



***INFORME MENSUAL DE ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES
GALERAS, CHILES – CERRO NEGRO, CUMBAL,
LAS ÁNIMAS, DOÑA JUANA Y AZUFRAL
ABRIL 2017***

San Juan de Pasto, mayo de 2017



***INFORME MENSUAL DE ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES
GALERAS, CHILES – CERRO NEGRO, CUMBAL,
LAS ÁNIMAS, DOÑA JUANA Y AZUFRAL
ABRIL 2017***

Por:

GRUPO DE TRABAJO OBSERVATORIO PASTO

San Juan de Pasto, mayo de 2017

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	15
INTRODUCCIÓN	18
1. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN GALERAS – ABRIL DE 2017	19
1.1. RED DE VIGILANCIA	19
1.2 SISMOLOGÍA	24
1.3 DEFORMACIÓN.....	30
1.3.1. Inclínometría Electrónica.....	31
1.3.2. Estaciones GNSS Permanentes.....	35
1.3.3. Medición Electrónica de Distancias - EDM.....	40
1.4 ELECTROMAGNETISMO	41
1.5 GEOQUÍMICA	43
1.5.1 MUESTREO DE GASES DE ORIGEN VOLCÁNICO EN VOLCÁN GALERAS.....	43
1.5.1.1 Emisión del flujo de dióxido de azufre (SO ₂) a la atmósfera - Estaciones SCANDOAS	43
1.6 ACTIVIDAD SUPERFICIAL.....	46
1.7 CONCLUSIONES	49
2 ACTIVIDAD DEL VOLCÁN CUMBAL – ABRIL DE 2017.....	50
2.1 RED DE VIGILANCIA	50
2.2 SISMOLOGÍA	52
2.3 DEFORMACIÓN.....	55
2.4 GEOQUÍMICA	57
2.5 ACTIVIDAD SUPERFICIAL.....	57
2.6 CONCLUSIONES	59
3. ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO ABRIL DE 2017	60
3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	60
3.2 RED DE VIGILANCIA	60
3.3. SISMOLOGÍA	63
3.4. DEFORMACIÓN.....	65
3.5 GEOQUÍMICA	68

3.5.1 Registro de Temperatura – Estación Térmica Telemétrica Baño Grande Volcán Chiles.....	68
3.6 ACTIVIDAD SUPERFICIAL.....	70
3.7 CONCLUSIONES	70
4 ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES LAS ÁNIMAS, DOÑA JUANA Y AZUFRAL – ABRIL DE 2017	70
4.1 ACTIVIDAD DEL VOLCÁN LAS ÁNIMAS.....	71
4.1.1 Ubicación Geográfica	71
4.1.2 Red de vigilancia	72
4.1.3 Sismología	74
4.1.4 Deformación.....	74
4.1.4.1. Inclinometría Electrónica.....	74
4.1.4.2. Estaciones GNSS Permanentes.....	75
4.1.5 ESTUDIO GEOQUÍMICO DE LOS VOLCANES DOÑA JUANA Y LAS ÁNIMAS	76
4.1.6 Actividad Superficial	76
4.1.7 Conclusiones.....	76
4.2 ACTIVIDAD DEL VOLCÁN DOÑA JUANA	77
4.2.1 Red de Vigilancia	77
4.2.2 Sismología.....	78
4.2.3 Deformación.....	78
4.2.3.1. Inclinometría Electrónica.....	78
4.2.3.2. Estaciones GNSS Permanentes.....	79
4.2.4 Actividad Superficial	80
4.2.5 Conclusiones.....	80
4.3 ACTIVIDAD DEL VOLCÁN AZUFRAL	81
4.3.1 Red de vigilancia	81
4.3.2 Sismología	83
4.3.3 Deformación.....	85
4.3.3.1. Inclinometría Electrónica.....	85
4.3.3.2. Estaciones GNSS Permanentes.....	85
4.3.4 Electromagnetismo	87
4.3.5 Geoquímica	88
4.3.5.1 Muestreo de aguas en fuentes termales.....	88
4.3.6 Actividad Superficial	104
4.3.7 Conclusiones.....	106

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización de las estaciones sísmicas y sensores de infrasonido que conformaron la red de vigilancia de Galeras en abril de 2017.....	20
Figura 2. Localización de las estaciones para el seguimiento de la deformación (inclinómetros, EDM y GNSS) que conformaron la red de vigilancia de Galeras en abril de 2017.	21
Figura 3. Localización de las estaciones de campo magnético y eléctrico, Trampa Alcalina, ScanDOAS y fuentes termales que conformaron la red de vigilancia de Galeras en abril de 2017.	23
Figura 4. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron las redes de monitoreo del volcán Galeras en abril de 2017.	24
Figura 5. Relación porcentual de ocurrencia sísmica por tipo de sismos en el volcán Galeras, entre los meses de enero y abril de 2017.	25
Figura 6. Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y abril de 2017. La región sombreada corresponde al mes de abril de 2017.....	26
Figura 7. Comparación porcentual del número de eventos volcánicos por tipo ocurridos durante el mes en evaluación (barras de la derecha) respecto al mes anterior (barras de la izquierda).	26
Figura 8. Energía sísmica diaria liberada por los eventos volcánicos según su tipo (en términos de su raíz cuadrada), registrados entre el 1 de enero y el 30 de abril de 2017.	27
Figura 9. Comparación porcentual de la energía liberada por tipo de evento para abril de 2017 (barras de la derecha) respecto a diciembre de 2017 (barras de la izquierda).	28
Figura 10. Relación porcentual mensual de la energía sísmica liberada para cada tipo de sismos entre los meses de enero y abril de 2017.....	28
Figura 11. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 30 de abril de 2017. 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 4270 msnm).	29
Figura 12. Mapa de localización de las estaciones de deformación volcánica, inclinómetros electrónicos, GNSS permanentes y EDM que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de abril de 2017. (Actualizar 11 GNSS).....	30

Figura 13. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Cráter, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 30 de abril de 2017. 31

Figura 14. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de la temperatura del inclinómetro electrónico Cóndor, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 30 de abril de 2017. 31

Figura 15. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad) y registro de la temperatura del inclinómetro electrónico Huairatola, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 30 de abril de 2017. 32

Figura 16. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Cobanegra, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 30 de abril de 2017. 33

Figura 17. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Arlés, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 30 de abril de 2017. 33

Figura 18. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 30 de abril de 2017. 34

Figura 19. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad) y registro de la temperatura del inclinómetro electrónico Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero 2011 y el 7 de abril de 2017. 34

Figura 20. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Barranco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 26 de octubre de 2011 y el 14 de abril de 2017. 35

Figura 21. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cráter instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 4 de agosto de 2011 y el 14 de abril de 2017. 36

Figura 22. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS San Cayetano instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de noviembre de 2012 y el 14 de abril de 2017. 36

Figura 23. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Chiguaco instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 7 de mayo de 2014 y el 14 de abril de 2017. 37

Figura 24. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Ingenio instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 16 de mayo de 2014 y el 14 de abril de 2017. 37

Figura 25. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cóndor instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 30 de diciembre de 2011 y el 14 de abril de 2017. 38

Figura 26. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cufiño instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 16 de septiembre de 2016 y el 14 de abril de 2017.....	38
Figura 27. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Peladitos instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 16 de septiembre de 2016 y el 14 de abril de 2017.....	39
Figura 28. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Nariño instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 16 de marzo y el 14 de abril de 2017.	39
Figura 29. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Quill instalada en el aeropuerto Antonio Nariño, en el Municipio de Chachagui, Departamento de Nariño, para el periodo comprendido entre el 2 de marzo de 2010 y el 14 de abril de 2017	40
Figura 30. Medidas de distancia obtenidas al realizar la ocupación de las diferentes Bases de medición, medidas de control entre los puntos definidos como Bases y los prismas reflectores ubicados sobre la superficie del Volcán Galeras.	40
Figura 31. Variaciones de la resultante horizontal de las componentes eléctricas, en la zona del volcán Galeras, con los registros en las estaciones Frailejón (verde) y Barranco (rojo), y comparadas con el comportamiento de las lluvias (Pluviómetro, en la cima del volcán, en azul), para el periodo de abril de 2017.	41
Figura 32. Valores acumulados de lluvia, en los sensores de Geónica-Cráter (azul), ubicado en la cima del volcán, Mijitayo Alto (MJAP-verde), ubicado a nivel de media montaña y Mijitayo Bajo (MIJB-naranja), ubicado en la parte baja del volcán, mostrando que los regímenes de lluvia de la zona, durante el mes de abril de 2017, tuvieron variaciones considerables.....	42
Figura 33. Variaciones del Campo Magnético Terrestre Total (F), registrado en las estaciones de Frailejón (primera grafica), Barranco (segunda gráfica), Cráter (tercera gráfica) y Kourou (última gráfica), para el mes de abril de 2017, donde se resalta la correspondencia en la ocurrencia de las tormentas magnéticas. La escala de medición para las series de tiempo está dada en nano Teslas (nT).	43
Figura 34. Mapa de localización de las estaciones telemétricas SCANDOAS del proyecto NOVAC para el monitoreo de emisiones de Dióxido de Azufre (SO ₂).	44
Figura 35. Flujo de dióxido de azufre (SO ₂) Volcán Galeras – abril de 2017.....	45
Figura 36. Flujo de dióxido de azufre (SO ₂), velocidad y dirección del viento – abril de 2017.	46
Figura 37. Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 4 de abril de 2017 a la 1:32 p.m., capturada por la cámara Bruma.	47
Figura 38. Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 10 de abril de 2017 a las 6:23 p.m., capturada por la cámara Bruma.....	47

Figura 39. Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 11 de abril de 2017, capturadas por la cámara Barranco (izquierda) y Bruma (derecha).	48
Figura 40. Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 12 de abril de 2017, capturadas por la cámara Barranco (izquierda) y Bruma (derecha).	48
Figura 41. Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 17 y 21 de abril de 2017 en horas de tarde, capturada por la cámara Bruma.	48
Figura 42. Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 24 de abril de 2017, capturada por la cámara Barranco.	49
Figura 43. Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde la cámara web ubicada en la repetidora Bruma el 27 de abril de 2017 a las 3:20 p.m.	49
Figura 44. Mapa de localización de las estaciones telemétricas y no telemétricas que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico de Cumbal durante el mes de abril de 2017.	50
Figura 45. Mapa de localización de las estaciones de deformación volcánica, inclinómetros electrónicos que conformaron la red de vigilancia del Complejo Volcánico de Cumbal durante el mes de abril de 2017.	51
Figura 46. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico de Cumbal en abril de 2017.	51
Figura 47. Ocurrencia diaria de sismos por tipo de evento en el CVC, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 30 de abril de 2017. El recuadro gris resalta el periodo evaluado en este informe.	52
Figura 48. Relación porcentual de ocurrencia sísmica mensual por tipo de evento en el volcán Cumbal entre enero y abril de 2017. En la Figura el valor de los porcentajes se aproxima a valores enteros.	53
Figura 49. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento TOR, registrado el 27 de abril de 2017 a las 1:30 a.m., el evento tuvo una duración de 73 segundos en la estación sísmica La Mesa.	53
Figura 50. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 30 de abril de 2017. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2,0 Km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4760 msnm).	54
Figura 51. Componentes de inclinación Norte y Este (μ rad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico La Mesa, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 30 de abril de 2017.	55
Figura 52. Componentes de inclinación Norte y Este (μ rad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Limones, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 30 de abril de 2017.	56

Figura 53. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Punta Vieja, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 30 de abril de 2017. 56

Figura 54. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico La Nieve, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 10 de abril de 2017. 57

Figura 55. Imágenes de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal (sector El Verde), el 4 y 15 de abril de 2017 en horas de la tarde, capturadas desde la cámara ubicada en la estación Punta Vieja. 58

Figura 56. Imágenes de emisión de Gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal presentada el 12 de abril de 2017, capturadas desde el casco urbano de Cumbal (izquierda) y Punta Vieja (derecha). 58

Figura 57. Imagen de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal (sector El Verde), el 18 de abril de 2017, capturadas desde la cámara ubicada en la estación Punta Vieja. 58

Figura 58. Imagen de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal (sector El Verde), el 22 de abril de 2017, capturada desde la cámara ubicada en el casco urbano de Cumbal. 59

Figura 59. Imágenes de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal (sector El Verde), el 23 y 24 de abril de 2017, capturadas desde la cámara ubicada en la estación Punta Vieja 59

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

Figura 61. Estaciones telemétrica y no telemétricas que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro en el mes de abril de 2017. 61

Figura 62. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro en abril de 2017. 63

Figura 63. Número diario de sismos VT, ocurridos en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro entre los meses de enero y abril de 2017. 63

Figura 64. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo de Chiles y Cerro Negro, en el mes de abril de 2017, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 3,5 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad. 64

Figura 65. Raíz de la Energía diaria liberada expresada en Ergios, calculada con la ML de los eventos volcánicos tipo VT ocurridos en Chiles – Cerro Negro entre el 1 de enero y el 30 de abril de 2017. 65

Figura 66. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Chiles, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 30 de abril de 2017. 66

Figura 67. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Cerro Negro 2 (Cneg2), paralelo al inclinómetro Cerro Negro, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 25 junio de 2014 y el 9 de abril de 2017 67

Figura 68. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Cerro Negro, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 30 de abril de 2017. 67

Figura 69. Mapa de localización de la estación térmica telemétrica Baño Grande perteneciente a la zona de influencia del Volcán Chiles. 69

Figura 70. Temperatura estación Térmica Baño Grande-Volcán Chiles abril 2017..... 69

Figura 71. Localización de algunos volcanes del sur de Colombia, entre ellos están Galeras, Doña Juana, Azufral, Cumbal, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro monitoreados por el OVSP - Servicio Geológico Colombiano. 71

Figura 72. Localización del volcán Las Ánimas (izquierda) e imagen del costado occidental del volcán (derecha)..... 72

Figura 73. Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante el mes de abril de 2017. En el mapa se distingue también el volcán Doña Juana. Adicionalmente se cuenta con una red de muestreo de aguas en fuentes termales y fuentes frías que en la figura se resaltan con rombos 73

Figura 74. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas en abril de 2017. 73

Figura 75. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Las Ánimas, en el mes de abril de 2017, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 3,0 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad. 74

Figura 76. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Altamira, instalado en el límite entre los volcanes Doña Juana y Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 30 de abril de 2017 75

Figura 77. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS Pradera instalada sobre la superficie del volcán Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 16 de diciembre de 2015 y el 14 de abril de 2017. 76

Figura 78. Localización de las estaciones que conforman la red de monitoreo de los volcanes Doña Juana y Las Animas..... 77

Figura 79. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Doña Juana durante abril de 2017.....	78
Figura 80. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Lavas, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 30 de abril de 2017.	79
Figura 81. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS La Palma instalada sobre la superficie del volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 27 de febrero de 2016 y el 14 de abril de 2017.	80
Figura 82. Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo sísmico y geoquímico del volcán Azufral durante el mes de abril de 2017.....	81
Figura 83. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo en deformación y cámara web del volcán Azufral en el mes de marzo de 2017.	82
Figura 84. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante abril de 2017.	83
Figura 85. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Azufral entre el 1 de enero y el 30 de abril de 2017.	84
Figura 86. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Azufral, en el mes de abril de 2017, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2,0 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad	84
Figura 87. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro La Roca, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de julio de 2015 y el 30 de abril de 2017.	85
Figura 88. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS La Roca instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 23 de mayo de 2015 y el 14 de abril de 2017.....	86
Figura 89. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Lobo instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 28 de mayo de 2016 y el 14 de abril de 2017.....	86
Figura 90. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS Laguna instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 14 de junio de 2016 y el 14 de abril de 2017.....	87
Figura 91. Comportamiento de la componente horizontal del campo eléctrico (magenta), en la zona de influencia del volcán Azufral, afectado posiblemente por los procesos de tormentas eléctricas en la zona de estudio. Comportamiento de los procesos de lluvia en la zona del volcán (pluviómetro-azul). El periodo graficado corresponde al mes de abril de 2017.	

.....	87
Figura 92. Gráfica superior, estación de Lobo, para el monitoreo de las variaciones del Campo Magnético Terrestre Total, en la zona de influencia del volcán Azufral, en comparación con el comportamiento del campo Magnético Terrestre Total (F) registrado por la estación de Kourou. Periodo de registro, abril de 2017	88
Figura 93. Mapa de localización de las fuentes termales perteneciente a la zona de influencia del Volcán Azufral.	89
Figura 94. Potencial de hidrógeno de las FT Volcán Azufral-abril de 2017.	92
Figura 95. Comportamiento del pH en las FT Volcán Azufral-abril de 2017.	93
Figura 96. Imagen térmica FT LV N° 1, Volcán Azufral - abril 2017	94
Figura 97. Imagen térmica FT LV N° 3, Volcán Azufral - abril 2017	95
Figura 98. Imagen térmica FT LV N° 4, Volcán Azufral - abril 2017	95
Figura 99. Imagen térmica FT LV San Ramón-Volcán Azufral – abril 2017.....	96
Figura 100. Imagen térmica FT La Cabaña-Volcán Azufral – abril 2017.	97
Figura 101. Imagen térmica FT Salado de Malaver-Volcán Azufral - abril 2017.	97
Figura 102. Imagen térmica FT Quebrada Blanca-Volcán Azufral – abril 2017.....	98
Figura 103. Imagen térmica FT Quebrada Blanca-Volcán Azufral – abril 2017.....	99
Figura 104. Imagen térmica FT Tutachag-Volcán Azufral - abril 2017.....	99
Figura 105. Comportamiento de la temperatura en las FT Volcán Azufral-abril 2017.	100
Figura 106. Comportamiento de la Conductividad Eléctrica en las FT Volcán Azufral-abril de 2017.	101
Figura 107. Comportamiento de la alcalinidad en las FT Volcan Azufral-abril de 2017.	102
Figura 108. Muestreo de temperatura en fumarolas-Domo Mallama, volcán Azufral.	103
Figura 109. Imagen térmica-Domo Mallama, volcán Azufral.....	104
Figura 110. Imágenes de emisión de gases del domo Mallama - volcán Azufral registradas el 8 de abril de 2017 en horas de la mañana, capturadas desde la cámara web ubicada al suroccidente del volcán.....	105
Figura 111. Imágenes de emisión de gases del domo Mallama - volcán Azufral registradas el 10 de abril de 2017 en horas de la mañana, capturadas desde la cámara web ubicada al suroccidente del volcán.....	105
Figura 112. Imágenes de emisión de gases del domo Mallama - volcán Azufral registradas el 12 de abril de 2017 en horas de la mañana, capturadas desde la cámara web ubicada al suroccidente del volcán.....	105
Figura 113. Imágen de emisión de gases del domo Mallama - volcán Azufral registrada el 22 de abril de 2017, capturada desde la cámara web ubicada al suroccidente del volcán.....	106

Figura 114. Imágenes de la emisión de gases del domo Mallama –Volcán Azufral , registradas el 25 y 27 de abril de 2017 en horas de la mañana, capturadas desde la cámara web ubicada al suroccidente del volcán. 106

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Estaciones sísmicas y sensores acústicos de la red de monitoreo de Galeras en abril de 2017.	21
Tabla 2. Inclínómetros electrónicos telemétricos que conformaron parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras en abril de 2017.	22
Tabla 3. Estaciones GNSS telemétricas que conformaron parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras en abril de 2017.	22
Tabla 4. Estaciones que conforman la red de instrumentos ScanDOAS del proyecto NOVAC en el volcán Galeras en abril de 2017.	23
Tabla 5. Estaciones que monitorean las variaciones del campo de potencial eléctrico y magnético ocasionadas por la actividad del volcán Galeras.	23
Tabla 6. Estaciones para el monitoreo de gas Radón instaladas sobre la vía de acceso a Galeras.	24
Tabla 7. Número de eventos volcánicos por tipo ocurridos en el volcán Galeras entre el 1 de enero y el 30 de abril de 2017, resaltando en verde el mes objeto de evaluación.	25
Tabla 8. Energía sísmica liberada evaluada a partir de ondas de cuerpo para los diferentes tipos de eventos volcánicos entre el 1 de enero y el 30 de abril de 2017, resaltando en color verde el mes evaluado.	27
Tabla 9. Ubicación geográfica estaciones SCANDOAS en Volcán Galeras.	44
Tabla 10. Emisión dióxido de azufre a la atmósfera volcán Galeras – mes de abril 2017.	46
Tabla 11. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del complejo volcánico de Cumbal en abril de 2017.	51
Tabla 12. Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el CVC entre el 1 de enero y el 30 de abril de 2017, resaltando en verde el mes objeto de evaluación.	52
Tabla 13. Estaciones que conforman la red de vigilancia de la actividad de los volcanes Chiles y Cerro Negro.	61
Tabla 14. Ubicación geográfica (WGS84) de las fuentes termales y frías del área de influencia del volcán Chiles.	62

Tabla 15. Número de eventos volcánicos por tipo para el complejo volcánico Chiles – Cerro Negro ocurridos entre el 1 de enero y el 30 de abril de 2017.....	64
Tabla 16. Energía sísmica liberada evaluada a partir de ondas de cuerpo para los diferentes tipos de eventos volcánicos en los volcanes Chiles y Cerro Negro entre el 1 de enero y el 30 de abril de 2017, resaltando en color verde el mes evaluado.	65
Tabla 17. Ubicación geográfica fuente termal Baño Grande en el área de influencia del volcán Chiles.	68
Tabla 18. Valores de temperatura en FT Baño Grande en el área de influencia del volcán Chiles – abril 2017.	69
Tabla 19. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Las Ánimas en abril de 2017	73
Tabla 20. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Doña Juana en abril de 2017	78
Tabla 21. Estaciones que conformaron la red de vigilancia del volcán Azufral en el mes de abril de 2017.	82
Tabla 22. Número de eventos volcánicos por tipo para el volcán Azufral ocurridos entre el 1 de enero y el 30 de abril de 2017. Se resalta en verde el último mes objeto de evaluación.....	83
Tabla 23. Ubicación geográfica fuentes termales volcán Azufral.	90
Tabla 24. Clasificación de aguas termales de acuerdo a la temperatura.....	93
Tabla 25. Datos de temperatura fumarolas-Domo Mallama julio 2015.	103

RESUMEN

Durante el mes de abril de 2017, la ocurrencia sísmica registrada en el volcán Galeras disminuyó en comparación a los valores registrados en el mes de marzo, mientras que la energía liberada registró leve un aumento. Los sismos asociados con fracturamiento de material cortical (VT) seguidos por aquellos asociados a fracturamiento de roca con el consiguiente movimiento de fluidos (Eventos Tipo HYB) fueron los que aportaron el mayor número. Los eventos tipo VT fueron los que aportaron la mayor fracción de energía liberada.

Respecto a la localización de sismos relacionados con fracturamiento de roca (VT) e (HYB) se identifica que la mayoría de sismos se concentraron muy próximos al cono volcánico, a distancias epicentrales menores a 1,0 km y profundidades superficiales por debajo de los 3 km respecto a la cima volcánica – 4276 msnm. El resto de sismos se ubicaron de manera dispersa sobre el edificio volcánico a menos de 14 km de distancia y a profundidades de hasta 14,5 km respecto a la cima. Las magnitudes calculadas fueron menores a 1.6 en la escala de Richter.

Los sensores que monitorean las deformaciones volcánicas no muestran mayores variaciones en el periodo evaluado, y aquellas variaciones observadas pueden estar asociadas a cambios de temperatura en la zona de instalación de los equipos.

En cuanto a la actividad superficial con base en la información que aportan las imágenes capturadas del cráter activo, fue posible evidenciar emisiones de gases durante todos el mes, exceptuando los días 16, 28 y 30 de abril de 2017, en su mayoría de coloración blanca; los principales focos de emisión continúan ubicados en el sector norte y occidental de la cima del cono volcánico con dispersión variable debido a la acción de los vientos y con alturas relativamente bajas sobre la cima de Galeras.

El análisis de los diferentes parámetros para el monitoreo volcánico permitió mantener el nivel de actividad en **AMARILLO** ■ (III): **“Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.

