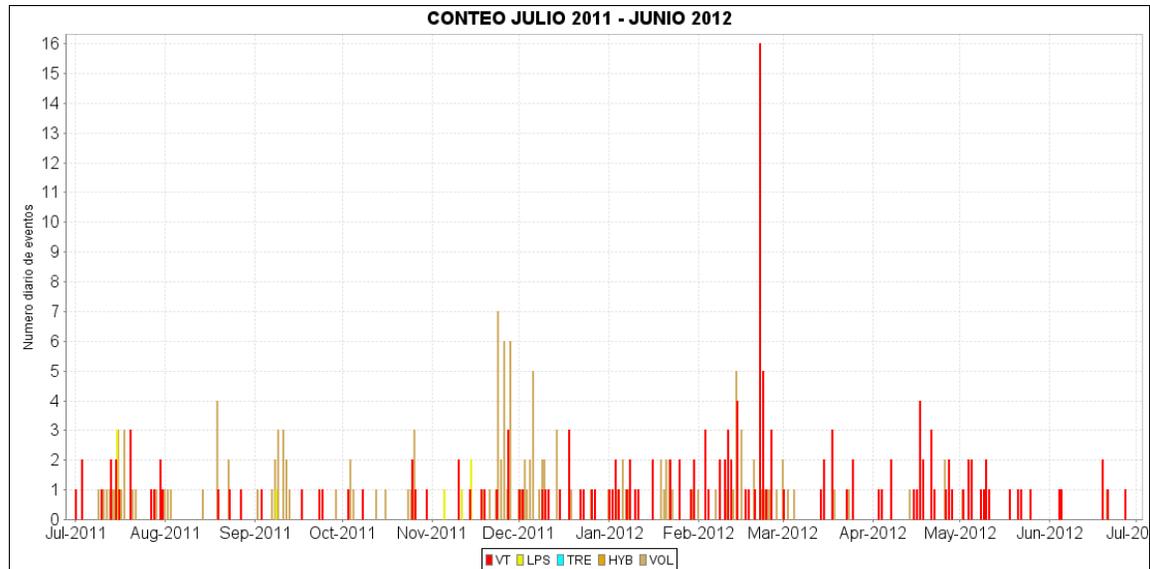


Figura 2.4.2.1. Histograma de número diario de eventos volcánicos por tipo, desde julio de 2011 a junio de 2012. El recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

2.4.3. Deformación

Para el periodo evaluado en relación al monitoreo de los cambios en superficie del volcán Azufral se tiene instalado dos inclinómetros electrónicos y una red EDM, Medición Electrónica de Distancias.

2.4.3.1. Inclinometría Electrónica

La evolución de la información obtenida por medio del equipo de inclinometría electrónico: Chaitán (ubicado a 4,3 km al este-noreste de la laguna cratérica, 3730 msnm), muestra que la componente Norte una tendencia ascendente registrada desde el 4 de febrero, acumulando hasta el 30 de junio una variación cercana a los 300 μ rad. La componente Este, tiene una línea base con variaciones cercanas a los 40 μ rad, sin embargo, entre el 23 de mayo y el 19 de junio se observa una variación descendente que alcanzó unos 80 μ rad (Figura 2.4.3.1.)