Con relación al monitoreo del Complejo volcánico de Cumbal, la evaluación de los registros sísmicos en la estaciones instaladas en este volcán muestran que la mayoría de eventos ocurridos se asocian a movimiento de fluidos de fuente transitoria al interior del volcán (LPS) seguidos por aquellos eventos asociados con tránsito de fluidos de fuente permanente o episodios de Tremor (TRE)

Respecto a la localización de sismos VT e HYB, para el periodo evaluado fue posible localizar 57 sismos, que en su mayoría se ubicaron en inmediaciones del cráter La Plazuela y Mundo Nuevo, a profundidades inferiores a 4 km respecto de la cima y distancias menores a 1,5 km. Las magnitudes locales de los eventos localizados estuvieron por debajo de 1,0 en la escala de Richter.

El análisis de los diferentes parámetros para el monitoreo del complejo volcánico Cumbal permitió mantener el nivel de actividad en **AMARILLO ■ (III): “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.

La ocurrencia sísmica de los Volcanes Chiles y Cerro Negro, en el mes de abril de 2017 aumentó en 2,9 veces en comparación al mes de marzo, pasando de 324 a 931 sismos. De esta sismicidad fue posible localizar 212 eventos, que se ubicaron hacia el occidente, sur y sur-oriente del volcán Chiles en territorio Ecuatoriano a distancias epicentrales menores a 14 km, y profundidades comprendidas entre los 2 y 20 km respecto a la cima volcánica (4.700 msnm). La mayoría de eventos tuvo magnitudes por debajo de 2,6 en la escala de Richter.

Respecto a deformación, continúan registrándose los cambios observados en los inclinómetros Chiles y Cerro Negro.

La evaluación del proceso volcánico para los volcanes Chiles – Cerro Negro en abril de 2017 permitió mantener el **NIVEL AMARILLO ■ (III): “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.

En los volcanes Las Ánimas y Azufral se tuvo registro de 2 y 10 eventos sísmicos respectivamente, todos ellos asociados con fractura de roca al interior del volcán (VT), los cuales fueron de bajo nivel energético. Los eventos registrados en el volcán Las Ánimas se ubicaron al occidente y al norte del edificio volcánico, con magnitudes menores a 2,0 en la escala de Richter. Para el volcán Azufral se registraron tres eventos los cuales se localizaron a distancia de hasta 11,5 km respecto al centro de la Laguna Cratérica, con profundidades entre 1,5 y 10 km respecto a la cima y con magnitudes locales menores a 2,0 en la escala de Richter. Para el volcán Doña Juana no se tuvo registro de eventos volcánicos.

Con base en el análisis de la información suministrada por las redes de vigilancia, instaladas alrededor de los volcanes monitoreados, se concluye que el nivel de

actividad de los volcanes Las Ánimas, Doña Juana y AzufraI, se mantiene en **NIVEL VERDE ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”**.

INTRODUCCIÓN

Durante el mes de abril de 2017, el SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO - Observatorio Vulcanológico y sismológico de Pasto (OVSP), continuó con la tarea institucional de vigilar la actividad de los volcanes Galeras, Cumbal, Chiles y Cerro Negro, Azufral, Doña Juana, y Las Ánimas, mediante el monitoreo continuo y en tiempo real durante las 24 horas del día. Esto permitió evaluar el estado de actividad de cada uno de estos volcanes.

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 de un volcán, mediante la aplicación de una serie de disciplinas geofísicas y geoquímicas. Cambios en el comportamiento de la actividad son el reflejo de distintos procesos al interior del sistema volcánico y que pueden ser provocados por procesos hidrotermales o magmáticos que conllevan a variaciones de presión-temperatura en el sistema volcánico, cambios en el estado de esfuerzos de la corteza, movimiento de material fluido (magma, volátiles o gases) desde niveles más profundos a reservorios más someros o a la superficie misma.

El análisis presentado en este informe corresponde a los resultados preliminares derivados a partir del procesamiento de los datos instrumentales y de las observaciones directas de algunas manifestaciones de la actividad volcánica. Se realiza también una recopilación del funcionamiento de los equipos que conforman la red de monitoreo volcánico en sus diferentes áreas.

1. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN GALERAS – ABRIL DE 2017

1.1. RED DE VIGILANCIA

En abril de 2017 la red de vigilancia del volcán Galeras estuvo conformada por:

- Catorce estaciones sísmicas telemétricas triaxiales: tres de corto periodo y once de banda ancha (Figura 1, Tabla 1).
- Tres sensores de infrasonido, ubicados en los sitios de las estaciones sísmicas Calabozo al occidente, Cráter-2 y Cóndor al sur - suroccidente (Figura 1, Tabla 1).
- Cuatro cámaras de video telemétricas para registro de la actividad superficial, una instalada en la sede del OVSP, otra en la población de Consacá al occidente, otra al noroccidente en Barranco Alto y Bruma al sur del cono activo (Figura 1).
- Ocho inclinómetros electrónicos con transmisión telemétrica (Figura 2, Tabla 2)
- Once estaciones GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite) telemétricas, la última instalada en el sector de Coba Negra al sureste del volcán Galeras, instalada entre el 24 y 25 de abril. (Figura 2, Tabla 3).
- Cinco bases de EDM (Medición Electrónica de Distancias) y 8 prismas reflectores (Figura 2).
- Una estación meteorológica, conformada con sensores para medición de velocidad y dirección del viento, pluviometría, radiación solar, presión atmosférica, humedad relativa, punto de rocío y temperatura ambiente localizada al sur del cono activo (Figura 2).
- Dos estaciones telemétricas para monitoreo de flujos de lodos, compuestas por un geófono y un pluviómetro, instaladas en la cuenca del río Mijitayo (Figura 2).
- Tres estaciones DOAS telemétricas para detección de dióxido de azufre (SO₂) localizadas en el cuadrante noroccidental del edificio volcánico (Figura 3, Tabla 4).

- Tres estaciones de medición de campo Magnético, Cráter, Frailejón y Barranco y dos estaciones de medición de campo eléctrico en Frailejón y Barranco (Figura 3, Tabla 5).
- Tres estaciones telemétricas para la medición de emisiones del isótopo de gas Radón (Rn_{-222}) proveniente del suelo denominadas Lavas 1, Parques y Lirios ubicadas hacia el sector oriental del volcán (Figura 3, Tabla 6).

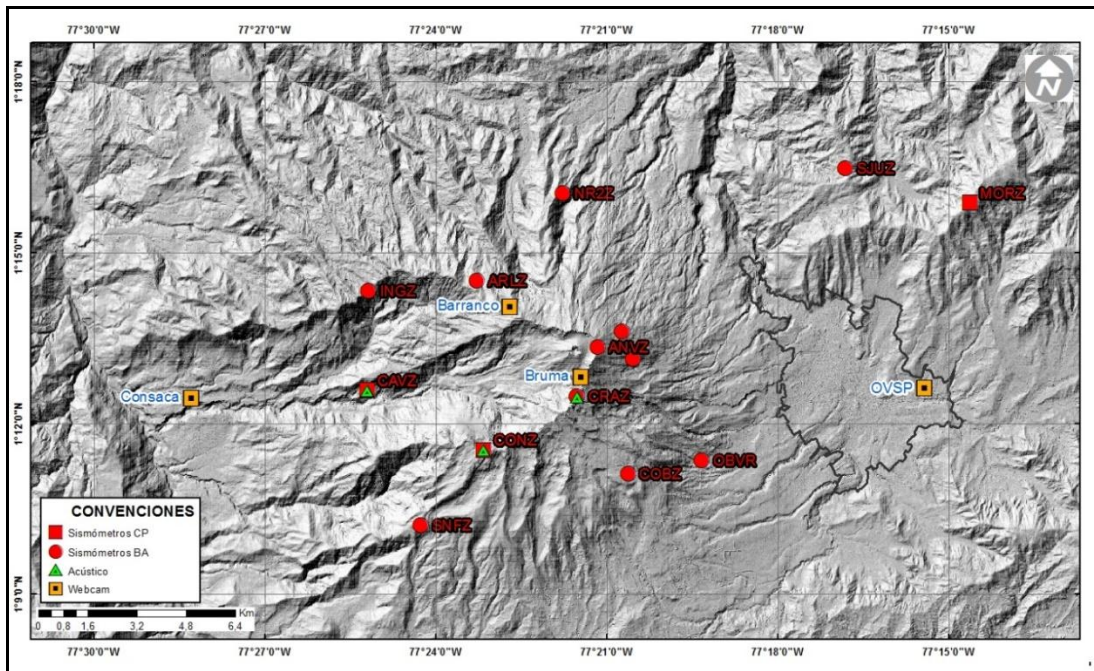


Figura 1. Localización de las estaciones sísmicas y sensores de infrasonido que conformaron la red de vigilancia de Galeras en abril de 2017.

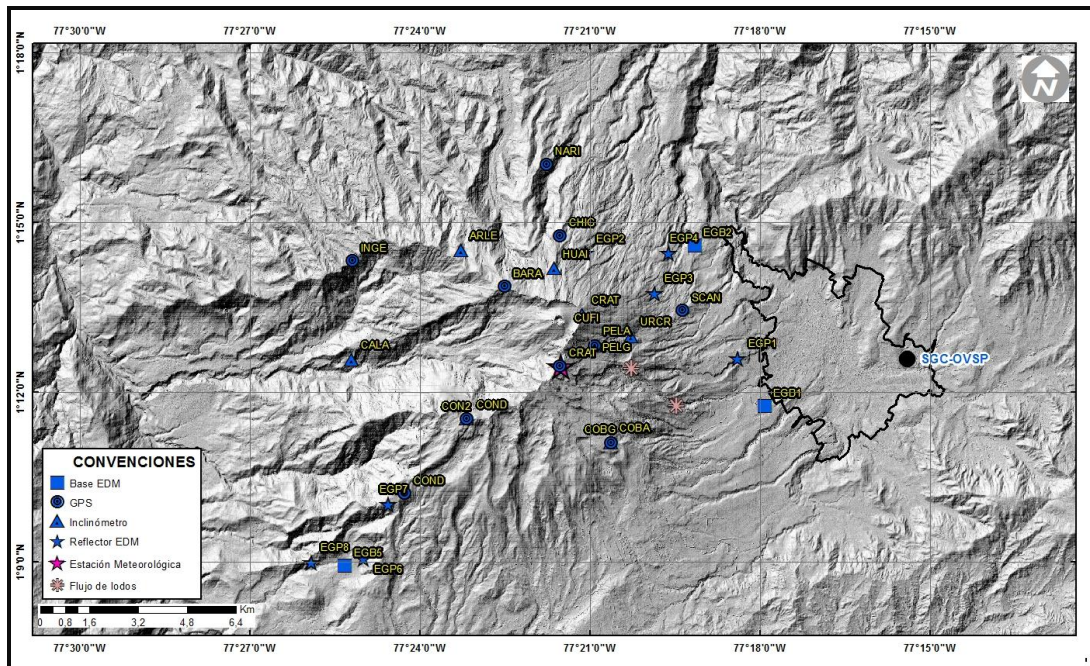


Figura 2. Localización de las estaciones para el seguimiento de la deformación (inclinómetros, EDM y GNSS) que conformaron la red de vigilancia de Galeras en abril de 2017.

Tabla 1. Estaciones sísmicas y sensores acústicos de la red de monitoreo de Galeras en abril de 2017.

Estación	Código	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia al Cráter (Km)	Dirección Respecto al Cráter	Altitud (msnm)
Cóndor	COND	Digital	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	4,4	SW	3977
Calabozo	CAVZ	Digital	Sismómetro Corto Periodo	Triaxial	6,9	WSW	2313
Morasurco	MORZ	Digital	Sismómetro Corto Periodo	Triaxial	13,7	ENE	3504
Anganoy	ANGV	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	0,7	E	4227
Cufiño	CUVZ	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	1,4	ENE	3828
Cráter	CRAZ	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	1,5	S	4032
Urcunina	URCR	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	2,4	ESE	3494
Arlés	ARLZ	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	4	WNW	3450
Cobanegra	COB3	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	4,3	SSE	3625
Nariño-2	NR2Z	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	5,2	NNW	2856
Obonuco	OBVR	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	5,4	SE	3021
Ingenio	INGZ	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	7	WNW	2890
San Felipe	SNFZ	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	7,6	SW	3491
San Juan	SJUZ	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	10,6	ENE	2898
Cóndor	CONA	Digital	Sensor de Presión Acústica	4 Entradas	4,4	SW	3977
Cráter	CRAC	Digital	Sensor de Infrasonido	4 Entradas	1,5	S	4032
Calabozo	CAMI	Digital	Sensor de infrasonido	4 Entradas	6,9	WSW	2313

Informe mensual de actividad de los volcanes Galeras, Chiles – Cerro Negro, Cumbal, Las Ánimas, Doña Juana y Azufral - abril 2017

Servicio Geológico Colombiano

Tabla 2. Inclínómetros electrónicos telemétricos que conformaron parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras en abril de 2017.

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

Tabla 3. Estaciones GNSS telemétricas que conformaron parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras en abril de 2017.

Estaciones GNSS Permanentes	Distancia al Cráter (Km)	Ubicación Respecto al Cráter Principal	Altitud (msnm)
Cráter	1.5	S	4048
Cóndor	7.6	SW	3985
Barranco	2.6	NW	3904
San cayetano	4.1	E	3035
Ingenio	7.0	WNW	2907
Chiguaco	2.8	NNE	3513
Cufiño	1.4	E	3827
Peladitos	1.4	SE	3850
Nariño	5.0	N	2870
Condor Pasto	4.9	SW	3985
Cobanegra	3.9	SSE	3625

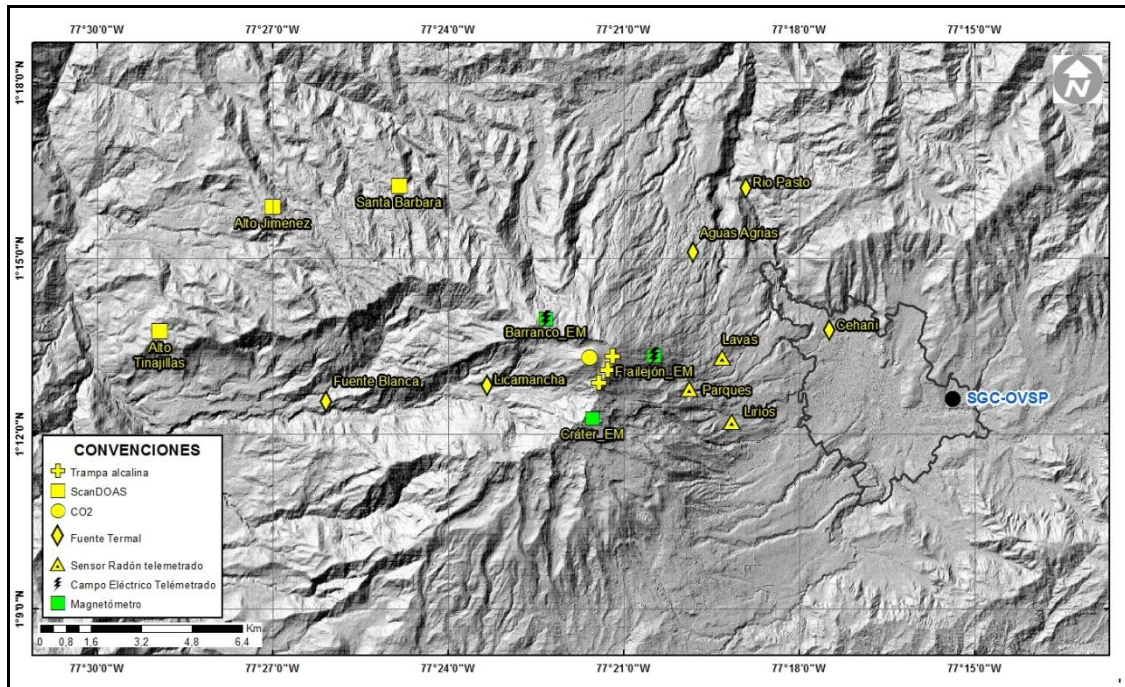


Figura 3. Localización de las estaciones de campo magnético y eléctrico, Trampa Alcalina, ScanDOAS y fuentes termales que conformaron la red de vigilancia de Galeras en abril de 2017.

Tabla 4. Estaciones que conforman la red de instrumentos ScanDOAS del proyecto NOVAC en el volcán Galeras en abril de 2017.

Estación	Distancia al cráter (km)	angulo 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	NW	2400
Alto Tinajillas	13.3	60	2100	94	W	2100

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

Tabla 5. Estaciones que monitorean las variaciones del campo de potencial eléctrico y magnético ocasionadas por la actividad del volcán Galeras.

Estación	Transmisión de datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia al Cráter (Km)	Dirección Respecto al Cráter Principal	Altitud (msnm)
Frailejón	Digital	Eléctrico	Biaxial	2,7	E	3727
Frailejón	Digital	Magnético	Triaxial	2,7	E	3727
Barranco	Digital	Eléctrico	Biaxial	2.0	NW	3800
Barranco	Digital	Magnético	Triaxial	2.0	NW	3800
Cráter	Digital	Magnético	Triaxial	1,9	SSE	4001

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

Estación	Distancia al Cráter (Km)	Ubicación Respecto al Cráter Principal	Altitud (msnm)
Parques	3,6	ESE	3358
Lava1	4,5	E	3053
Lirios	4,7	SE	3000

Durante abril de 2017, la operatividad de la red instrumental de Galeras fue del **86 %**, garantizando la obtención de información confiable para la evaluación de la actividad volcánica. La Figura 4, muestra el histograma con el porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo volcánico.

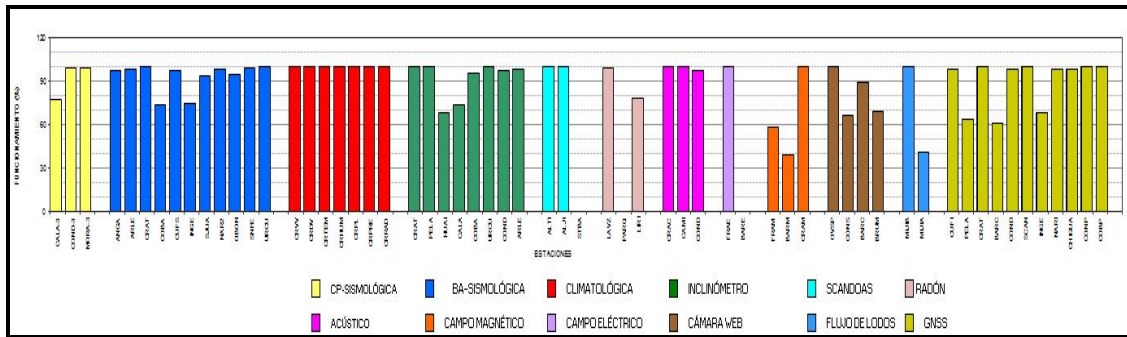


Figura 4. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron las redes de monitoreo del volcán Galeras en abril de 2017.

1.2 SISMOLOGÍA

En el mes de abril de 2017, la actividad sísmica de Galeras disminuyó en un 23,1% respecto al mes de marzo de 2017 pasando de 52 a 40 eventos. La sismicidad se caracterizó por el predominio de eventos asociados con fracturamiento de roca al interior de la estructura volcánica (sismos tipo VT) con un 62,5% del número total de sismos registrados, seguidos en porcentaje de ocurrencia por eventos asociados a fracturamiento de roca con el consiguiente movimiento de fluidos (Eventos Tipo HYB) y eventos asociados a movimientos de fluidos de fuente transitoria (eventos tipo LP) los cuales aportaron con un 20 y 15% respectivamente. Por su parte, para éste periodo se tuvo registro de un evento asociado a movimiento de fluidos de fuente persistente (TRE) (Tabla 7, Figuras 5, 6 y 7). La Figura 5 muestra la distribución de ocurrencia en porcentaje de los diferentes tipos de sismos.

Tabla 7. Número de eventos volcánicos por tipo ocurridos en el volcán Galeras entre el 1 de enero y el 30 de abril de 2017, resaltando en verde el mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					NO CLASIFICABLES
	VT	LPS	TRE	HYB	TOTAL	
01-ene-17 a 31-ene-17	55	10	0	40	105	378
01-feb-17 a 28-feb-17	44	2	2	6	54	175
01-mar-17 a 31-mar-17	39	2	3	8	52	293
01-abr-17 a 30-abr-17	25	6	1	8	40	176

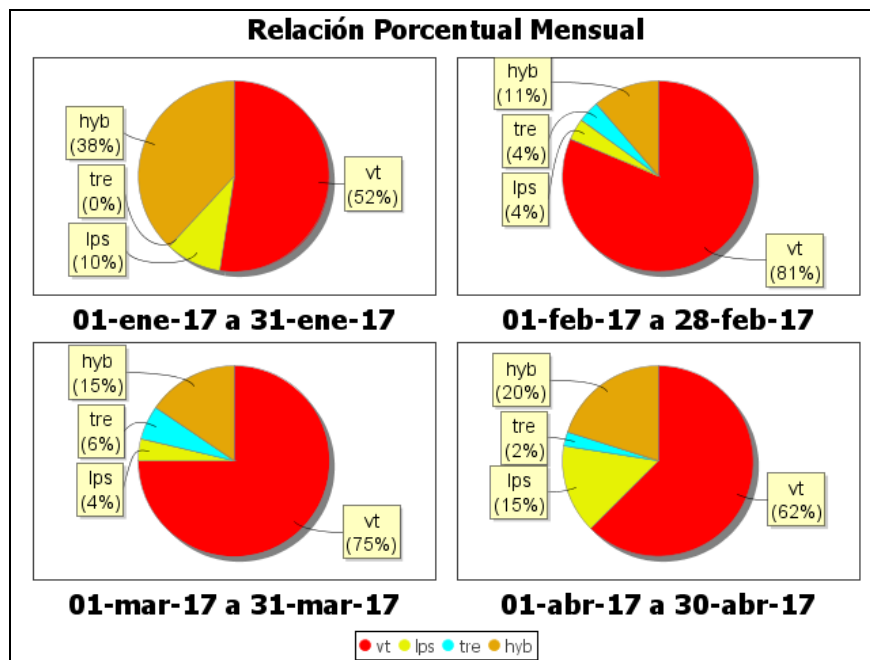


Figura 5. Relación porcentual de ocurrencia sísmica por tipo de sismos en el volcán Galeras, entre los meses de enero y abril de 2017.

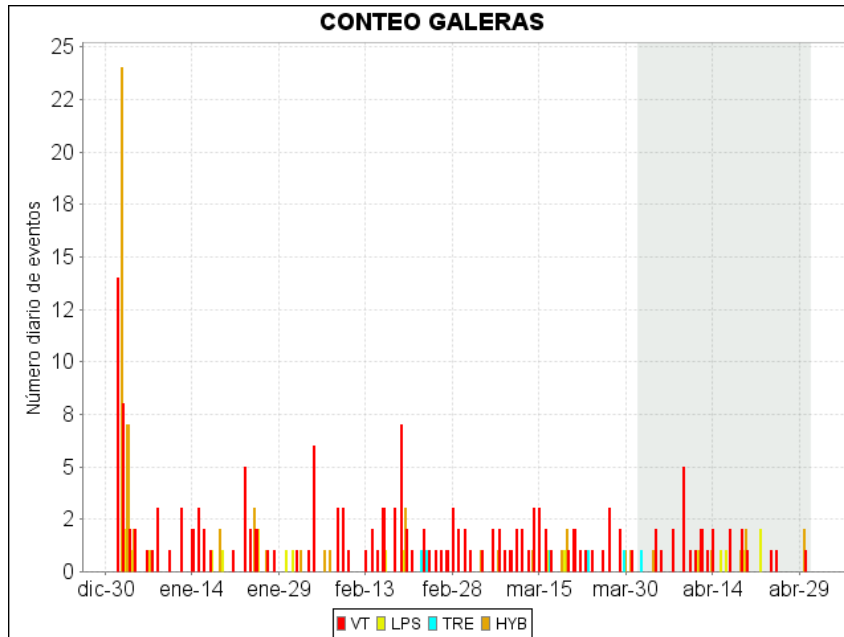


Figura 6. Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y abril de 2017. La región sombreada corresponde al mes de abril de 2017.

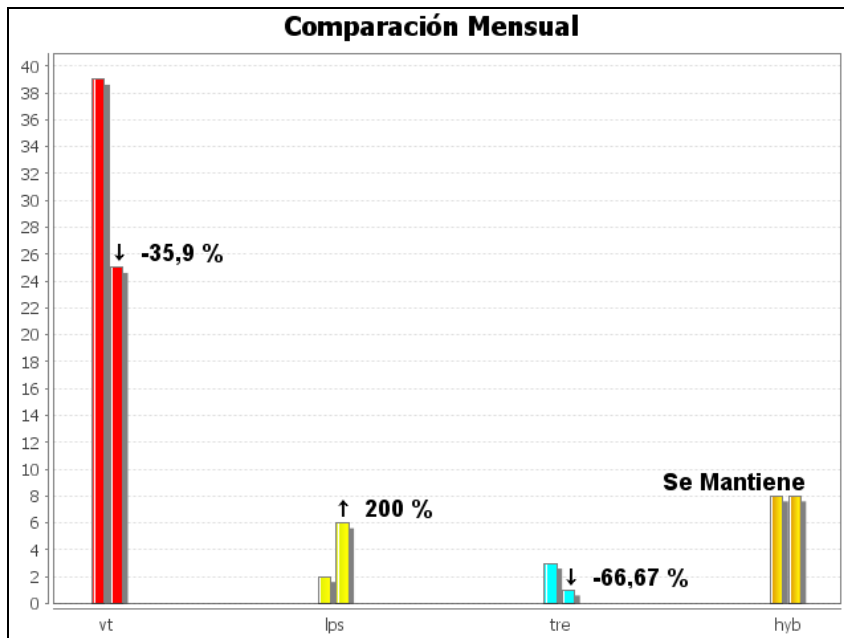


Figura 7. Comparación porcentual del número de eventos volcánicos por tipo ocurridos durante el mes en evaluación (barras de la derecha) respecto al mes anterior (barras de la izquierda).

Para el periodo evaluado, el valor total de la energía sísmica liberada aumentó en comparación a lo registrado en marzo de 2017, pasando de $7,11 \times 10^{11}$ ergios a $7,55 \times 10^{11}$ ergios. Los eventos que aportaron la mayor energía fueron los sismos VT con un 85,7%, seguidos por los eventos tipo TRE y LPS con un 12,5% y 1,7% respectivamente. Los eventos tipo HYB aportaron con el 0,1% (Tabla 8, Figuras 8, 9 y 10).

Tabla 8. Energía sísmica liberada evaluada a partir de ondas de cuerpo para los diferentes tipos de eventos volcánicos entre el 1 de enero y el 30 de abril de 2017, resaltando en color verde el mes evaluado.

Periodo Evaluado	Energía liberada por tipo de Evento [ergios]				
	VT	LPS	TRE	HYB	TOTAL
01-ene-17 a 31-ene-17	7.33E+10	1.34E+09	0.00E+00	6.31E+09	8.10E+10
01-feb-17 a 28-feb-17	3.94E+12	3.93E+08	1.70E+09	1.28E+09	3.94E+12
01-mar-17 a 31-mar-17	7.00E+11	2.89E+08	8.42E+09	2.29E+09	7.11E+11
01-abr-17 a 30-abr-17	6.47E+11	1.30E+10	9.44E+10	9.64E+08	7.55E+11

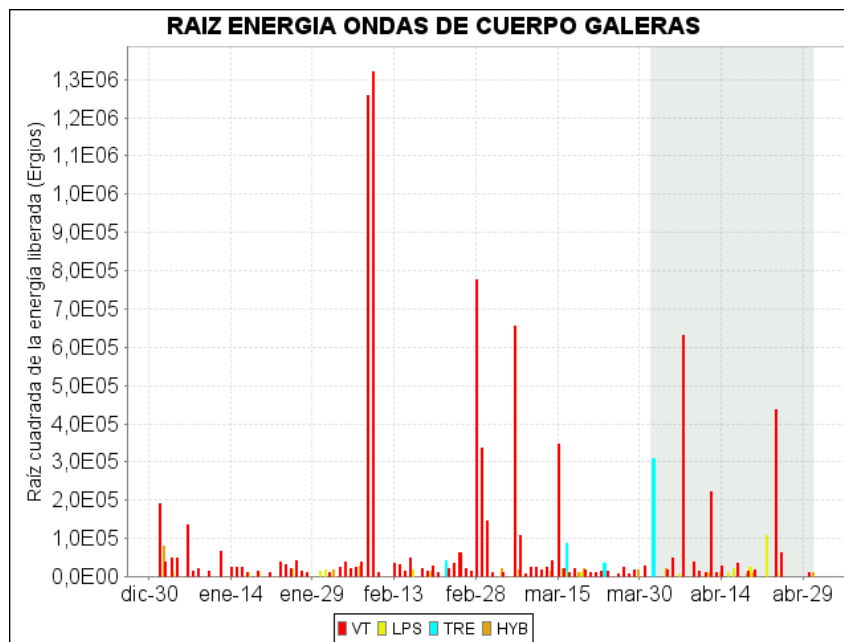


Figura 8. Energía sísmica diaria liberada por los eventos volcánicos según su tipo (en términos de su raíz cuadrada), registrados entre el 1 de enero y el 30 de abril de 2017.

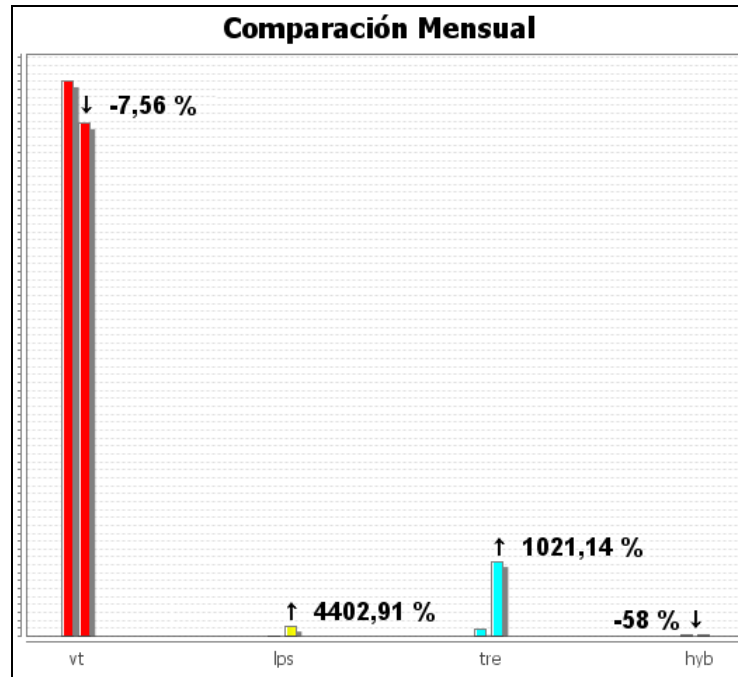


Figura 9. Comparación porcentual de la energía liberada por tipo de evento para abril de 2017 (barras de la derecha) respecto a diciembre de 2017 (barras de la izquierda).

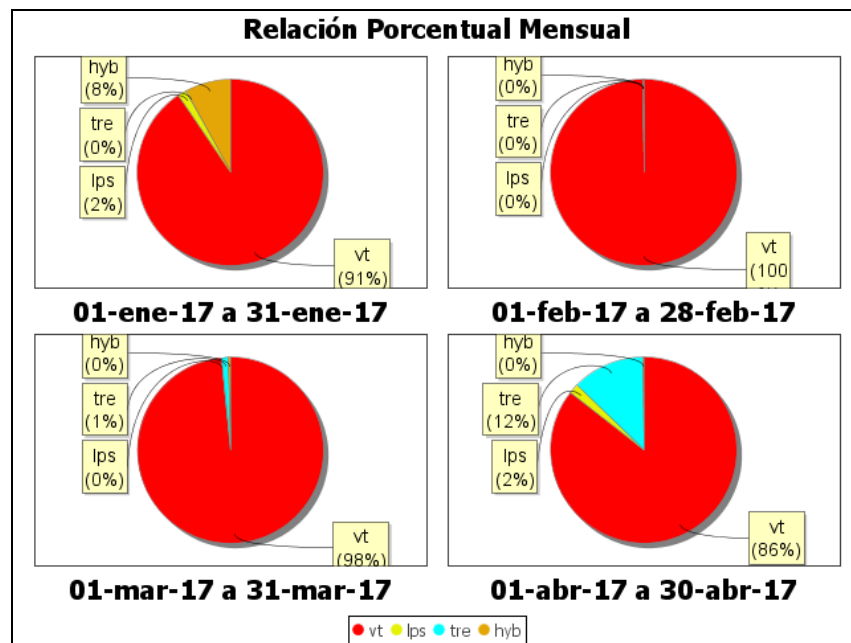


Figura 10. Relación porcentual mensual de la energía sísmica liberada para cada tipo de sismos entre los meses de enero y abril de 2017.

Informe mensual de actividad de los volcanes Galeras, Chiles – Cerro Negro, Cumbal, Las Ánimas, Doña Juana y Azufral - abril 2017

La sismicidad asociada con fracturamiento de material cortical al interior del edificio volcánico fue localizada utilizando la minimización de los residuales de tiempos de arribo de las ondas P y S en las estaciones de monitoreo volcánico de la red de Galeras. Fue posible estimar la localización de 18 sismos, 16 de ellos tipo VT y 2 HYB. De las localizaciones obtenidas se identifica que la mayoría de sismos se concentraron muy próximos al cono volcánico, a distancias epicentrales menores a 1,0 km y profundidades superficiales por debajo de los 3 km respecto a la cima volcánica (4276 msnm). Unos cuantos eventos se localizaron de manera dispersa sobre el edificio volcánico, a distancias epicentrales menores a 14 km y profundidades de hasta 14,5 km respecto a la cima. Las magnitudes calculadas fueron menores a 1,6 en la escala de Richter, sin embargo la mayoría de sismos presentó una magnitud local menor a 1 (Figura 11).

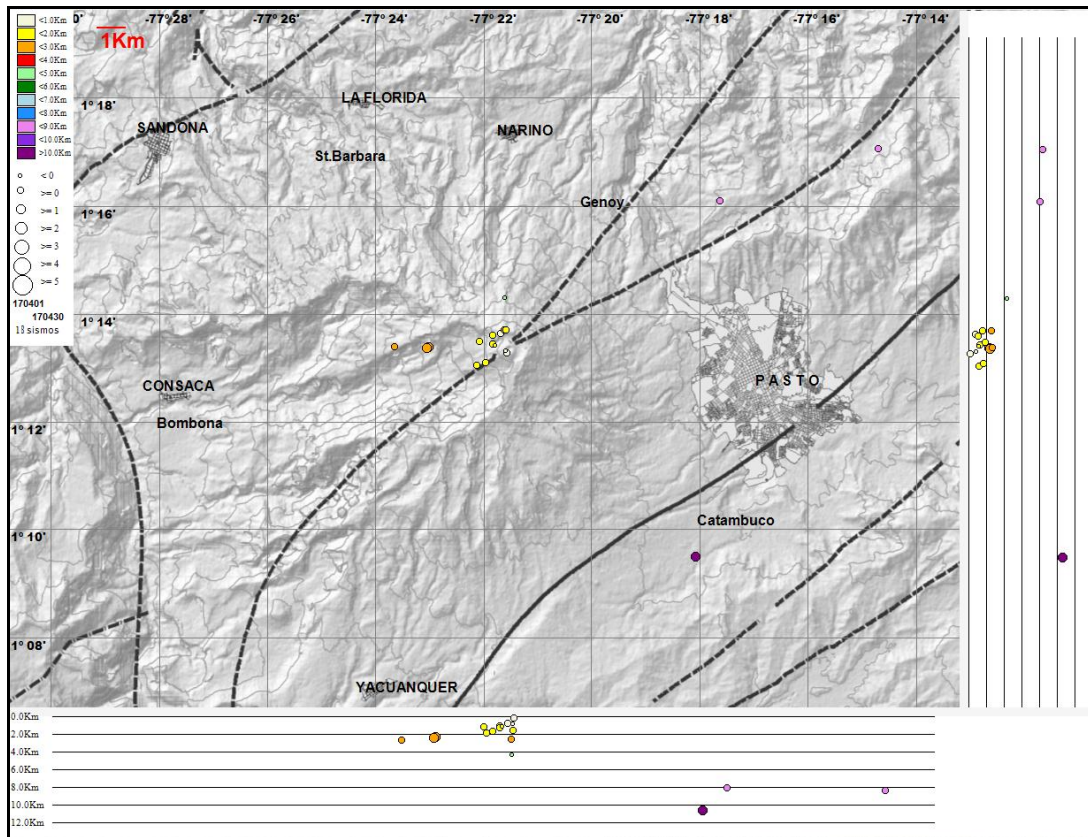


Figura 11. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 30 de abril de 2017. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2 km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproxima (aproximadamente 4270 msnm).

1.3 DEFORMACIÓN

Para el mes de abril de 2017, la red de deformación estuvo conformada por 8 inclinómetros electrónicos (Cráter, Peladitos, Huairatola, Urcunina, Calabozo, Cóndor, Cobanegra y Arlés), una red de EDM, medición electrónica de distancias (para el mes en evaluación se realizó una salida a campo) y 11 estaciones GNSS permanentes telemétricas (Cráter, Barranco, San Cayetano, Chiguaco, El Ingenio, Cóndor, Cufiño, Peladitos, Nariño, Cóndor-2 (CONP) y Cobanegra) (Figura 12); recordando que Nariño, Cóndor-2 y Cobanegra se instalaron en el presente año, marzo 15, marzo 29 y abril 25, respectivamente.

Teniendo en cuenta que los procesos deformativos en la superficie del volcán se pueden dar en un tiempo considerable, en este informe se presenta el análisis del comportamiento registrado por los sensores para periodos de cambio que van entre 2 y 6 años.

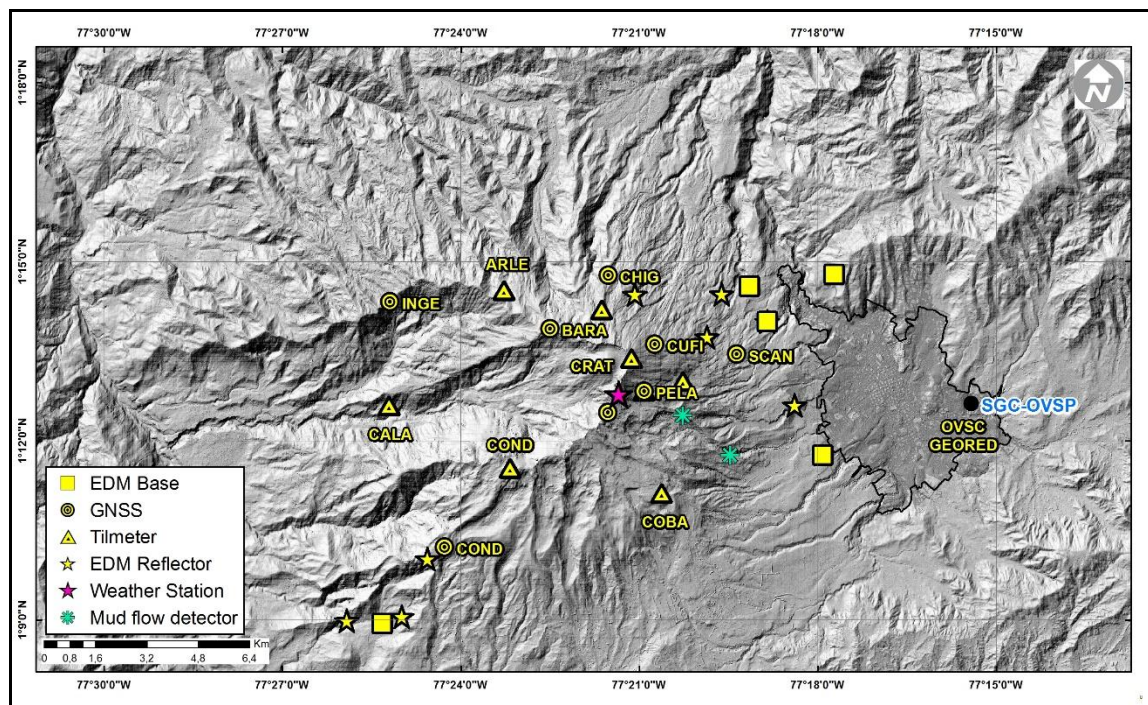


Figura 12. Mapa de localización de las estaciones de deformación volcánica, inclinómetros electrónicos, GNSS permanentes y EDM que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de abril de 2017.

1.3.1 Inclinometría Electrónica

El registro de los inclinómetros Cráter y Cóndor continúa estable, con algunas fluctuaciones que se asocian a los cambios de temperatura imperantes en la zona y al sistema de alimentación eléctrico (Figuras 13 y 14).

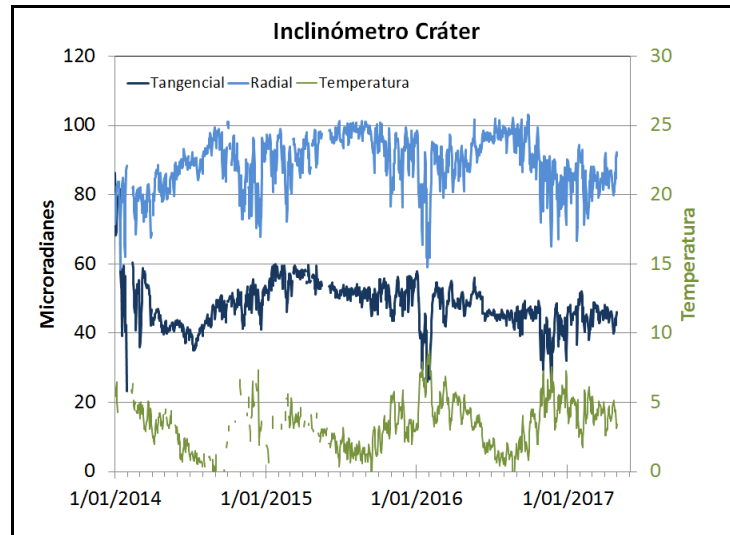


Figura 13. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Cráter, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 30 de abril de 2017.

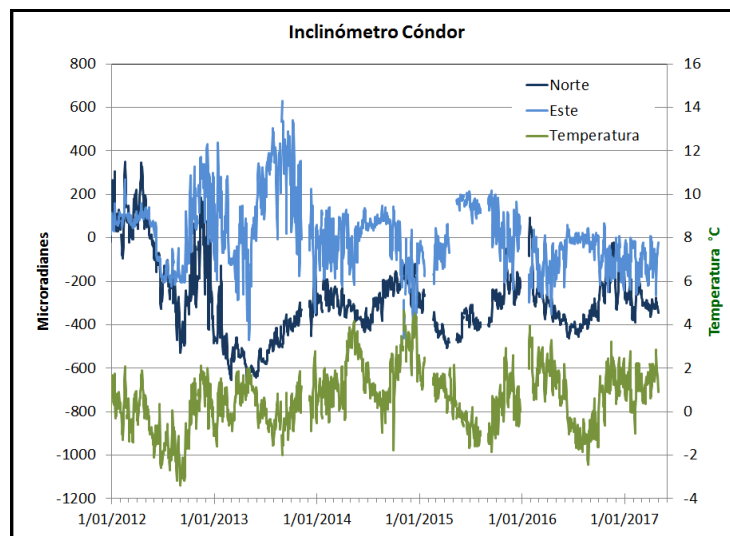


Figura 14. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de la temperatura del inclinómetro electrónico Cóndor, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 30 de abril de 2017.

Informe mensual de actividad de los volcanes Galeras, Chiles – Cerro Negro, Cumbal, Las Ánimas, Doña Juana y Azufral - abril 2017

Los inclinómetros Peladitos, Huairatola, Cobanegra, Arlés y Calabozo, vienen mostrando cambios en sus componentes, que se ven afectadas por las variaciones de temperatura, pero la tendencia en sus registros puede estar asociada con actividad volcánica.

Desde el 20 de octubre de 2016 se observa un comportamiento estable en la componente de inclinación Radial de la estación Huairatola, mientras que la Tangencial continúa con la tendencia ascendente, registrando cerca de 45 μrad desde el pasado 26 de septiembre de 2016 (Figura 15). Para Cobanegra (Figura 16) se observa estabilidad en el registro de la componente Este, estabilidad desde el 15 de diciembre de 2016, en contraste en la componente Norte desde ésta misma fecha inicia el cambio de tendencia de ascendente a descendente, descenso cercano a los 90 μrad .

El inclinómetro electrónico Arlés (Figuras 17), desde julio de 2014 indica en su componente Norte una leve tendencia ascendente que acumula hasta la fecha cerca de 75 μrad y su componente Este, para el mismo periodo de tiempo una tendencia descendente de algunos 90 μrad , algunas de estas fluctuaciones en el registro pueden estar asociadas a los cambios de temperatura ambiente. Continúan los comportamientos descendentes en los registros de las componentes Norte y Este del inclinómetro electrónico Calabozo, acumulando 200 μrad , la Este y 190 μrad la Norte, variaciones observadas desde el pasado mes de septiembre de 2015 (Figura 18).

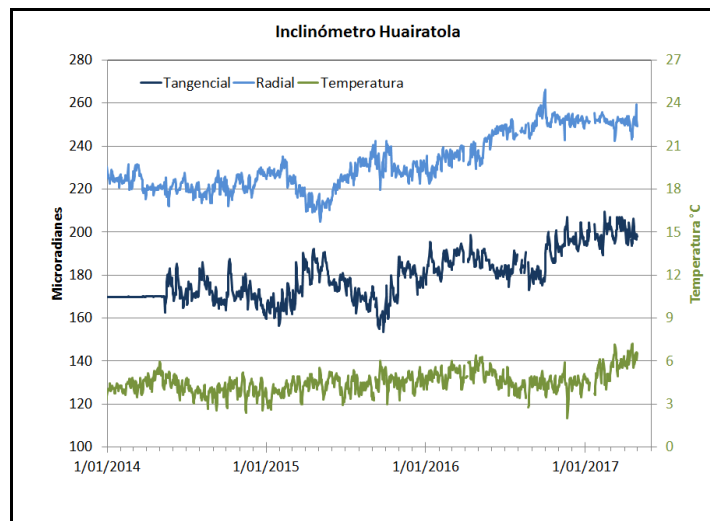


Figura 15. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad) y registro de la temperatura del inclinómetro electrónico Huairatola, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 30 de abril de 2017.

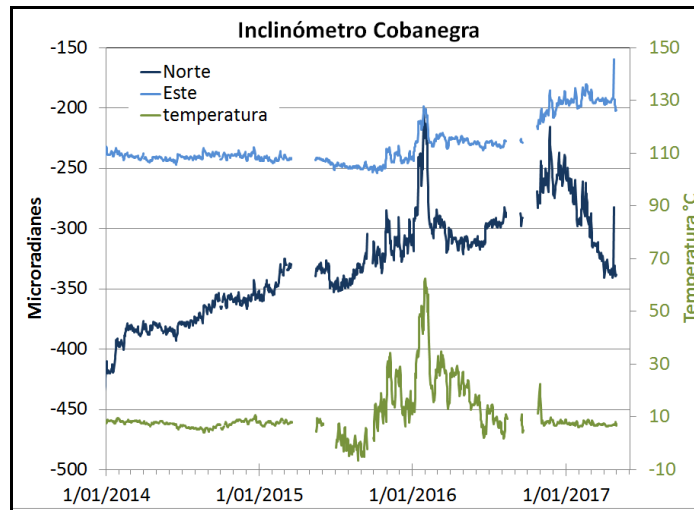


Figura 16. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Cobanegra, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 30 de abril de 2017.

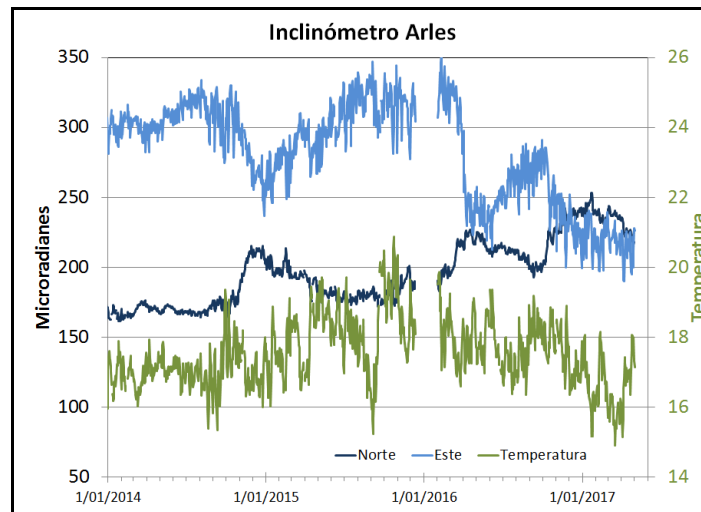


Figura 17. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Arlés, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 30 de abril de 2017.