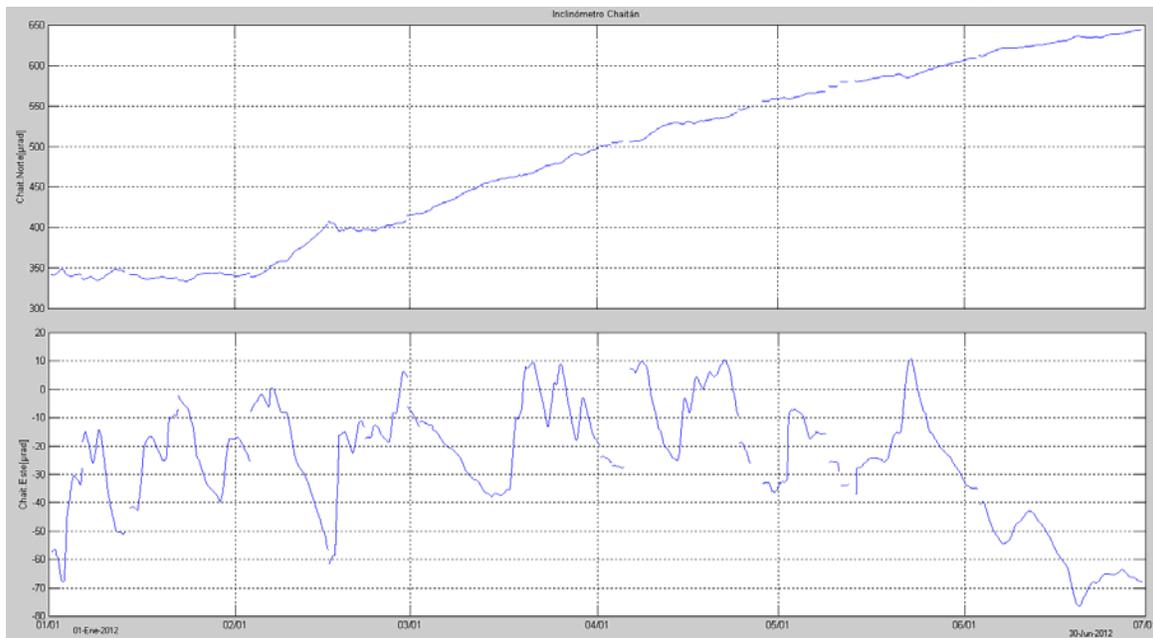


Figura 2.4.3.1. Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Chaitán, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 30 de junio de 2012.

En cuanto al inclinómetro La Roca (ubicado a 1,2 km., al este de la laguna cratérica, 4025 msnm), dentro de las variaciones menores a los 30 µrad, muestra estabilidad en las componentes Este y Norte (Figura 2.4.3.2.).

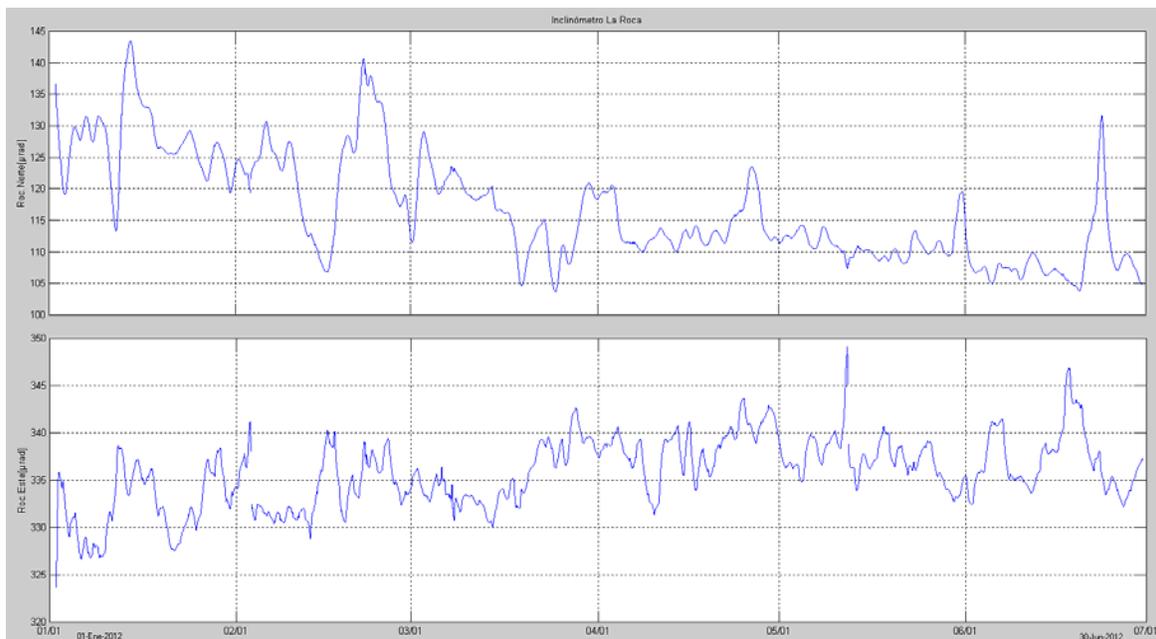


Figura 2.4.3.2. Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro La Roca, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 30 de junio de 2012.