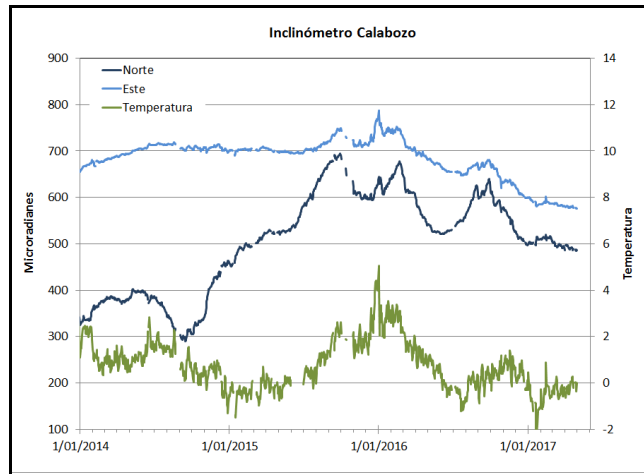


Figura 18. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 30 de abril de 2017.

Para el inclinómetro electrónico Peladitos (Figura 19) se muestran datos para los primeros días del mes de abril, al parecer presentaba fallas en su funcionamiento y luego de verificar en campo, se identificó el problema en el software de adquisición y se reinició el 27 de abril de 2017.

El inclinómetro Urcunina, desde el 4 de marzo del 2017, muestra problemas en sus componentes de inclinación que pueden obedecer a problemas electrónicos.

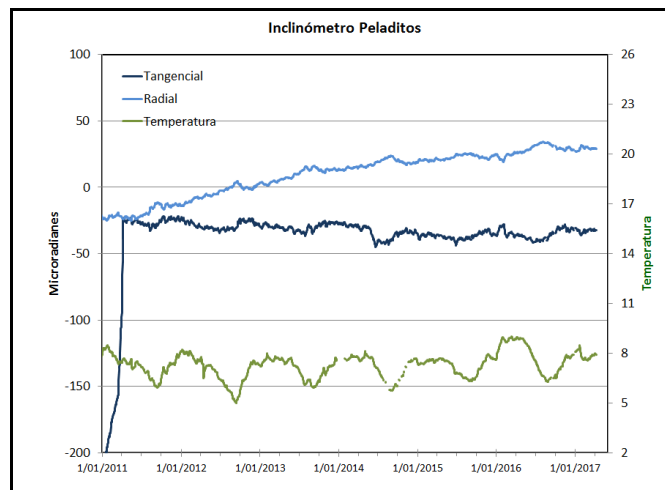


Figura 19. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad) y registro de la temperatura del inclinómetro electrónico Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero 2011 y el 7 de abril de 2017.

1.3.2. Estaciones GNSS Permanentes

Las estaciones GNSS Permanentes Cráter y Barranco se instalaron en agosto y octubre de 2011 respectivamente, San Cayetano, en octubre de 2012, las estaciones Chiguaco e Ingenio se instalaron en abril de 2014, Cóndor se reinstaló en febrero de 2015, Cufiño y Peladitos se instalaron en octubre de 2016, Nariño y Condor-2, en marzo de 2017 y Cobanegra en abril de 2017.

Para el análisis se contempló un procesamiento absoluto, el cual se está realizando a través del Sistema de Referencia Espacial Canadiense (CSRS). Los datos en formato RINEX, son enviados por separado para cada día y cada estación y posteriormente el resultado es almacenado en hojas de cálculo. El CSRS, utiliza las efemérides finales, correcciones que se deben hacer al dato de posición, por lo cual el proceso se presenta con 15 días de retraso. En las Figuras 20 a 28, se indica el comportamiento de las direcciones Norte, Este y Altura de los GNSS instalados en Galeras.

En general, se observa un comportamiento estable en el desplazamiento. La estación de referencia para la red de Galeras es el GNSS QUILL (Figura 29), ubicado fuera del edificio volcánico de Galeras, en el aeropuerto Antonio Nariño a 20.6 km de distancia respecto al cráter, instalado por el Proyecto Geored, del Servicio Geológico Colombiano; la dirección Norte de esta estación indica el movimiento de la Placa Tectónica Suramericana en la cual se encuentra situada Colombia, con un desplazamiento acumulado cercano a los 20 mm por año. Esta tendencia se remueve de los registros de la dirección Norte de las estaciones GNSS de la red en Galeras.

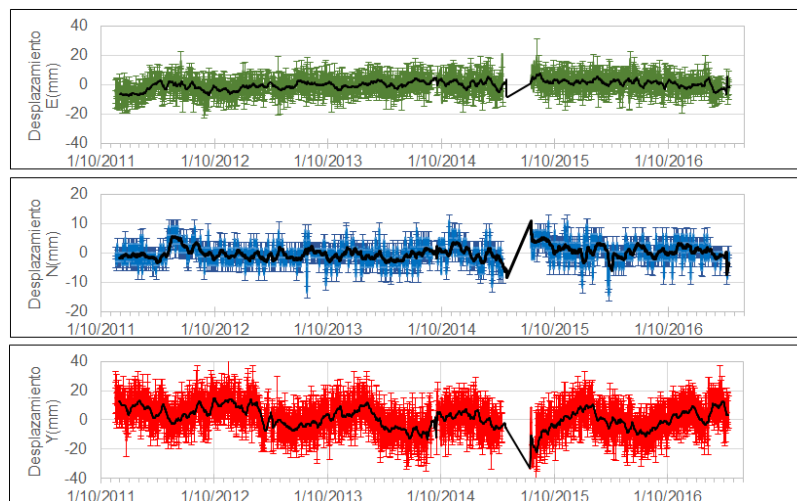


Figura 20. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Barranco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 26 de octubre de 2011 y el 14 de abril de 2017.

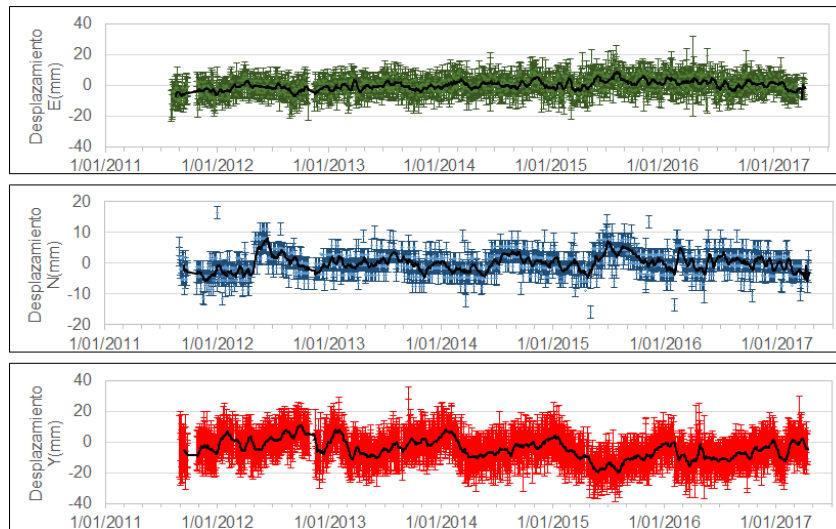


Figura 21. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cráter instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 4 de agosto de 2011 y el 14 de abril de 2017.

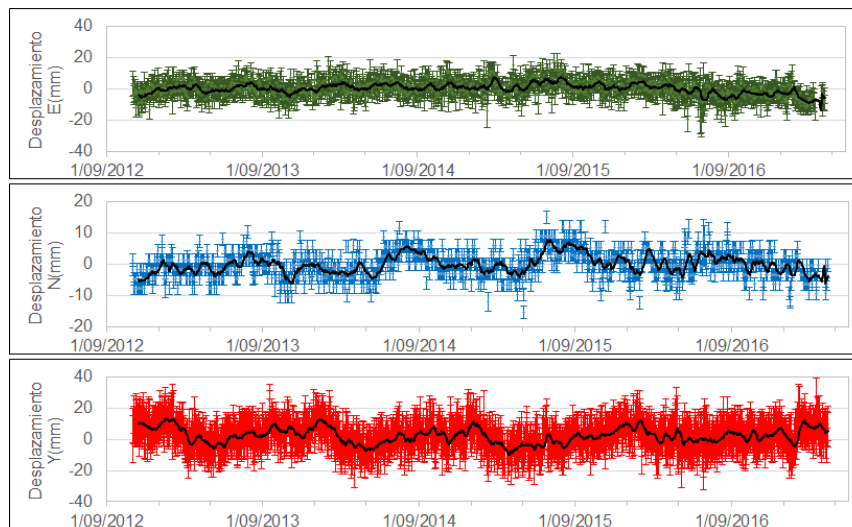


Figura 22. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS San Cayetano instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de noviembre de 2012 y el 14 de abril de 2017.

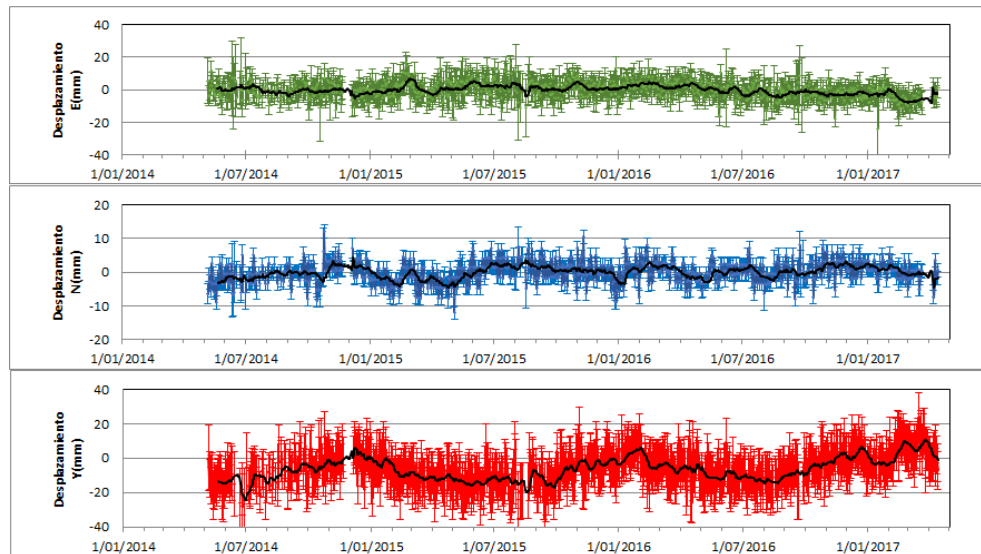


Figura 23. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Chiguaco instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 7 de mayo de 2014 y el 14 de abril de 2017.

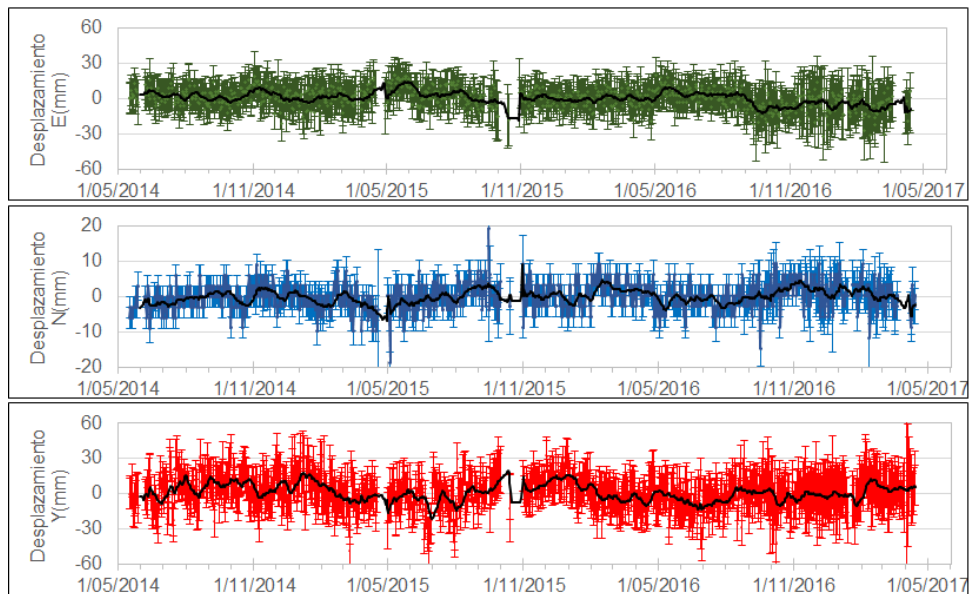


Figura 24. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Ingenio instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 16 de mayo de 2014 y el 14 de abril de 2017.

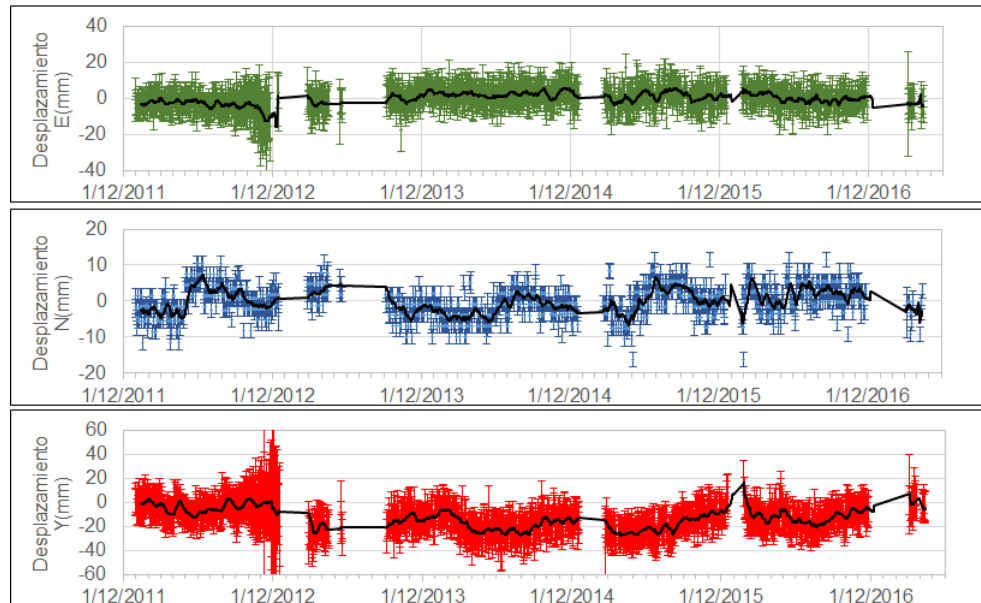


Figura 25. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cónдор instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 30 de diciembre de 2011 y el 14 de abril de 2017.

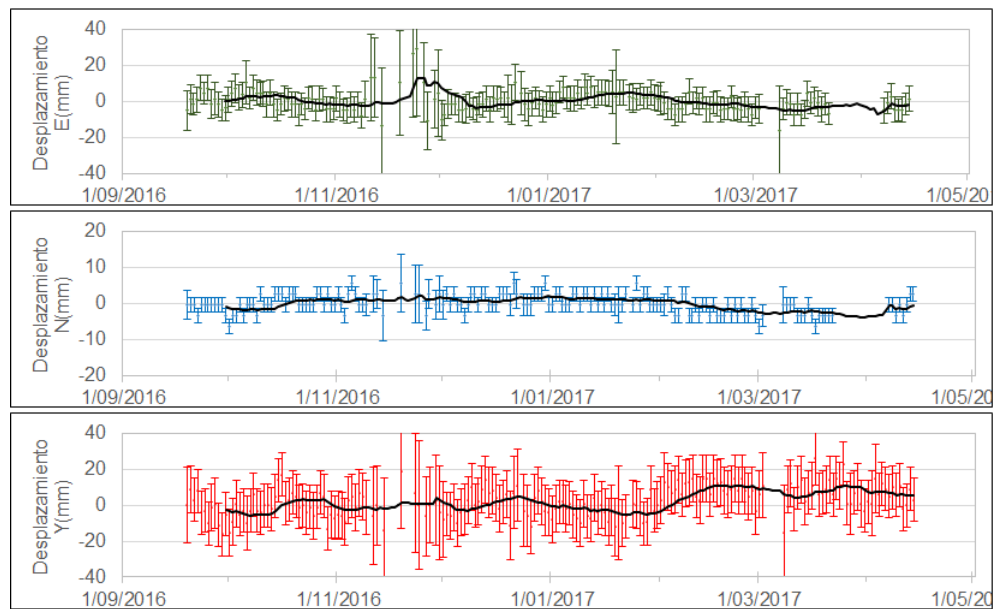


Figura 26. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cufiño instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 16 de septiembre de 2016 y el 14 de abril de 2017.

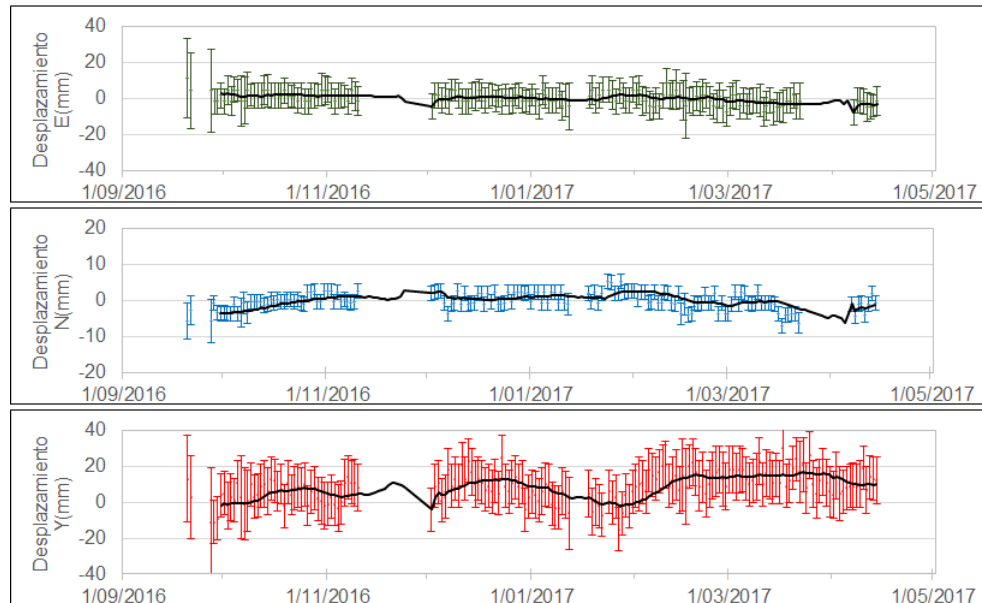


Figura 27. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Peladitos instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 16 de septiembre de 2016 y el 14 de abril de 2017.

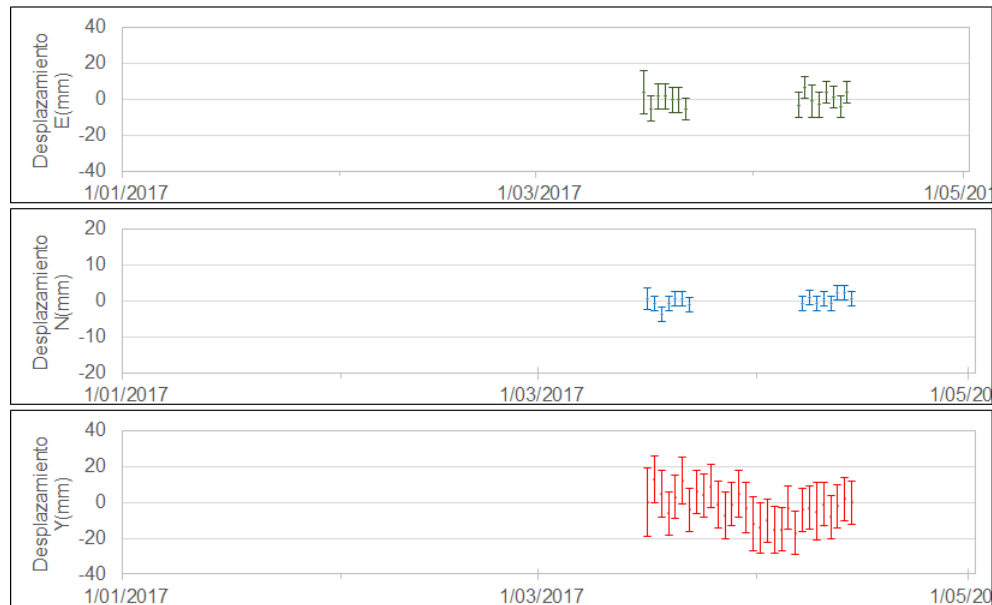


Figura 28. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Nariño instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 16 de marzo y el 14 de abril de 2017.

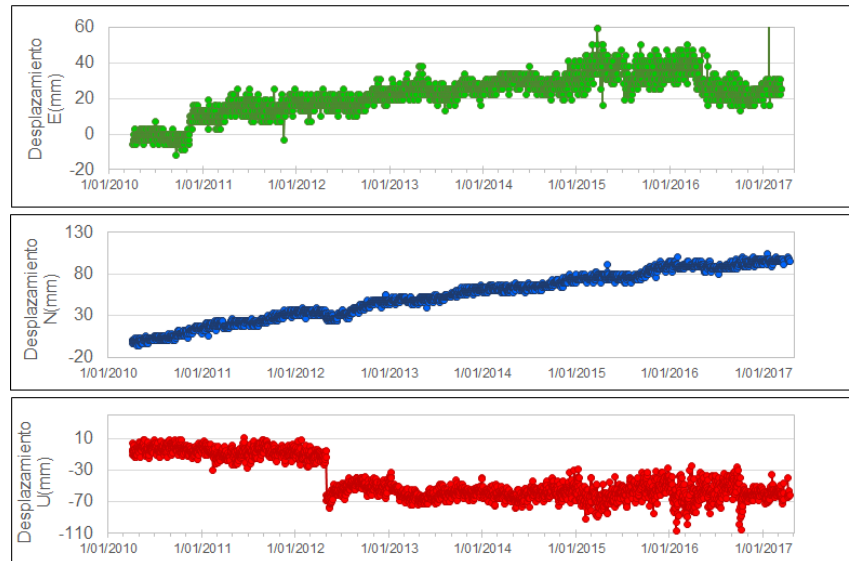


Figura 29. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Quill instalada en el aeropuerto Antonio Nariño, en el Municipio de Chachagui, Departamento de Nariño, para el periodo comprendido entre el 2 de marzo de 2010 y el 14 de abril de 2017

1.3.3. Medición Electrónica de Distancias - EDM

En el periodo evaluado se realizó la ocupación de dos bases de medición, obteniendo 4 medidas de distancia inclinada, los resultados se muestran en la Figura 30.

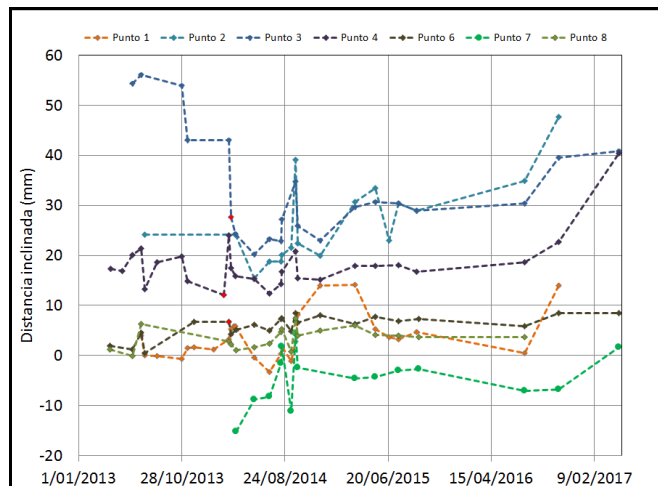


Figura 30. Medidas de distancia obtenidas al realizar la ocupación de las diferentes Bases de medición, medidas de control entre los puntos definidos como Bases y los prismas reflectores ubicados sobre la superficie del Volcán Galeras.

1.4 ELECTROMAGNETISMO

Durante el mes de abril, debido a las fuertes condiciones de lluvia en la zona de influencia del volcán Galeras, las estaciones de monitoreo de campos electromagnéticos se vieron afectadas eventualmente por las descargas eléctricas durante las tormentas, por lo cual no se contó con el registro de algunas estaciones durante parte del mes. El monitoreo de las variaciones de estos campos se realizó con los registros de la estación Barranco hasta el 22 de abril, fechas desde la cual estación dejó de funcionar; y con la estación de Frailejón, del 12 de abril en adelante. En campos magnéticos se tuvo el registro de Barranco entre el 11 y el 22 de abril, Frailejón del 12 de abril en adelante y Cráter, con registro durante todo el mes.

Los sensores de monitoreo eléctrico muestran, adicionalmente a los efectos de variaciones día-noche, que son más evidentes en la estación de Frailejón, influencia por los efectos de los procesos hídricos, debido a las fuertes lluvias de abril, en la zona de registro (Figura 31, Figura 32). Las variaciones de la componente horizontal del campo eléctrico, para la estación de Frailejón, fue de alrededor de 22 mV, en tanto que para la estación de Barranco fue de 70 mV, que evidencia una mayor afectación por los procesos hídricos de la zona.

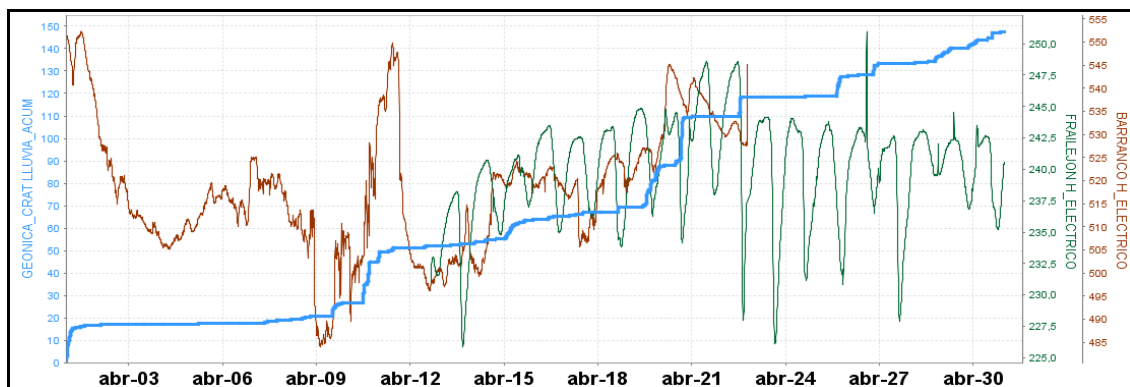


Figura 31. Variaciones de la resultante horizontal de las componentes eléctricas, en la zona del volcán Galeras, con los registros en las estaciones Frailejón (verde) y Barranco (rojo), y comparadas con el comportamiento de las lluvias (Pluviómetro, en la cima de en la cima del volcán, en azul), para el periodo de abril de 2017.

Los pluviómetros, tanto de la parte alta del volcán (Estación Geónica en Cráter), como de la parte media y baja del volcán (Mijitayo, alto y bajo), muestran acumulados de lluvia de hasta 150 mm, durante el mes de abril, para el sensor en la cima del volcán y

valores ligeramente más bajos, de 120 y 130 mm de lluvia acumulada para el mes, en los sensores de la parte media y baja de la montaña (Figura 32).

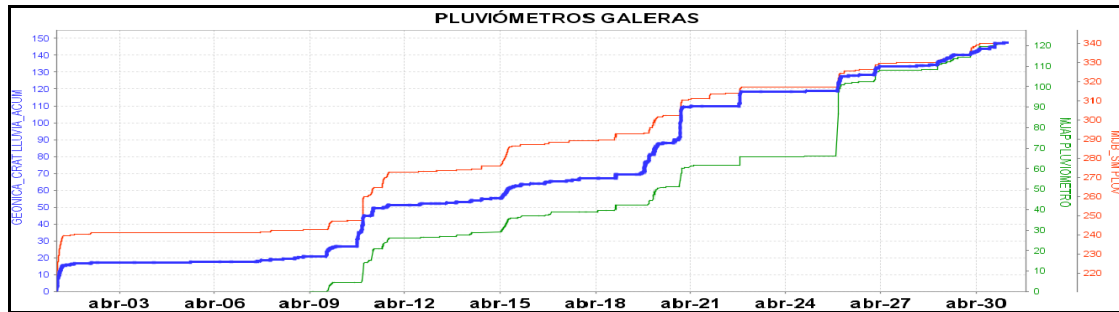


Figura 32. Valores acumulados de lluvia, en los sensores de Geónica-Cráter (azul), ubicado en la cima del volcán, Mijitayo Alto (MJAP-verde), ubicado a nivel de media montaña y Mijitayo Bajo (MIJB-naranja), ubicado en la parte baja del volcán, mostrando que los regímenes de lluvia de la zona, durante el mes de abril de 2017, tuvieron variaciones considerables.

Las variaciones del Campo Magnético Terrestre Total (F), registrado por las estaciones de Frailejón, Barranco y Cráter, ubicados en la zona de influencia del volcán Galeras; en comparación con el registro de la estación de Kourou, perteneciente a la red de monitoreo magnético global, del Instituto Central de Magnetismo Terrestre, ubicado en Francia, (La estación se ubica en Guayana Francesa), permiten identificar de manera predominante las variaciones periódicas, originadas por la influencia de campos externos, donde se identifican periodos del campo geomagnético de 12 horas, 1 día y 27 días, relacionadas con la rotación de la Tierra y la influencia del Sol y la Luna (Figura 33), con oscilaciones bien definidas en los registros. Se identifican también variaciones asociadas con tormentas magnéticas, que son perturbaciones intempestivas del campo, que pueden durar horas o días y modifican el campo en cientos de nano Teslas (nT) y que alteran las ondulaciones cíclicas de los periodos recurrentes. En el mes de abril de 2017, se identifican varias tormentas menores, resaltándose las correspondientes al periodo entre el 18 al 23 de abril de 2017 (Figura 33).

El valor medio del Campo Magnético Terrestre, para la estación de Frailejón fue de alrededor de 28.500 nT, con una variación de alrededor de 140 nT, el valor medio para la estación de Barranco fue de 28.390 nT, con una variación de alrededor de 105 nT, el valor medio para la estación de Cráter fue de alrededor de 33.340 nT, con una variación de 115 nT. En comparación con las estaciones de Galeras, la estación de Kourou muestra un valor medio de alrededor de 28.820 nT, con una variación de alrededor de 110 nT (Figura 33).

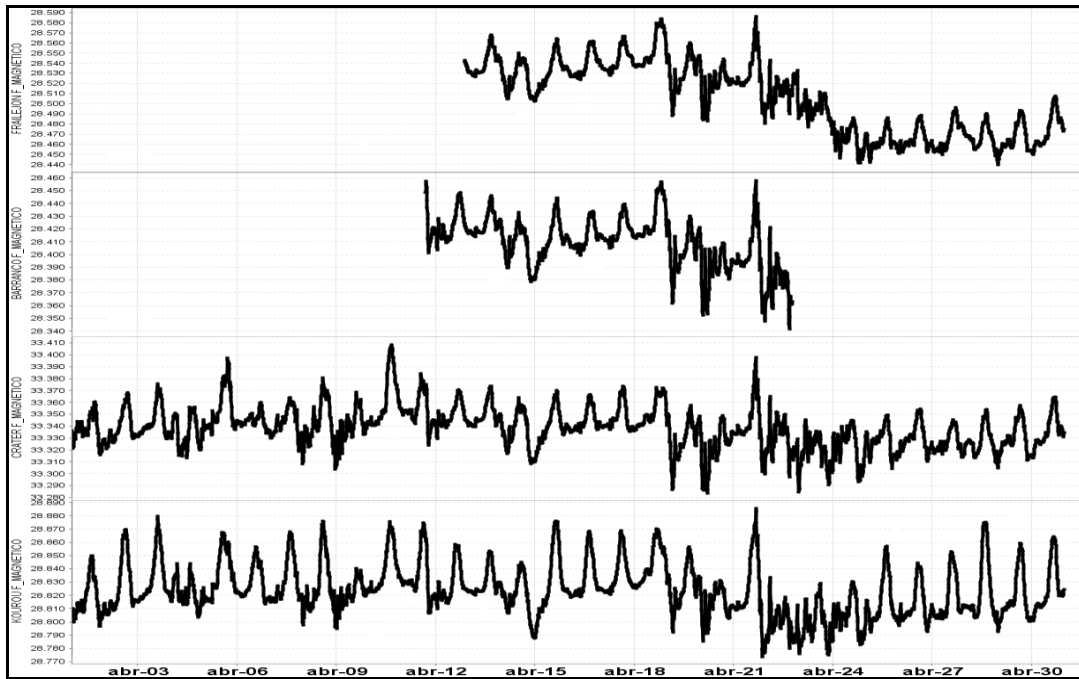


Figura 33. Variaciones del Campo Magnético Terrestre Total (F), registrado en las estaciones de Frailejón (primera grafica), Barranco (segunda gráfica), Cráter (tercera gráfica) y Kourou (última gráfica), para el mes de abril de 2017, donde se resalta la correspondencia en la ocurrencia de las tormentas magnéticas. La escala de medición para las series de tiempo está dada en nano Teslas (nT).

1.5 GEOQUÍMICA

1.5.1 Muestreo de gases de origen volcánico en volcán galeras

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

En volcán Galeras se encuentran ubicadas tres estaciones telemétricas de SCANDOAS (Figura 34, tabla 9): Alto Jiménez, Alto Tinajillas y Santa Bárbara para la medición del flujo de dióxido de azufre (SO₂) emitido a la atmósfera, el SO₂ proviene de la desgasificación del magma, propio del sistema volcánico de Galeras.

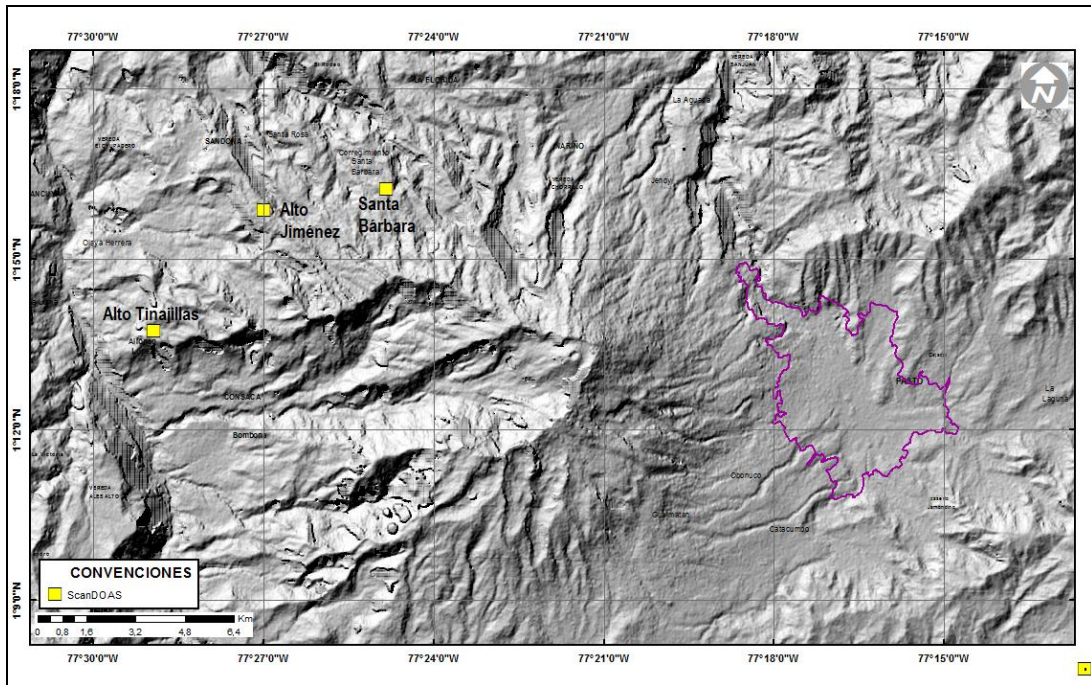


Figura 34. Mapa de localización de las estaciones telemétricas SCANDOAS del proyecto NOVAC para el monitoreo de emisiones de Dióxido de Azufre (SO₂).

El SCANDOAS es un sistema de espectroscopia de absorción UV que funciona mediante absorción óptica diferencial, diseñado para medir la emisión de gas SO₂, convirtiendo la luz ultravioleta detectada en señales digitales, éstas señales son el espectro para la evaluación del gas. (Instructivo del APLICATIVO ISOLUCIÓN: IN-AME-OVS-020).

Tabla 9. Ubicación geográfica estaciones SCANDOAS en Volcán Galeras.

Nombre Estación	Tipo	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
Alto Jiménez	Telemétrica	1° 15' 52.1"	77° 27' 00.0"	2402
Alto Tinajillas	Telemétrica	1° 13' 44.8"	77° 28' 56.0"	1952
Santa Bárbara	Telemétrica	1° 16' 14"	77° 24' 50"	2608

Se registran escaneos durante todos los días del mes de abril de 2017, para las estaciones Alto Jiménez y Alto Tinajillas, de la estación Santa Bárbara aún no se tiene registro de escaneos; los valores para emisión de SO₂ a la atmósfera se encuentran entre las 219 y 635 Ton/día, valores considerados como bajos y moderados para el volcán Galeras respectivamente (Figura 35 y 36, Tabla 10).

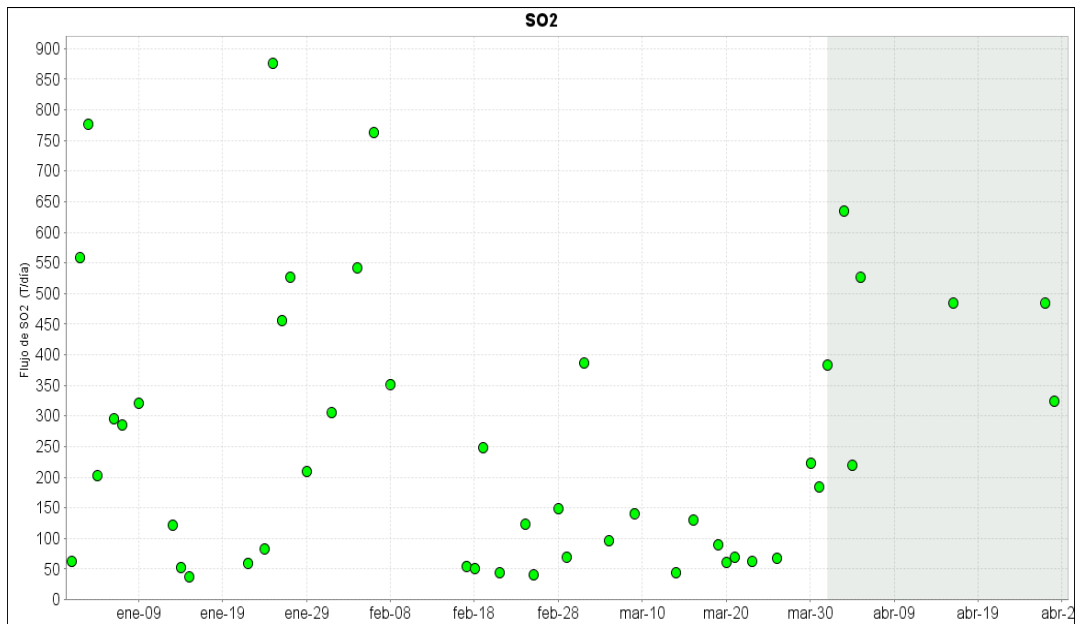


Figura 35. Flujo de dióxido de azufre (SO₂) Volcán Galeras – abril de 2017.

Para este periodo (área sombreada en la Figura 35) se sigue evidenciando proceso de desgasificación en Galeras, con un comportamiento similar de flujo de SO₂ en comparación con meses anteriores, tal y como se observa en la gráfica (Figura 36), también fue posible observar actividad superficial en Galeras desde las cámaras web instaladas en cercanías al volcán. Se presentaron valores variables de velocidad del viento durante el periodo evaluado, alcanzando un máximo de 12.2 m/s.

La dirección del viento durante el mes de abril, presentó un azimut aproximado de 300°, relacionada con tendencia a la dirección noroeste. El mayor flujo de SO₂ registrado para el volcán Galeras durante el mes, se presenta el día 3 de abril de 2017 con un valor de 635 Ton/día, considerado valor bajo para el volcán Galeras.

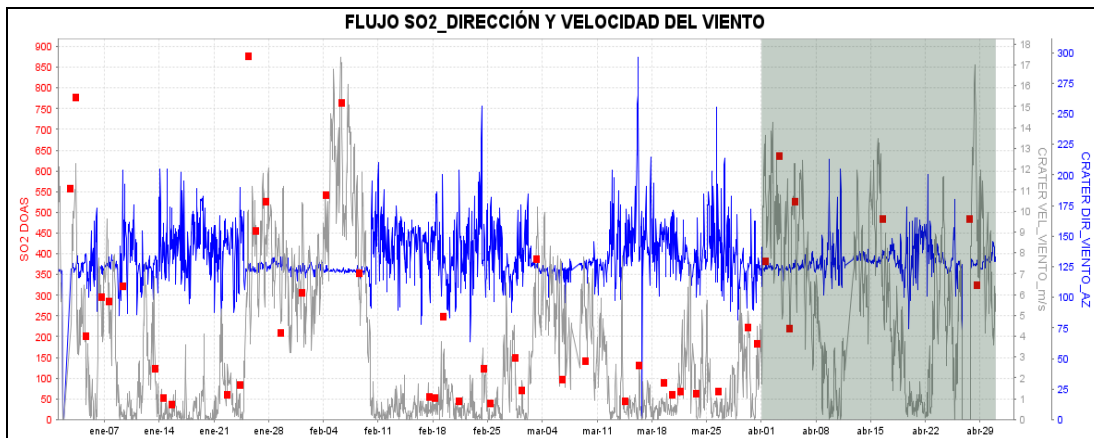


Figura 36. Flujo de dióxido de azufre (SO₂), velocidad y dirección del viento – abril de 2017.

Tabla 10. Emisión dióxido de azufre a la atmósfera volcán Galeras – mes de abril 2017.

FECHA	HORA LOCAL	DIRECCION AZIMUT	VELOCIDAD [m/s]	Máximo flujo SO ₂ diario	Estación de registro	Instrumento
01-abr-17	01:26 PM	331.2	12.2	383	Alto Jimenez	SCANDOAS
03-abr-17	07:30 AM	350.1	8.7	635	Alto Tinajillas	SCANDOAS
04-abr-17	03:13 PM	351.5	4.6	219	Alto Tinajillas	SCANDOAS
05-abr-17	07:04 AM	306.8	12.2	526	Alto Tinajillas	SCANDOAS
16-abr-17	02:25 PM	317.2	5.7	484	Alto Tinajillas	SCANDOAS
27-abr-17	02:36 PM	316	6.7	484	Alto Tinajillas	SCANDOAS
28-abr-17	03:39 PM	317	4.7	324	Alto Tinajillas	SCANDOAS

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

1.6 Actividad superficial

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

Condiciones favorables de clima permitieron observar emisiones de gases excepto los días 16, 28 y 30 de abril debido a la nubosidad presente en la cima volcánica. Los principales focos de emisión se ubican en el cráter principal, campos fumarólicos de El Paisita y el cráter secundario de Las Chavas al occidente del cono volcánico. En las Figuras 37 a 43 se presentan algunas imágenes asociadas a procesos de emisión de gases de Galeras.



Figura 37. Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 4 de abril de 2017 a la 1:32 p.m., capturada por la cámara Bruma.



Figura 38. Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 10 de abril de 2017 a las 6:23 p.m., capturada por la cámara Bruma.



Figura 39. Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 11 de abril de 2017, capturadas por la cámara Barranco (izquierda) y Bruma (derecha).



Figura 40. Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 12 de abril de 2017, capturadas por la cámara Barranco (izquierda) y Bruma (derecha).



Figura 41. Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 17 y 21 de abril de 2017 en horas de tarde, capturada por la cámara Bruma.



Figura 42. Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 24 de abril de 2017, capturada por la cámara Barranco.



Figura 43. Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde la cámara web ubicada en la repetidora Bruma el 27 de abril de 2017 a las 3:20 p.m.

1.7 CONCLUSIONES

Continúa observándose cambios en el comportamiento de la actividad del volcán, reflejados en las fluctuaciones de la actividad sísmica, siendo la sismicidad dominante aquella asociada a fracturamiento de material cortical, seguida por eventos asociados a fracturamiento de material cortical con el consiguiente movimiento de fluidos.

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

Informe mensual de actividad de los volcanes Galeras, Chiles – Cerro Negro, Cumbal, Las Ánimas, Doña Juana y Azufral - abril 2017

2 ACTIVIDAD DEL VOLCÁN CUMBAL – ABRIL DE 2017

2.1 RED DE VIGILANCIA

En abril de 2017 la red de vigilancia del complejo volcánico de Cumbal estuvo conformada por:

- Cuatro estaciones sísmicas telemétricas: Dos de banda ancha y dos de corto periodo, todas ellas triaxiales (Figura 44, Tabla 11).
- Un sensor de presión acústico ubicado en el sitio de la estación sismológica La Mesa (Figura 44).
- Dos cámaras de video permanente para observación y seguimiento de la actividad superficial, una instalada en el municipio de Cumbal y otra en el sitio de la estación Punta Vieja (Figura 44).
- Cuatro inclinómetros electrónicos, dispuestos para el seguimiento de los cambios en superficie asociados a la deformación volcánica (Figura 45, Tabla 11)

Para este periodo la estaciones sísmicas, de inclinometría, presión acústica tuvieron en promedio un porcentaje de funcionamiento del 76 % (Figura 46).

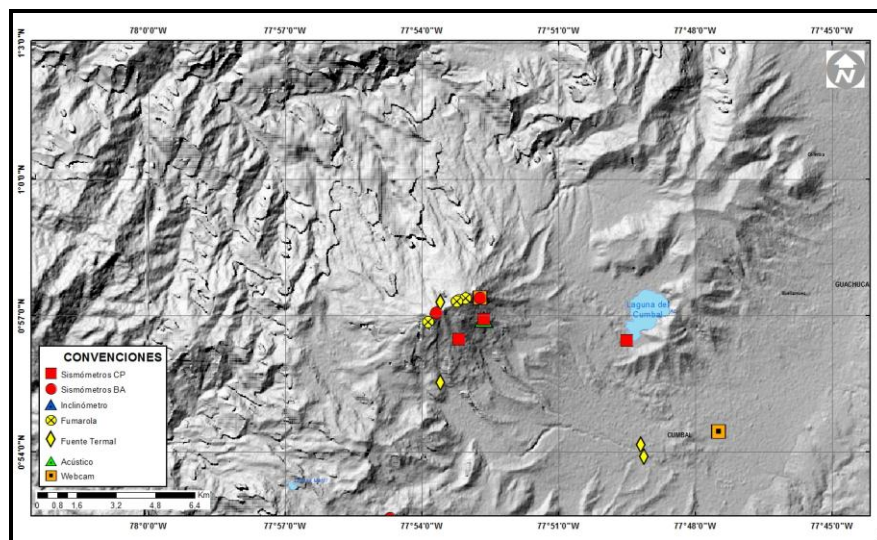


Figura 44. Mapa de localización de las estaciones telemétricas y no telemétricas que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico de Cumbal durante el mes de abril de 2017.