2.4.3.2. Medición Electrónica a Distancia - EDM

En el 2012, se realizaron modificaciones a la red EDM, teniendo en cuenta el alcance máximo del equipo utilizado para la medición (estación total) y el flanco del volcán a cubrir y la distancia de los prismas con respecto a la Laguna Verde, se cuenta con una red conformada por 12 prismas y 4 bases de medición (Tabla 2.4.3.1, Figura 2.4.3.3.).

Tabla 2.4.3.1. Coordenadas WGS84 de los puntos EDM en el volcán Azufral para 2012.

Estación		Latitud °N	Longitud °W	Altitud
1	Reflector EDM	1.08742	-77.71669	4015
2	Reflector EDM	1.09228	-77.72364	3830
3	Reflector EDM	1.08747	-77.72728	3813
4	Reflector EDM	1.09869	-77.72192	3997
5	Reflector EDM	1.08575	-77.71875	4057
6	Reflector EDM	1.11639	-77.69817	3713
7	Reflector EDM	1.09956	-77.69687	3802
8	Reflector EDM	1.08013	-77.72738	3796
9	Reflector EDM	1.07983	-77.73939	3488
10	Reflector EDM	1.07958	-77.71948	3892
11	Reflector EDM	1.07699	-77.72037	3738
12	Reflector EDM	1.07245	-77.70438	3555
Base 1	Mojon	1.09206	-77.71556	3968
Base 2	Chimangual	1.06038	-77.74913	3217
Base 3	Panamal	1.04978	-77.71999	3278
Base 4	El Espino	1.05590	-77.69929	3304

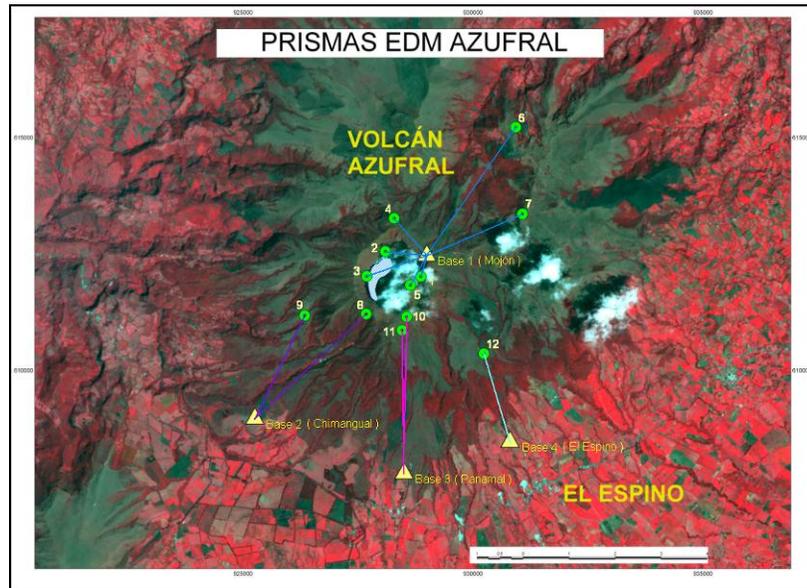


Figura 2.4.3.3. Mapa de localización de los puntos materializados para mediciones EDM, en el volcán Azufral. Las figuras de color amarillo indican la ubicación de las Base 1, 2, 3 y 4, los círculos de color verde indican la ubicación de los prismas reflectores.