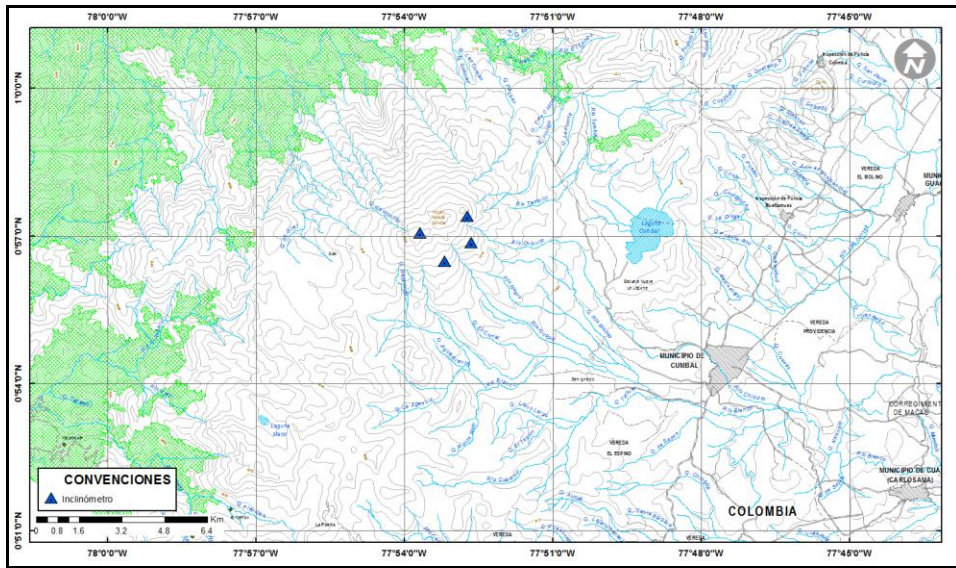


Figura 45. Mapa de localización de las estaciones de deformación volcánica, inclinómetros electrónicos que conformaron la red de vigilancia del Complejo Volcánico de Cumbal durante el mes de abril de 2017.

Tabla 11. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del complejo volcánico de Cumbal en abril de 2017.

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

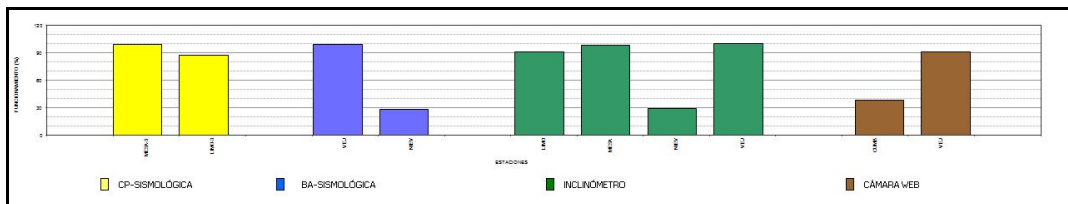


Figura 46. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico de Cumbal en abril de 2017.

2.2 SISMOLOGÍA

En comparación con el mes de marzo, la sismicidad en el complejo volcánico de Cumbal (CVC) incrementó en un poco más de 3 veces su número pasando de 776 a 2505 eventos en abril de 2017. La sismicidad dominante fue la asociada con movimiento de fluidos de fuente transitoria al interior del volcán (LPS) con 1465 eventos que representan el 58,6% del total (de este porcentaje un 0,2% corresponden al registro de eventos tipo TOR), seguida por los eventos asociados con tránsito de fluidos de fuente permanente o episodios de tremor (TRE) con el 24,2% del total de eventos. Los sismos tipo HYB que involucran fractura de roca con el subsiguiente tránsito de fluidos al interior del volcán, y aquellos asociados con fractura de roca al interior del volcán (VT) aportaron con el 12,8 y 4,4% respectivamente (Tabla 12, Figura 47 y 48).

Tabla 12. Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el CVC entre el 1 de enero y el 30 de abril de 2017, resaltando en verde el mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					TOTAL
	VT	LPS	TRE	HYB	TOR	
01-ene-17 a 31-ene-17	94	95	3	125	9	326
01-feb-17 a 28-feb-17	71	118	11	133	13	346
01-mar-17 a 31-mar-17	119	291	64	286	16	776
01-abr-17 a 30-abr-17	109	1465	607	320	4	2505

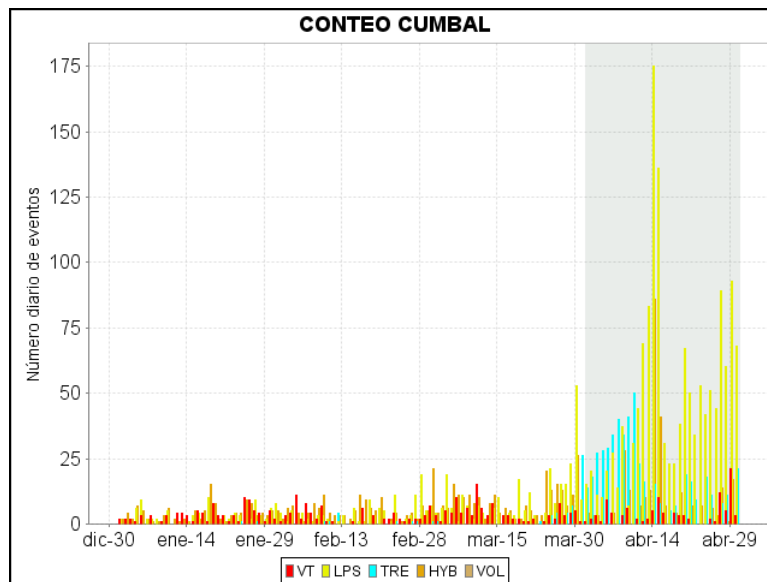


Figura 47. Ocurrencia diaria de sismos por tipo de evento en el CVC, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 30 de abril de 2017. El recuadro gris resalta el periodo evaluado en este informe.

Informe mensual de actividad de los volcanes Galeras, Chiles – Cerro Negro, Cumbal, Las Ánimas, Doña Juana y Azufral - abril 2017

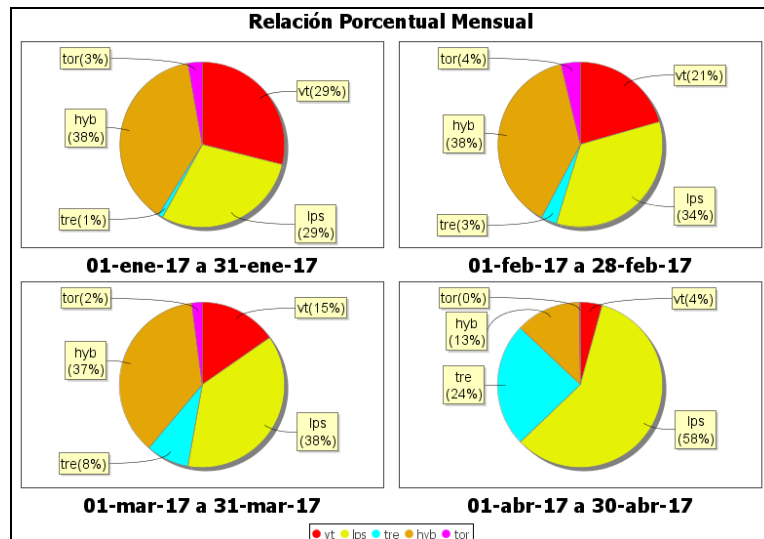


Figura 48. Relación porcentual de ocurrencia sísmica mensual por tipo de evento en el volcán Cumbal entre enero y abril de 2017. En la Figura el valor de los porcentajes se aproxima a valores enteros.

Se destaca el registro de 4 sismos de tipo tornillo TOR, que se caracterizan por el decaimiento lento de su coda y espectros en frecuencia con uno o varios picos dominantes. A manera de ejemplo, la Figura 49 muestra el registro de un evento asociados con movimiento de fluidos tipo TOR registrado el 27 de abril de 2017 a la 1:30 a.m. hora local, con frecuencia dominante de 3,2 Hz. Las señales sísmicas y los componentes espectrales de los eventos tipo TOR del CVC indican que están asociados con movimiento de fluidos, en donde los conductos volcánicos que los contienen se comportan como cavidades resonantes y están relacionados principalmente con el sistema hidrotermal del CVC. Se resalta que a diferencia del volcán Galeras, los eventos TOR del CVC no muestran en sus parámetros evaluados una correlación con procesos de presurización del sistema.

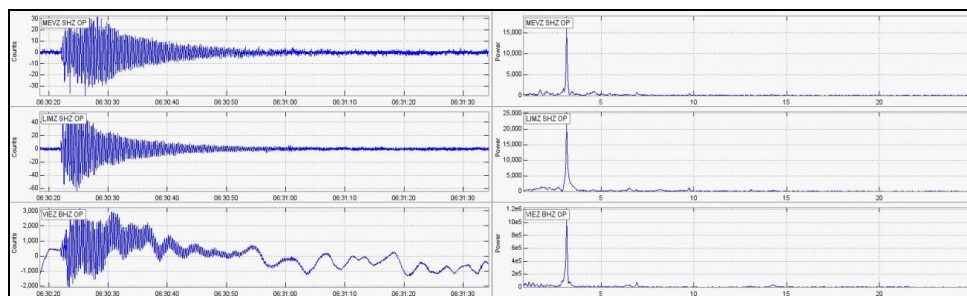


Figura 49. Sismogramas y espectros en frecuencia del evento TOR, registrado el 27 de abril de 2017 a las 1:30 a.m., el evento tuvo una duración de 73 segundos en la estación sísmica La Mesa.

Fue posible localizar 57 sismos, la gran mayoría ubicados en inmediaciones de los dos conos activos del complejo volcánico de Cumbal, el cráter La Plazuela al nororiente y el cráter de Mundo Nuevo al suroccidente, a distancias menores a 1,5 km con respecto a La Plazuela, magnitud local máxima de 1,0 en la escala de Richter y profundidades menores de 4 km con respecto a su cima (4700 m). Unos pocos sismos se ubicaron dispersos a distancias entre 2.0 y 4,5 km del cráter la Plazuela, con magnitud local máxima de 0,9 en la escala de Richter y profundidades entre 4 y 9,5 km con respecto a su cima (4700 m) (Figura 50). La energía de los sismos localizados en marzo de 2017 alcanzó un valor de 2.85×10^{15} ergios.

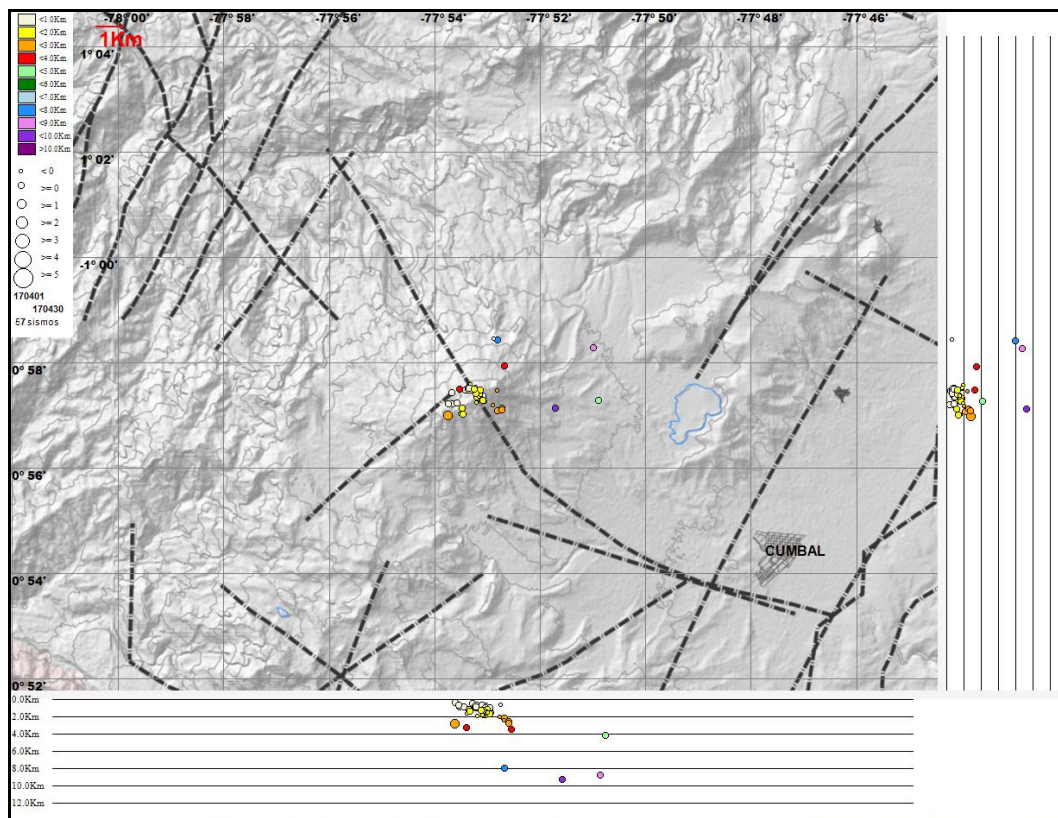


Figura 50. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 30 de abril de 2017. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2,0 Km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4760 msnm).

2.3 DEFORMACIÓN

Las componentes de inclinación de las estaciones La Mesa, Limones, Punta Vieja y La Nieve, muestran tendencias estables, con variaciones en los registros que probablemente están asociadas con la temperatura imperante en la zona. Resaltando que desde el 10 de abril de 2017 se dejó de recibir datos del inclinómetro electrónico La Nieve (Figuras 51, 52, 53 y 54).

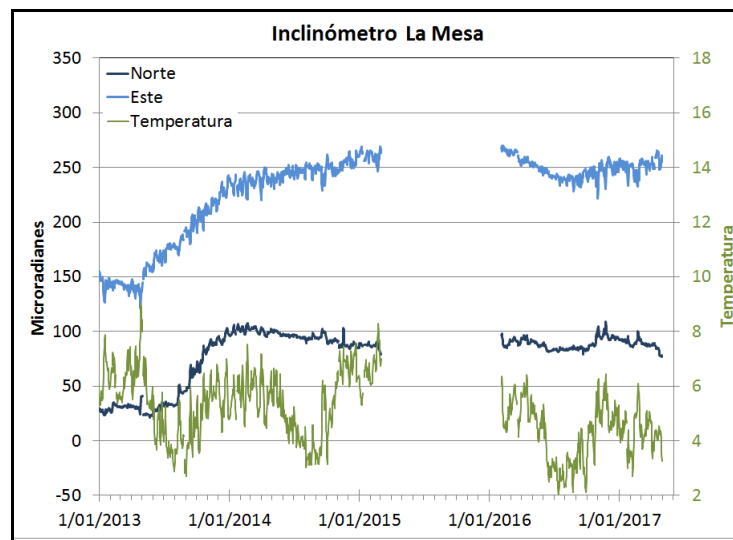


Figura 51. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico La Mesa, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 30 de abril de 2017.

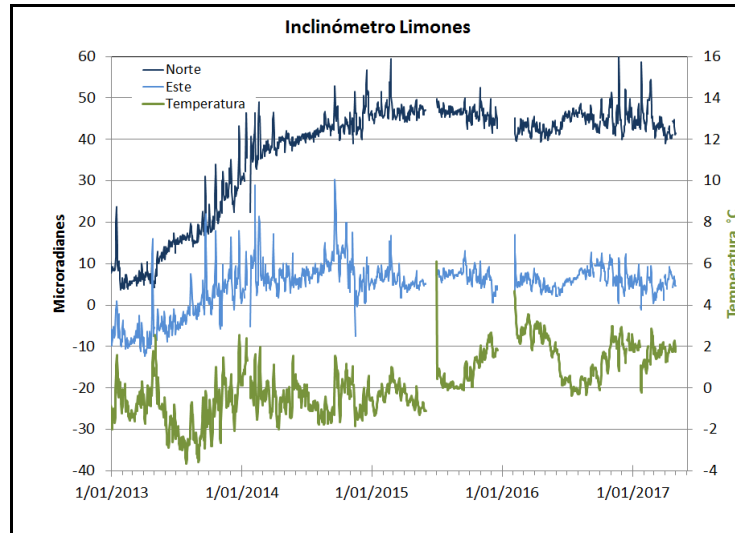


Figura 52. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Limones, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 30 de abril de 2017.

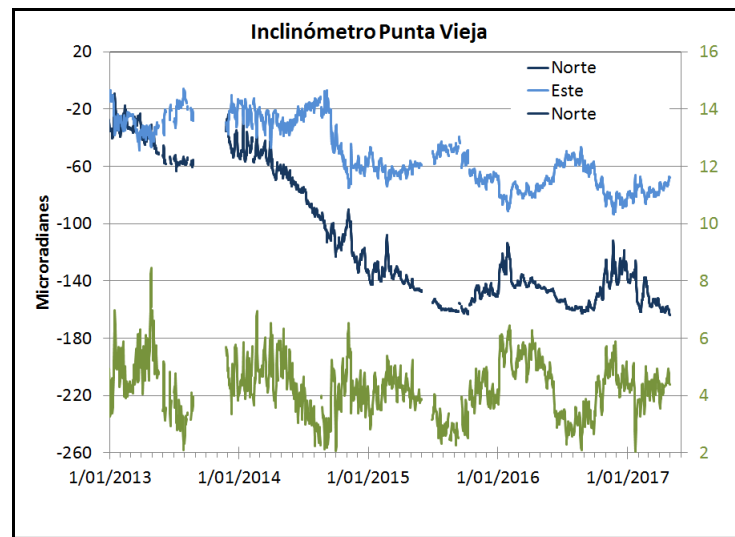


Figura 53. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Punta Vieja, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 30 de abril de 2017.

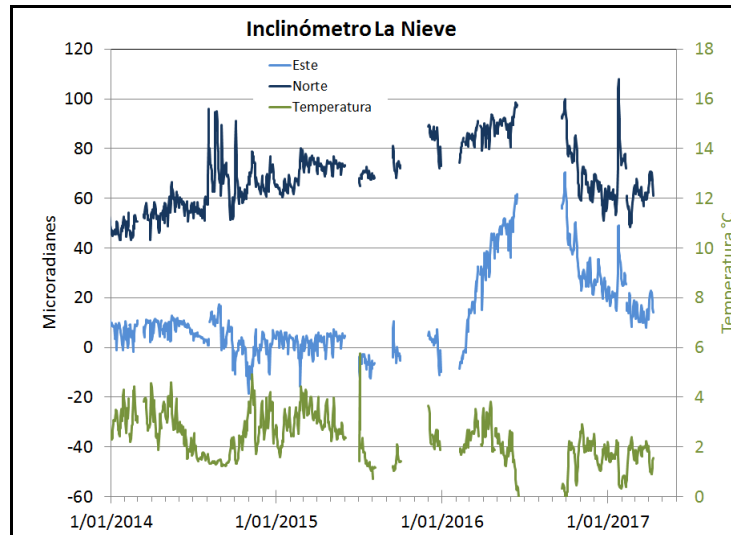


Figura 54. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico La Nieve, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 10 de abril de 2017.

2.4 GEOQUÍMICA

En el mes de marzo no se realizaron muestreos en fuentes termales ni en gases en el volcán Cumbal.

2.5 ACTIVIDAD SUPERFICIAL

Condiciones de clima favorables durante la mayor parte del mes de abril, permitieron a través de imágenes capturadas por las cámaras instaladas en el Municipio de Cumbal y el sector de Punta Vieja, observar emisiones de gases de color blanco de baja altura, provenientes principalmente desde los campos fumarólicos El Verde al sector noreste y Rastrojo en el sector suroccidente del complejo volcánico (Figuras 55 a 59).

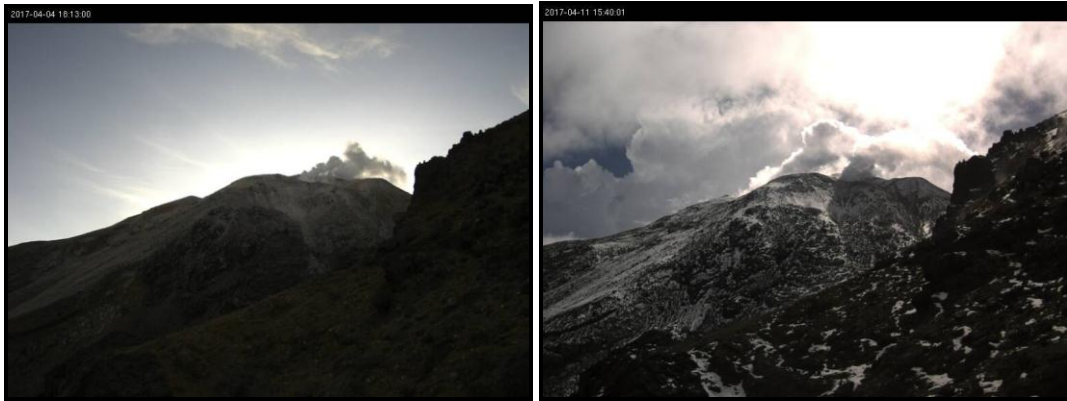


Figura 55. Imágenes de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal (sector El Verde), el 4 y 15 de abril de 2017 en horas de la tarde, capturadas desde la cámara ubicada en la estación Punta Vieja.



Figura 56. Imágenes de emisión de Gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal presentada el 12 de abril de 2017, capturadas desde el casco urbano de Cumbal (izquierda) y Punta Vieja (derecha).



Figura 57. Imágen de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal (sector El Verde), el 18 de abril de 2017, capturadas desde la cámara ubicada en la estación Punta Vieja.

Informe mensual de actividad de los volcanes Galeras, Chiles – Cerro Negro, Cumbal, Las Ánimas, Doña Juana y Azufral - abril 2017



Figura 58. Imagen de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal (sector El Verde), el 22 de abril de 2017, capturada desde la cámara ubicada en el casco urbano de Cumbal.



Figura 59. Imágenes de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal (sector El Verde), el 23 y 24 de abril de 2017, capturadas desde la cámara ubicada en la estación Punta Vieja.

2.6 CONCLUSIONES

- La actividad que viene mostrando el Complejo Volcánico de Cumbal se caracteriza por un incremento en los niveles de ocurrencia sísmica y registro de sismicidad asociada con actividad hidrotermal. Los sismos de fractura e híbridos localizados se ubicaron principalmente en inmediaciones de los dos cráteres Plazuelas y Mundo Nuevo, a profundidades menores de 4 km. Los sismos de tipo TOR no evidencian presurización dentro del sistema.
- La evaluación del proceso volcánico durante el mes de abril de 2017 permitió mantener para la actividad del volcán Cumbal, en **NIVEL AMARILLO** ■ (III): **“Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.

Informe mensual de actividad de los volcanes Galeras, Chiles – Cerro Negro, Cumbal, Las Ánimas, Doña Juana y Azufral - abril 2017

3. ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO ABRIL DE 2017

3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Los volcanes Chiles y Cerro Negro se ubican al suroeste del país, en el departamento de Nariño, en la frontera entre Colombia y Ecuador. Con una altura de 4748 msnm, Chiles se localiza a unos 15.5 Km al suroeste del Complejo Volcánico Cumbal y el volcán Cerro Negro, con una altura de 4470 msnm se localiza a 16.5 km al suroeste del complejo volcánico Cumbal (Figura 60).

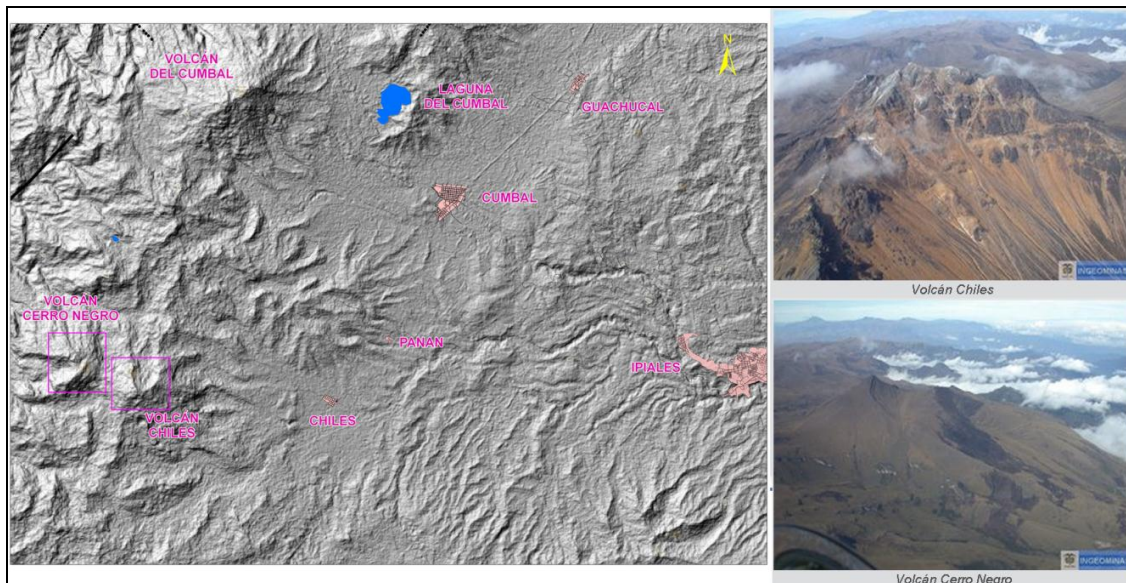


Figura 60. Localización de los volcanes Chiles y Cerro Negro (izquierda) e imágenes de los mismos (derecha).

3.2 RED DE VIGILANCIA

La red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro está conformada por seis estaciones sísmicas de banda ancha y 2 inclinómetros electrónicos estaciones dispuestas para el seguimiento de los cambios de superficie, un sensor de infrasonido, una cámara WEB y una estación permanente de temperatura en fuente termal. Las estaciones se ubican así: una estación en la cima volcánica en el costado occidental de Chiles (sismómetro e inclinómetro), otra en el sector nororiente denominada Canguil (sismómetro, Cámara web y sensor de infrasonido), otra al noroccidente en el volcán Cerro Negro (sismómetro e inclinómetro), la estación Panán, a 7,4 km al nororiente del volcán Chiles, la estación Laguna ubicada al nor-nororiente del volcán Chiles y la Informe mensual de actividad de los volcanes Galeras, Chiles – Cerro Negro, Cumbal, Las Ánimas, Doña Juana y Azufral - abril 2017

estación Termal (Sismómetro y Termocupla en fuente termal), ubicada en el sector de Baño Grande. Además se cuenta con una red de muestreo de aguas en fuentes termales y fuentes frías (Figura 61, Tablas 13 y 14).

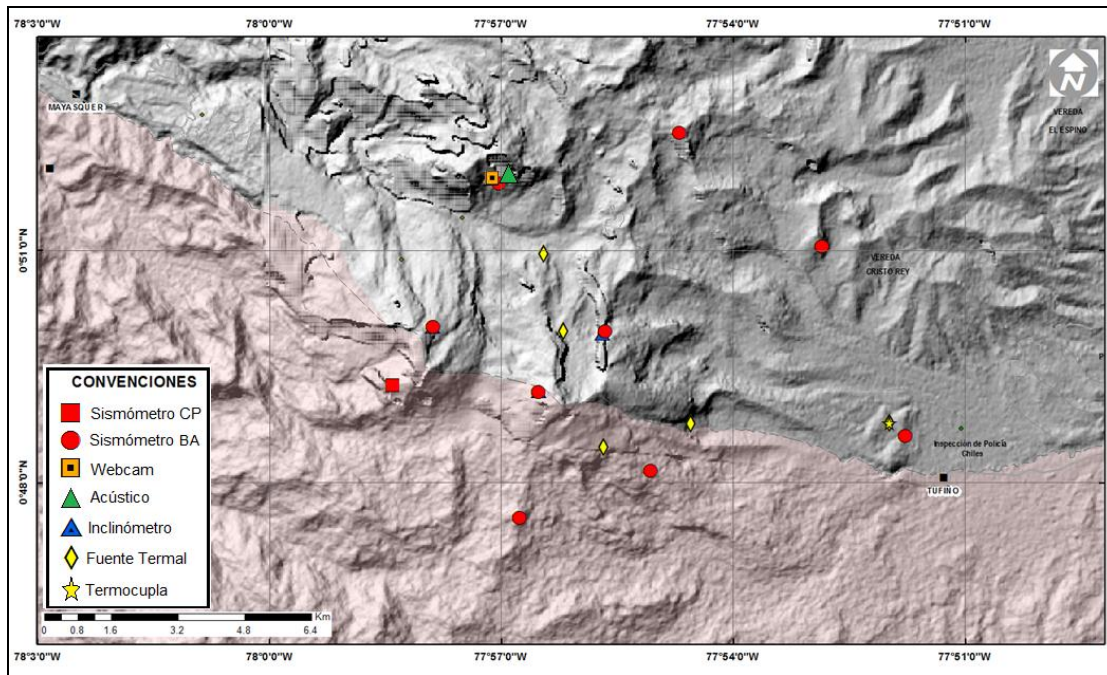


Figura 61. Estaciones telemétrica y no telemétricas que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro en el mes de abril de 2017.






Tabla 13. Estaciones que conforman la red de vigilancia de la actividad de los volcanes Chiles y Cerro Negro.

Estación	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia Respecto a Chiles (Km)	Dirección respecto al centro del volcán	Altitud (msnm)
Chiles	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	1	WNW	4478
I. Chiles	Digital	Inclínómetro Electrónico	Biaxial	1	WNW	4478
Cerro Negro	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	4	WNW	4216
I. Cerro Negro	Digital	Inclínómetro Electrónico	Biaxial	4	WNW	4216
Canguil	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	5,5	NNW	3788
Lagunas	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	7,1	NNE	4003
Panan	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	7,4	NE	3750
Termal	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	9,3	E	3329

Servicio Geológico Colombiano

En el periodo evaluado, las estaciones de la red instalada para el monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro tuvo un funcionamiento promedio del 92 % (Figura 62).

Tabla 14. Ubicación geográfica (WGS84) de las fuentes termales y frías del área de influencia del volcán Chiles.

FUENTE TERMAL	IMAGEN	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (msnm)
(A) BAÑO GRANDE		0.81282°	77.86624°	3318
(B) AGUAS HEDIONDAS		0.81256°	77.90923°	3613
(C) LAGUNAS VERDES		0.80758°	77.92791	3894
(D) RÍO BLANCO		0.84928°	77.94092°	3611
(E) EL HONDÓN		0.832535	-77.936713	3948

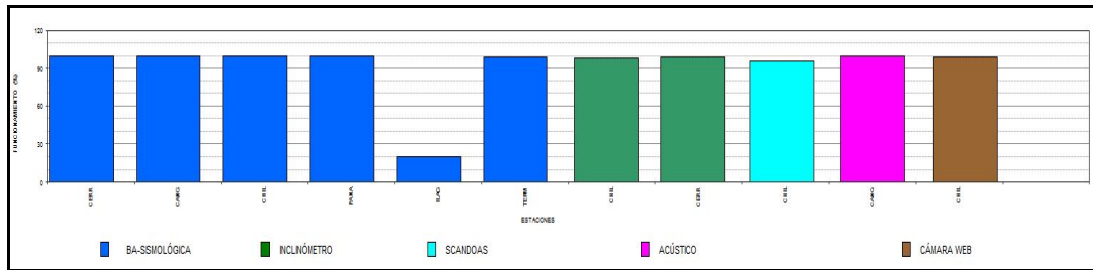


Figura 62. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro en abril de 2017.

3.3. SISMOLOGÍA

Respecto a la actividad del complejo volcánico Chiles – Cerro Negro, en el mes de abril de 2017 la ocurrencia sísmica aumentó en 2,9 veces en comparación a la sismicidad registrada en marzo, pasando de un total de 324 a 931 sismos. La sismicidad dominante fue la de tipo VT con un porcentaje del 97,9%, seguido por los eventos tipo LPS con un 2%, los sismos tipo HYB aportaron con el 0,1%. No se tuvo registro de eventos tipo TRE (Figura 63 Tabla 15).

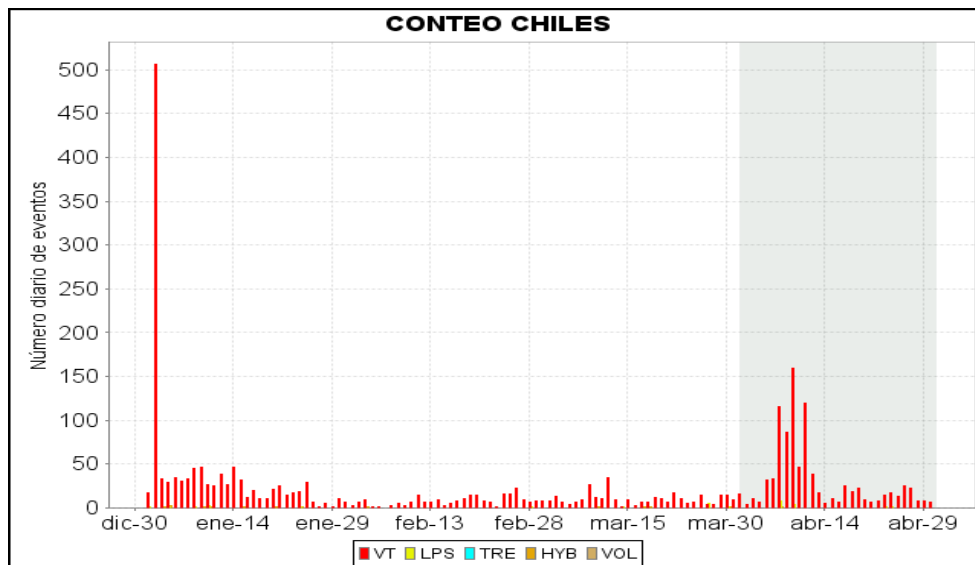


Figura 63. Número diario de sismos VT, ocurridos en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro entre los meses de enero y abril de 2017.

Tabla 15. Número de eventos volcánicos por tipo para el complejo volcánico Chiles – Cerro Negro ocurridos entre el 1 de enero y el 30 de abril de 2017.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo				
	VT	LPS	TRE	HYB	TOTAL
01-ene-17 a 31-ene-17	1176	12	0	9	1197
01-feb-17 a 28-feb-17	215	1	0	1	217
01-mar-17 a 31-mar-17	312	8	0	4	324
01-abr-17 a 30-abr-17	911	19	0	1	931

Del total de sismos VT, se localizaron 212 eventos, que se ubicaron epicentralmente hacia el occidente, sur y sur-oriente del volcán Chiles a distancias epicentrales menores a 14 km respecto al centro del volcán, y profundidades comprendidas entre los 2 y 20 km respecto a la cima volcánica (4.700 msnm). Los sismos localizados presentaron magnitudes menores a 2,6 en la escala de Richter, sin embargo la mayoría de eventos tuvo magnitudes por debajo de 1 en la escala de Richter (Figura 64).

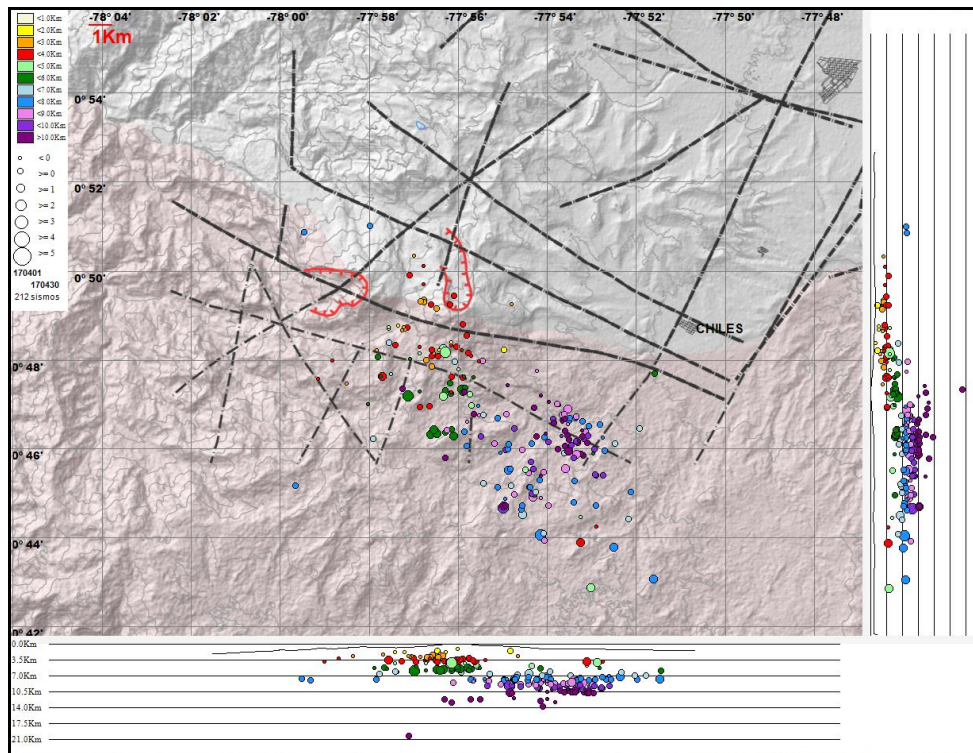


Figura 64. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo de Chiles y Cerro Negro, en el mes de abril de 2017, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 3,5 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.

Teniendo en cuenta la magnitud local presentada por los eventos localizados, se logró obtener un estimativo de la energía liberada en términos de su raíz cuadrada (Figura 65). En general la energía liberada por estos eventos aumentó en 30 veces en comparación al mes anterior, pasando de $3,03 \times 10^{13}$ ergios a $9,12 \times 10^{14}$ ergios (Tabla 16).

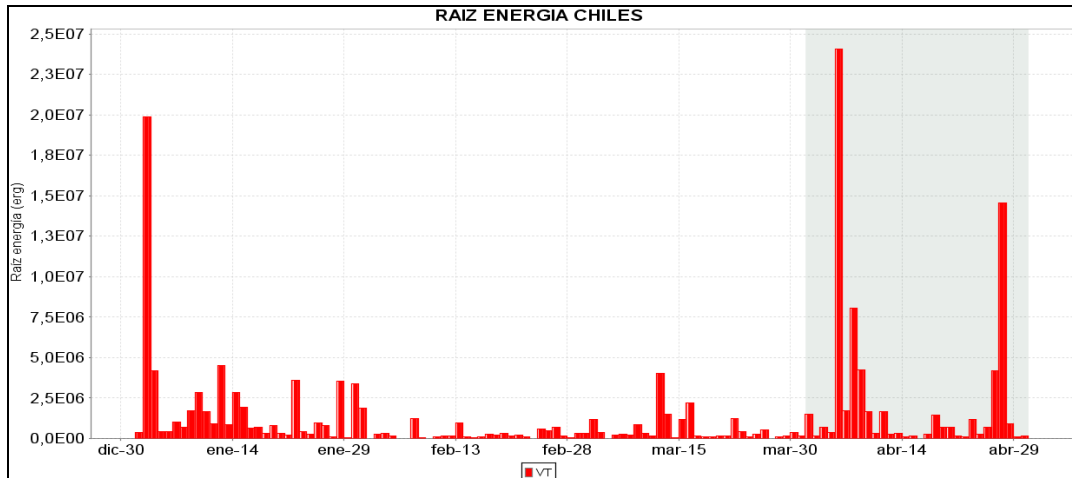


Figura 65. Raíz de la Energía diaria liberada expresada en Ergios, calculada con la ML de los eventos volcánicos tipo VT ocurridos en Chile – Cerro Negro entre el 1 de enero y el 30 de abril de 2017.

Tabla 16. Energía sísmica liberada evaluada a partir de ondas de cuerpo para los diferentes tipos de eventos volcánicos en los volcanes Chiles y Cerro Negro entre el 1 de enero y el 30 de abril de 2017, resaltando en color verde el mes evaluado.

Periodo Evaluado	Energía liberada por tipo de Evento [ergios]	
	VT	TOTAL
01-ene-17 a 31-ene-17	5.07E+14	5.07E+14
02-feb-17 a 28-feb-17	4.23E+12	4.23E+12
01-mar-17 a 31-mar-17	3.03E+13	3.03E+13
01-abr-17 a 30-abr-17	9.12E+14	9.12E+14

3.4. DEFORMACIÓN

Las componentes del inclinómetro Chiles para el último año mostraron estabilidad, con cambios asociados a la temperatura ambiente (Figura 66).

Los inclinómetros electrónicos instalados sobre la superficie del volcán Cerro Negro, muestran comportamientos similares a los reportados en el mes anterior; el Informe mensual de actividad de los volcanes Galeras, Chiles – Cerro Negro, Cumbal, Las Ánimas, Doña Juana y Azufral - abril 2017

inclinómetro Cneg2 paralelo al inclinómetro Cerro Negro (sensor ubicado a 6m del otro inclinómetro), continúa con la tendencia ascendente en la componente Este, comportamiento que inició en agosto de 2014, con una variación de 1350 μrad y la componente Norte con la tendencia descendente, acumulando para el mismo periodo de tiempo, cerca de 500 μrad (Figura 67). En el inclinómetro Cerro Negro continúan las tendencias descendentes, la Este desde el 23 de diciembre de 2016 registra 124 μrad y la componente Norte 115 μrad (Figura 68).

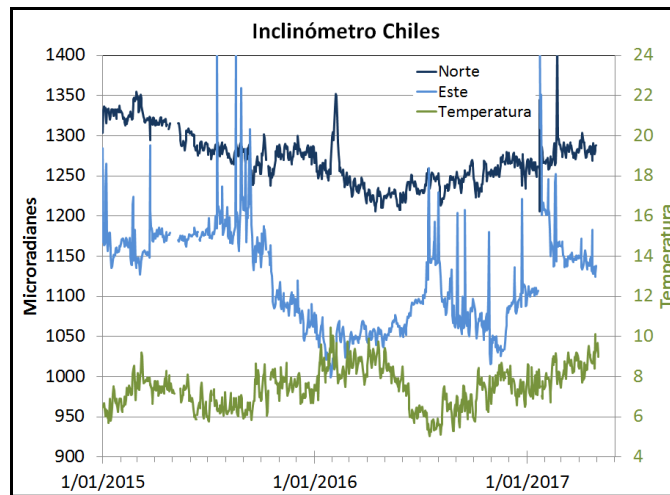


Figura 66. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Chiles, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 30 de abril de 2017.

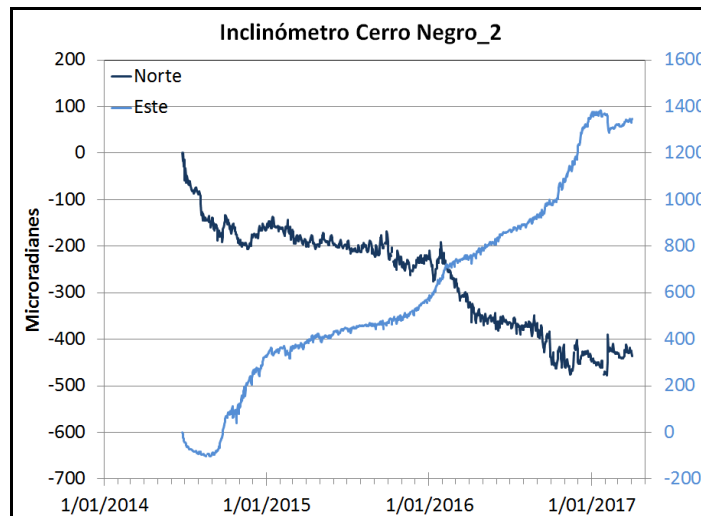


Figura 67. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Cerro Negro 2 (Cneg2), paralelo al inclinómetro Cerro Negro, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 25 junio de 2014 y el 9 de abril de 2017

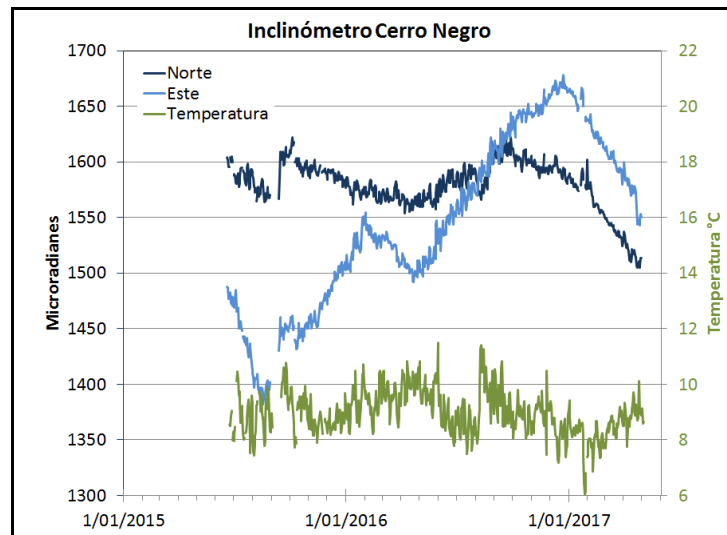


Figura 68. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Cerro Negro, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 30 de abril de 2017.


3.5 GEOQUÍMICA

3.5.1 Registro de Temperatura – Estación Térmica Telemétrica Baño Grande Volcán Chiles.

Los datos sobre la variación de temperatura en la FT Baño Grande del volcán Chiles, se obtienen a partir de una estación telemétrica ubicada en el sitio de la fuente termal donde se realizan muestreos periódicos de temperatura en agua de origen volcánico (Figura 69, Tabla 17).

En la figura 70 se registran variaciones que corresponden a valores medidos en el mes de abril de 2017 (área sombreada), la temperatura presentó un promedio de 36.3°C y un máximo de 42.8°C (Tabla 18). Se realizó la comparación del registro de datos desde su instalación con aquellos registrados a partir del mes de marzo hasta abril de 2017 y se encontró un importante descenso en los valores de temperatura, por esta razón Diego Gómez (coordinador del OVSP) colaboró realizando mediciones de temperatura en el manantial termal con una termocupla de referencia para corroborar el funcionamiento de la estación térmica, resultando que los valores medidos se encontraban realmente alrededor de los 40°C. Por lo anterior, se confirma que los cambios presentados no están relacionados con actividad volcánica o de intervención antrópica, sino por problema del sensor de temperatura. Más adelante se estarán realizando actividades de revisión, mantenimiento y operación de la estación en colaboración con el grupo de electrónica.

Tabla 17. Ubicación geográfica fuente termal Baño Grande en el área de influencia del volcán Chiles.

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

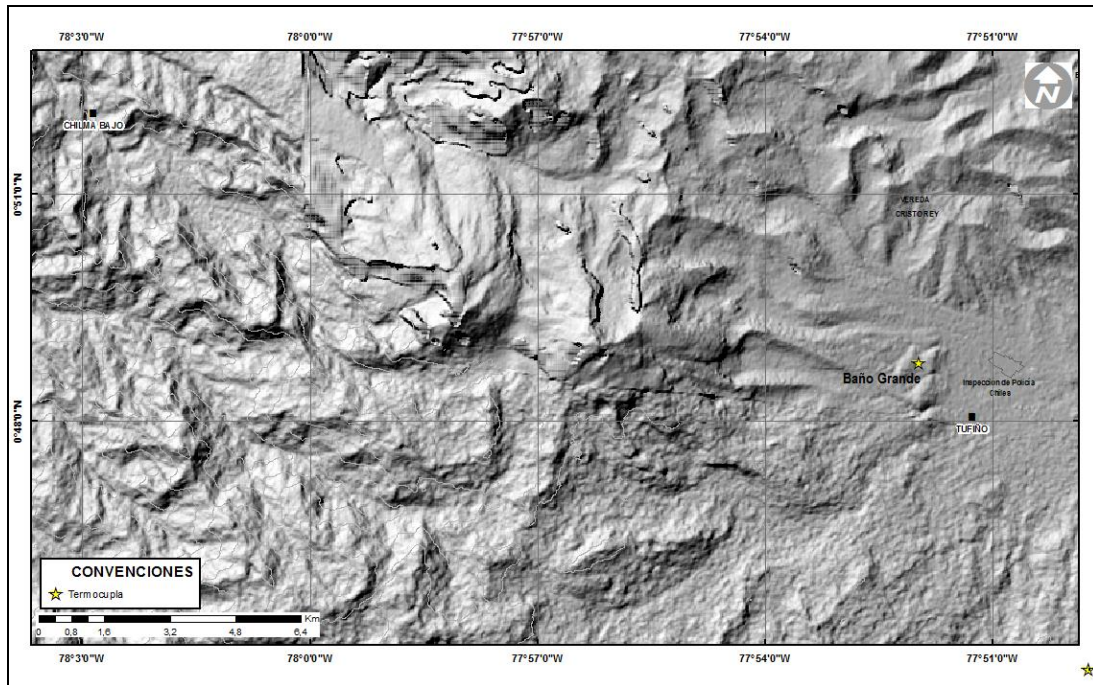


Figura 69. Mapa de localización de la estación térmica telemétrica Baño Grande perteneciente a la zona de influencia del Volcán Chiles.