En el primer semestre de 2012, se ocupó la red de EDM en febrero, marzo, abril y mayo (figura 2.4.3.4). En marzo de 2011, se observó un cambio que fue detectado por la mayoría de puntos con un descenso cercano a los 30 mm. Para este primer semestre la tendencia de las lecturas realizadas en los reflectores se mantienen y la variación observada retornó a niveles similares a los leídos antes de marzo del 2011.

La Base Panamal, se midió en febrero, marzo, abril y mayo de 2012. Se observa una tendencia ascendente en los dos reflectores, con una tendencia ascendente menor de 10 mm (figura 2.4.3.5).

La Base el Espino se midió en abril y mayo del 2012 y La Base Chimangual únicamente se midió en mayo por lo tanto no se indica el comportamiento de estas bases, hasta no tener una línea base.

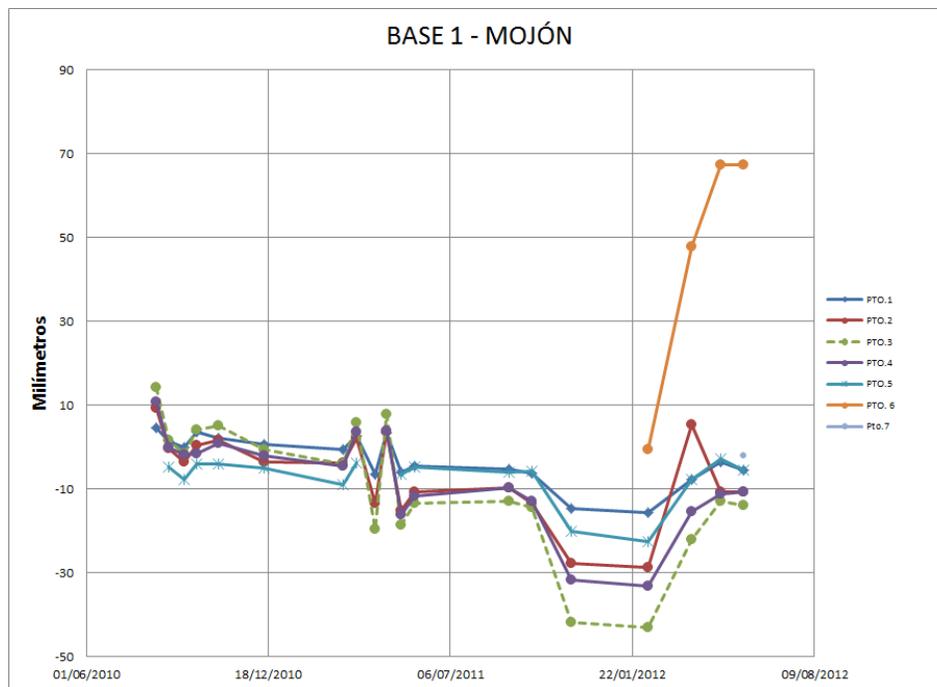


Figura 2.4.3.4. Comportamiento de los reflectores leídos desde la base el Mojón, ubicada en la cima del volcán Azufreal, desde la instalación hasta el primer semestre del 2012.

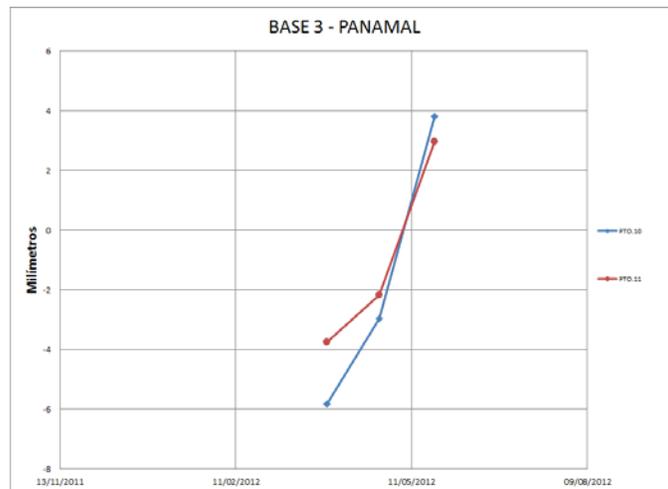


Figura 2.4.3.5. Comportamiento de los reflectores leídos desde la base Panamal, ubicada al sur del volcán Azufral, en el primer semestre del 2012.

2.4.4 Fisicoquímica

2.4.4.1 Muestreo de gases en fumarola volcán azufral

-Toma de muestras de gases en la fumarola del Domo Activo del Volcán Azufral (Mofeta Mallama)
Se toma muestra directa de gases en fumarola con una botella de Giggenbach. Para ello se instaló un tubo de titanio con acople en un extremo para la botella y el otro se introdujo dentro de la fumarola y sellado con arcilla de la laguna para tener mayor presión de los gases.

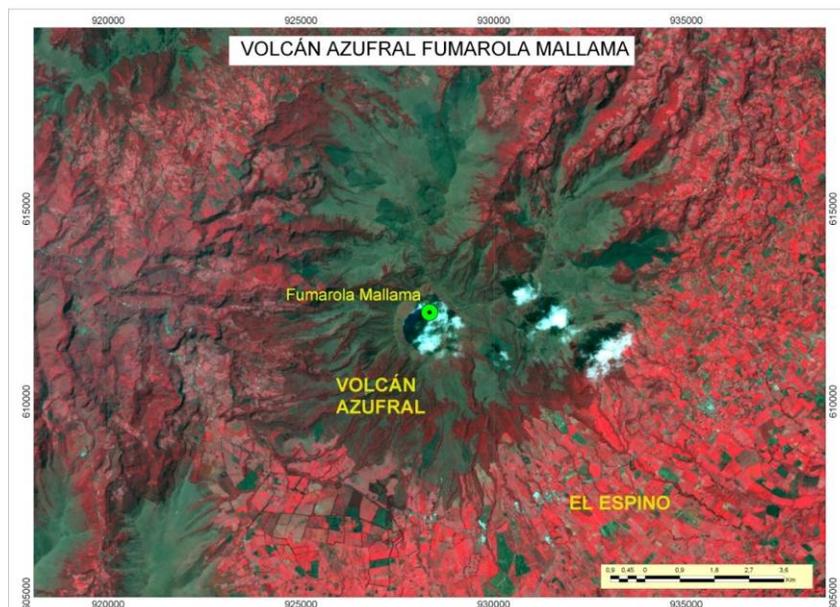


Figura 1 Mapa de localización de la Fumarola Mallama del Volcán Azufral

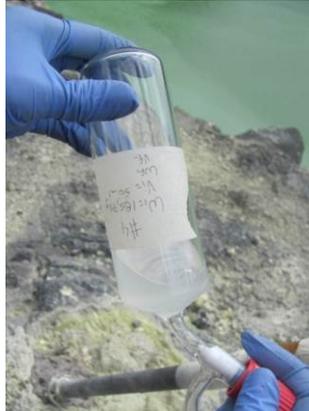


Figura 2.4.4.2 Captura directa de gases en fumarola en el Domo Activo del Volcán Azufral

2.4.4.2 Fuentes Termales Volcán Azufral

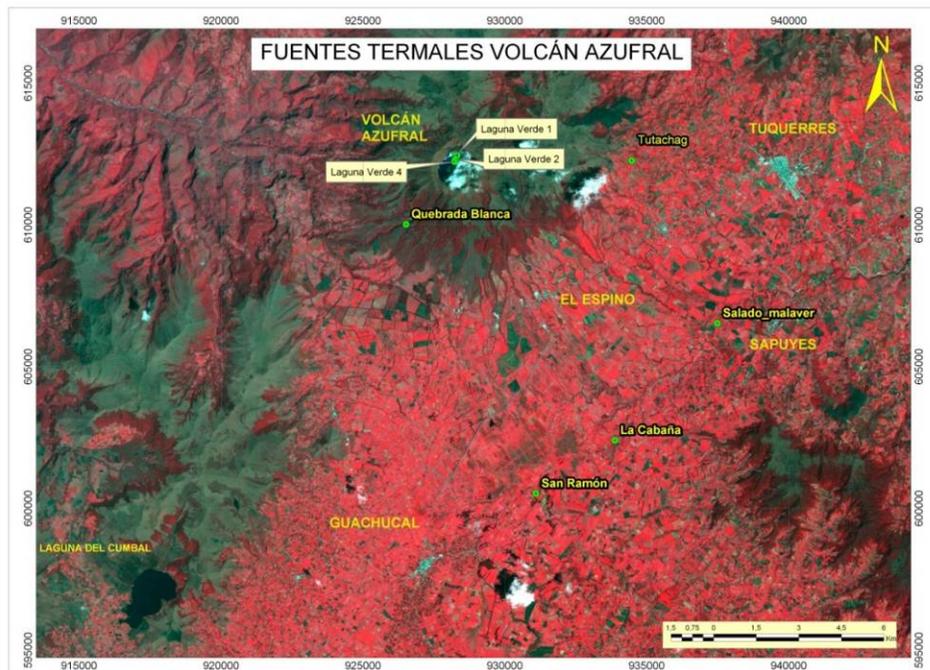


Figura 2.4.4.3 Mapa de localización de las fuentes termales del Volcán Azufral

Tabla 2.4.4.1 Ubicación de las Fuentes Termales del Volcán Azufral

FUENTE TERMAL		COORDENADAS		ALTITUD
		Latitud Norte	Longitud Oeste	
Quebrada Blanca		01° 4' 12.4"	77° 44' 14.3"	3171 msnm
San Ramón		0° 59' 5.4"	77° 41' 50.5"	3041 msnm
La Cabaña		01°00'1.6"	77° 40' 18.1"	3055 msnm
El Salado de Malaver		01° 2' 16.0"	77° 38'21.3"	2905 msnm.
Tutachag		01° 5' 22.8"	77° 39'59.2"	3227 msnm.

Laguna Verde Punto 1		1° 5' 28.7"	77° 43' 17.9"	3801 msnm.
Laguna Verde Punto 2		01° 5' 24.2"	77° 43' 20.5"	3815 msnm.
Laguna Verde Punto 4		01° 5' 21.7"	77° 47' 21.1"	3814 msnm.

2.4.5. Actividad superficial

Durante el primer semestre de 2012 no se tuvo reportes relacionados con actividad superficial del volcán Azufral.

2.4.6. Conclusiones

La evaluación de los parámetros monitoreados durante el primer semestre de 2012, han mostrado que existe actividad volcánica con un comportamiento relativamente estable en el Azufral, lo que permite establecer el NIVEL (IV) VERDE ●: "Volcán activo y comportamiento estable".



2.5 BIBLIOGRAFÍA

Instituto Colombiano de Geología y Minería, INGEOMINAS. Reportes Mensuales de Actividad del Volcán Galeras. Meses de enero a junio de 2012. Varios autores. Informes inéditos. Pasto. 2012.

Información complementaria puede ser consultada en la página web del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto en: <http://www.ingeominas.gov.co/Pasto.aspx>

2.6 PERSONAL PARTICIPANTE

A continuación se hace referencia al personal del grupo técnico que han participado de diferente manera en el análisis, procesamiento e interpretación de la información que se genera a partir de los diferentes parámetros de monitoreo volcánico en el Primer Semestre del 2012.

Personal INGEOMINAS Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto	
Diego Mauricio Gómez Martínez	Edgar Muñoz Hidalgo
Lourdes Narváez Medina	Darío Arcos Guerrero
Roberto Armando Torres Corredor	John Meneses
Adriana Micaela Ortega Estupiñán	Jorge Edison Mora Arroyo
Betty Silva Parra	Jairo Ortiz Valencia
Anita Patricia Ponce Villarreal	Richard Andrés Mier
Oscar Ernesto Cadena	Paola Narváez
Grupo de Estudiantes monitores de la Universidad de Nariño en el OVSP	