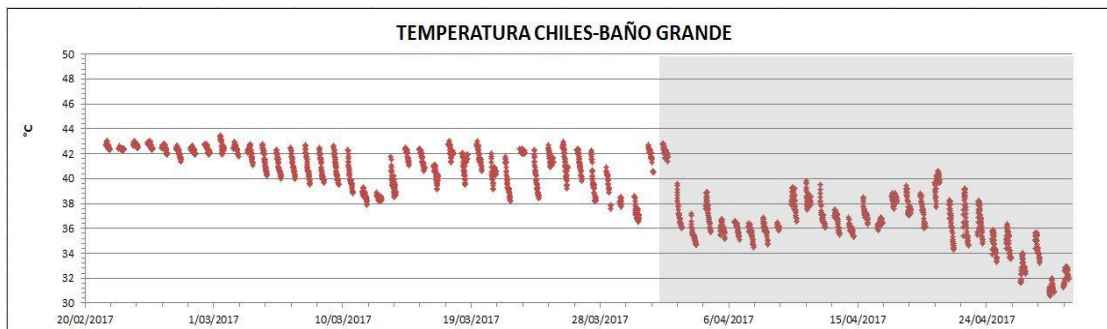


Figura 70. Temperatura estación Térmica Baño Grande-Volcán Chiles abril 2017.

Tabla 18. Valores de temperatura en FT Baño Grande en el área de influencia del volcán Chiles – abril 2017.

TEMPERATURA	[°C]
Promedio	36.3
Máximo	42.8
Mínimo	30.6

3.6 ACTIVIDAD SUPERFICIAL

Durante el mes de abril de 2017 no se tuvo reportes relacionados con actividad superficial del Complejo Volcánico Chiles – Cerro Negro.

3.7 CONCLUSIONES

Aunque hasta el momento no se han observado cambios en las manifestaciones de actividad superficial, la sismicidad muestra una posible intrusión de magma en profundidad, por lo cual el sistema volcánico está lejos de retornar a un estado de equilibrio y es posible que vuelvan a suceder sismos de niveles energéticos importantes que sean sentidos por pobladores de la zona de influencia volcánica. Por tanto, se recomienda a las autoridades y comunidades mantener precaución, permanecer atentos a la información y a las recomendaciones dadas por las entidades oficiales.

La evaluación del proceso volcánico durante el mes de abril 2017 permitió que la actividad en la región de los volcanes Chiles y Cerro Negro permaneciera en **NIVEL AMARILLO ■ (III): “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.

4 ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES LAS ÁNIMAS, DOÑA JUANA Y AZUFRAL – ABRIL DE 2017

Como parte de la misión institucional, el Servicio Geológico Colombiano a través del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto (OVSP), tiene como función el estudio de los volcanes activos de Nariño. Para el cumplimiento de esta tarea el OVSP continuó con el monitoreo permanente de los volcanes Las Ánimas, Doña Juana y Azufral (Figura 71).

Las estaciones instaladas hasta el momento cuentan con un sistema de telemetría de datos tipo análoga y de tipo digital con registro continuo y en tiempo real de la información proveniente de estos volcanes.

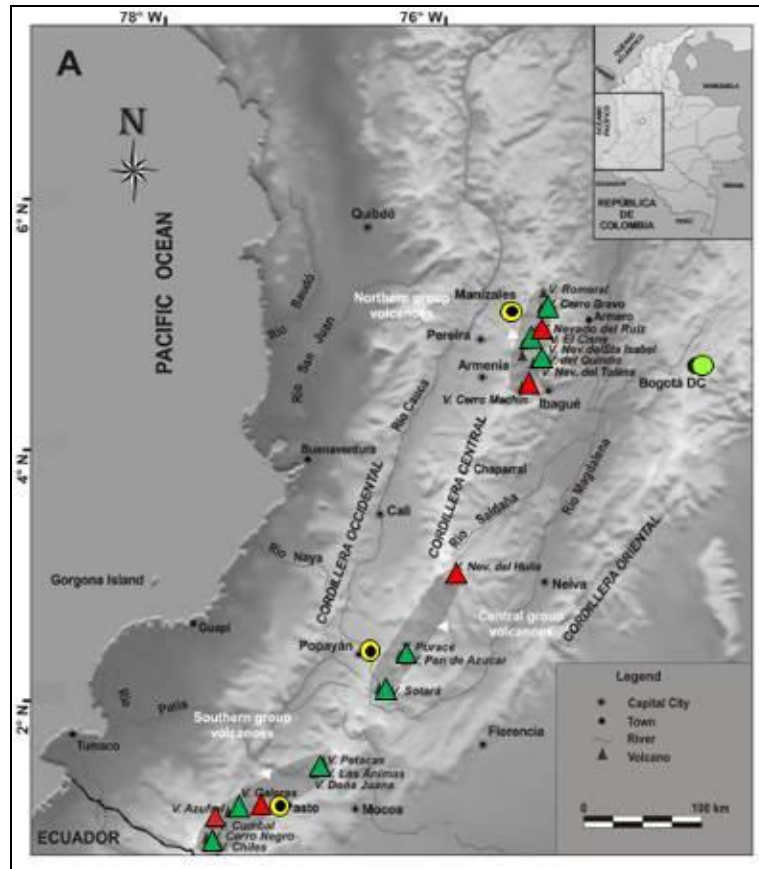


Figura 71. Localización de algunos volcanes del sur de Colombia, entre ellos están Galeras, Doña Juana, Azufral, Cumbal, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro monitoreados por el OVSP - Servicio Geológico Colombiano.

La información obtenida por los diferentes métodos geofísicos y geoquímicos de vigilancia, se viene analizando de manera periódica con el propósito de obtener un conocimiento básico del fenómeno volcánico e identificar de manera oportuna un posible cambio en la actividad y realizar el diagnóstico del nivel de actividad.

4.1 ACTIVIDAD DEL VOLCÁN LAS ÁNIMAS

4.1.1 Ubicación Geográfica

El volcán Las Ánimas, que alcanza una altura de 4300 msnm, se encuentra situado al suroccidente de Colombia en el departamento de Nariño en límites con el departamento del Cauca, más exactamente emplazado en el Macizo Colombiano a unos 11 Km al noreste del volcán Doña Juana y a 12 Km al suroeste del volcán Petacas. Informe mensual de actividad de los volcanes Galeras, Chiles – Cerro Negro, Cumbal, Las Ánimas, Doña Juana y Azufral - abril 2017

En su zona de influencia se ubican los municipios La Cruz, San Pablo, Las Mesas, La Unión, Colón, San Bernardo del Departamento de Nariño y Florencia, Bolívar y Santa Rosa en el Departamento del Cauca (Figura 72).

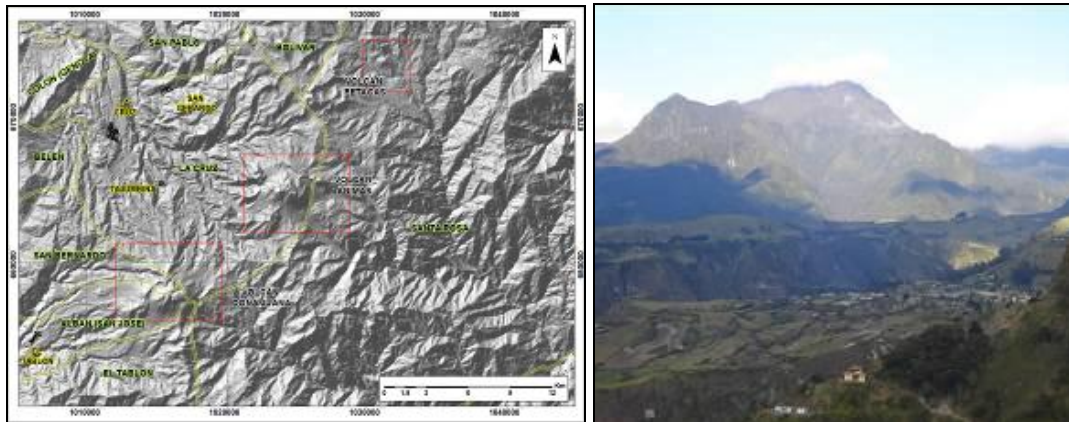


Figura 72. Localización del volcán Las Ánimas (izquierda) e imagen del costado occidental del volcán (derecha).

4.1.2 Red de vigilancia

La red de monitoreo del volcán Las Ánimas está conformada por tres estaciones sísmicas, dos inclinómetros electrónicos localizados en las zonas conocidas como Altamira, Petroglifo y El Troje sobre su costado occidental, y desde finales del mes de noviembre de 2015, se cuenta con una estación GNSS permanente encargada de detectar los cambios sobre la superficie volcánica. Es de resaltar que la estación multiparámetro Altamira (sísmica y de deformación), se encuentra ubicada en los límites de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas.

En la Figura 73 se muestra la disposición de las estaciones para monitoreo de la actividad sísmica y de deformación cortical del volcán Las Ánimas. En la Tabla 19 se consignan sus características.

En el periodo evaluado, las estaciones de la red instalada para el monitoreo del volcán Las Ánimas tuvo un funcionamiento del 96 % (Figura 74).

Tabla 19. Estaciones CP que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Las Ánimas en abril de 2017

Estación	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia al centro del volcán (Km)	Dirección respecto al centro del volcán	Altitud (msnm)
Altamira	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	7,9	SW	3137
I. Altamira	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	7,9	SW	3137
Petroglifo	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	4,6	W	2905
I. Petroglifo	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	4,6	NW	2905
Troje	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	6,2	NW	2726
Pradera	Digital	GNSS	Triaxial	4,0	WSW </td <td>2995</td>	2995

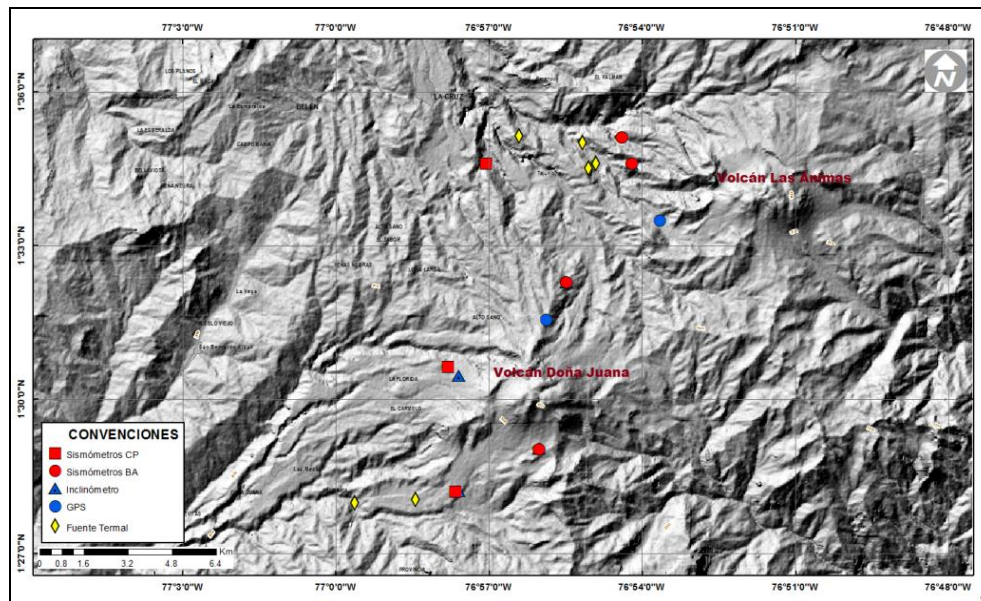


Figura 73. Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante el mes de abril de 2017. En el mapa se distingue también el volcán Doña Juana. Adicionalmente se cuenta con una red de muestreo de aguas en fuentes termales y fuentes frías que en la figura se resaltan con rombos.

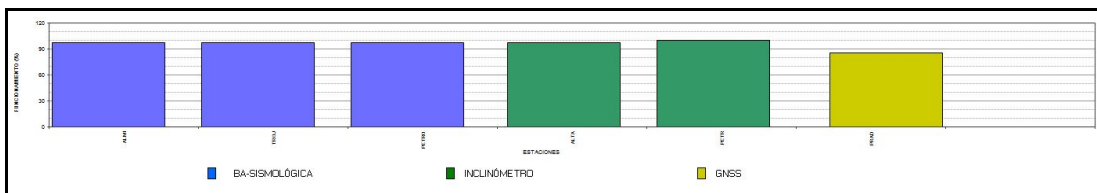


Figura 74. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas en abril de 2017.

4.1.3 Sismología

Para el periodo evaluado en el volcán Las Ánimas se tuvo registro de dos sismos asociados a fracturamiento de material cortical (VT), los cuales se localizaron al occidente y al norte del edificio volcánico de Las Ánimas con profundidades de 7 y 17 km; a 2 y 14 km de éste volcán respectivamente. Las magnitudes locales fueron de -0,2 y 2 en la escala de Richter (Figura 75).

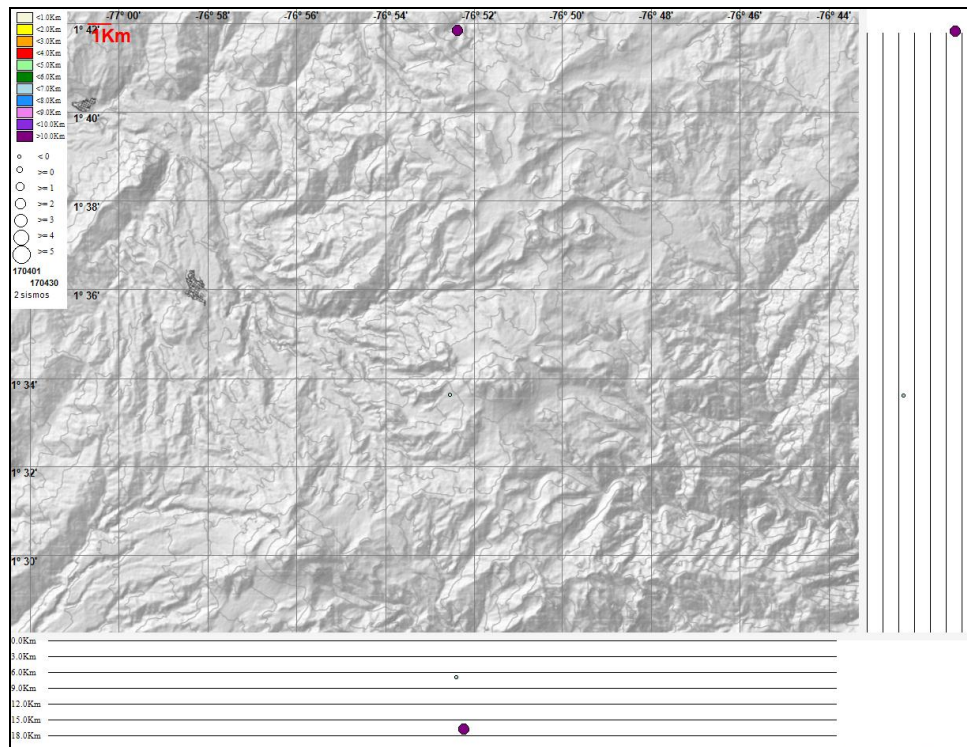


Figura 75. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Las Ánimas, en el mes de abril de 2017, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 3,0 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.

4.1.4 Deformación

4.1.4.1. Inclínometría Electrónica

El inclinómetro electrónico Altamira, desde 2014, y hasta mediados del 2016, mostró una tendencia ascendente en su componente Norte, acumulando unos 150 μrad , posteriormente desde noviembre de 2016 y hasta la fecha muestra una tendencia

estable. La componente Este mantiene la tendencia estable desde el mes de febrero de 2017 (Figura 76). El inclinómetro Petroglifo, muestra variaciones en su registro que pueden estar asociados más a problemas en el sensor, es necesario realizar mantenimiento.

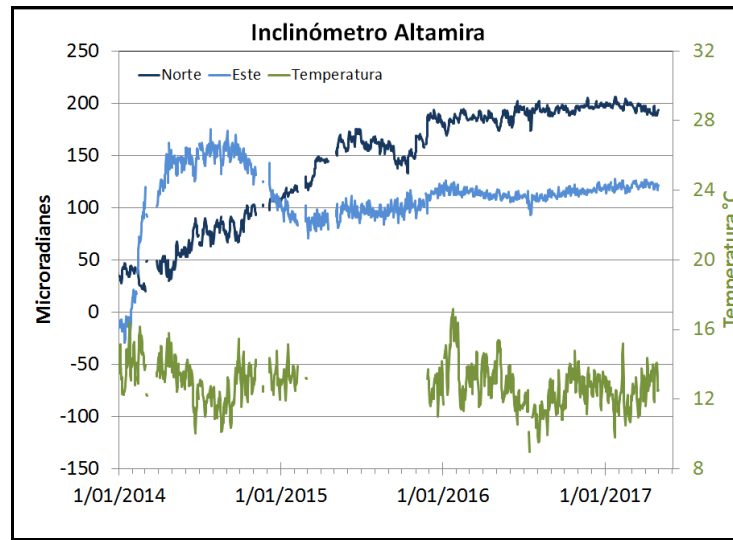


Figura 76. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Altamira, instalado en el límite entre los volcanes Doña Juana y Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 30 de abril de 2017.

4.1.4.2. Estaciones GNSS Permanentes

Para el análisis de la estación GNSS Permanente se contempló un procesamiento absoluto, el cual se está realizando a través del Sistema de Referencia Espacial Canadiense (CSRS). Los datos en formato RINEX, son enviados por separado para cada día y cada estación y posteriormente el resultado es almacenado en hojas de cálculo. El CSRS, utiliza las efemérides finales, correcciones que se deben hacer al dato de posición, por lo cual el proceso se presenta con 15 días de retraso. En la Figura 77, se indica el comportamiento de las direcciones del GNSS Pradera, instalado en el volcán Las Ánimas. En general, se observa un comportamiento estable en lo indicado por las direcciones Este, Norte y Altura.

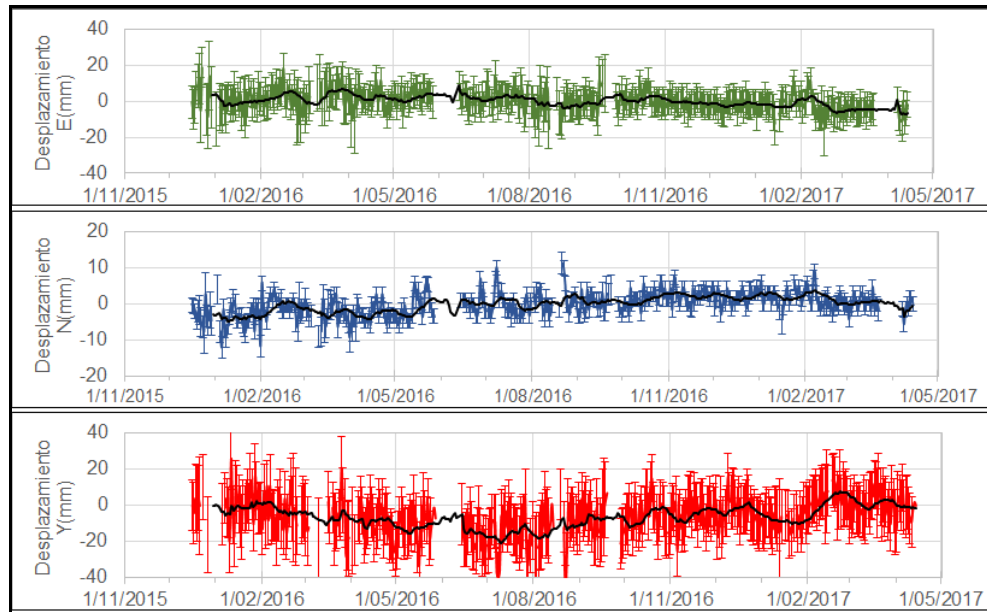


Figura 77. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS Pradera instalada sobre la superficie del volcán Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 16 de diciembre de 2015 y el 14 de abril de 2017.

4.1.5 Estudio Geoquímico de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas

Durante el mes de abril de 2017 no se realizó análisis relacionados con los estudios geoquímicos de Doña Juana y las Ánimas

4.1.6 Actividad Superficial

Durante el mes de abril de 2017 no se tuvo reportes relacionados con actividad superficial del volcán Las Ánimas.

4.1.7 Conclusiones

Con base en la información disponible del mes de abril de 2017 el nivel del volcán permaneció en **NIVEL VERDE ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”**.

4.2 ACTIVIDAD DEL VOLCÁN DOÑA JUANA

4.2.1 Red de Vigilancia

Para el mes de abril de 2017, la red de vigilancia del volcán Doña Juana estuvo conformada por:

- Tres estaciones sísmicas telemétricas triaxiales: dos de Corto Periodo y una de Banda Ancha (Figura 78, Tabla 20).
- La red de deformación del volcán Doña Juana cuenta con tres inclinómetros electrónicos telemétricos (Figura 78, Tabla 20).
- Estación GNSS permanente La Palma, instalada hacia el sector nororiente del volcán Doña Juana (Figura 78, Tabla 20).

Adicionalmente se cuenta con la señal digital de la estación La Cruz que pertenece a la Red Sismológica Nacional de Colombia, RSNC (Figura 78, Tabla 20).

En el periodo evaluado, las estaciones de la red instalada para el monitoreo del volcán Doña Juana tuvo un funcionamiento promedio del 80% (Figura 79).

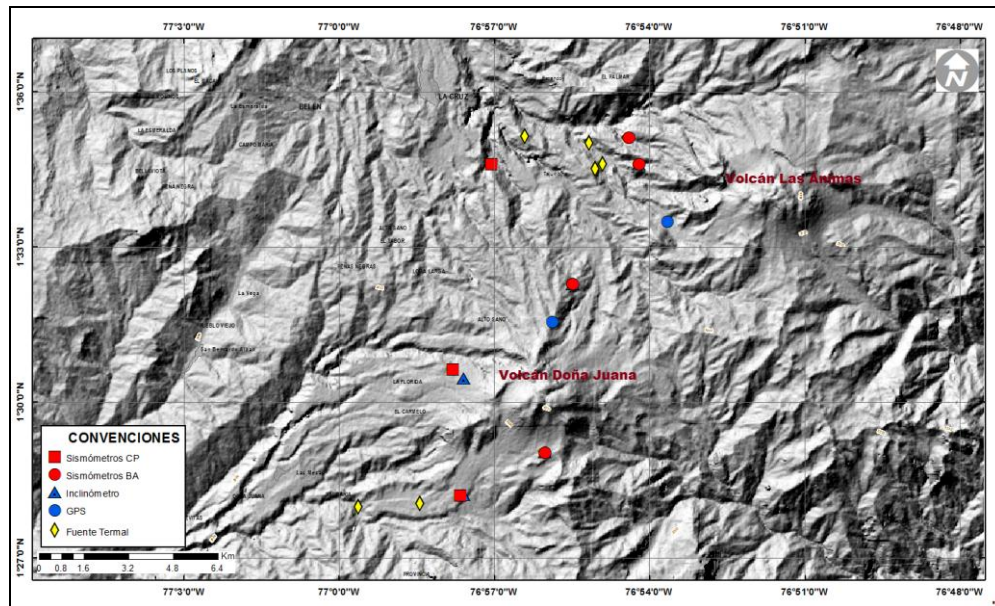


Figura 78. Localización de las estaciones que conforman la red de monitoreo de los volcanes Doña Juana y Las Animas.

Tabla 20. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Doña Juana en abril de 2017

Estación	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia al centro del volcán (Km)	Dirección respecto al volcán	Altitud (msnm)
Páramo	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	2,1	SE	3533
I. Páramo	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	2,1	SE	3533
Florida	Digital	Sismómetro Corto Periodo	Triaxial	2,3	W	3140
I. Florida	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	2,3	W	3140
Lavas	Analógica	Sismómetro Corto Periodo	Triaxial	4,1	SW	3145
I. Lavas	Analógica	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	4,1	SW	3145
La Cruz	Digital	Sismómetro Corto Periodo	Uniaxial	7.5	NNW	2761
La Palma	Digital	GNSS	Triaxial	2,7	NNW	3478

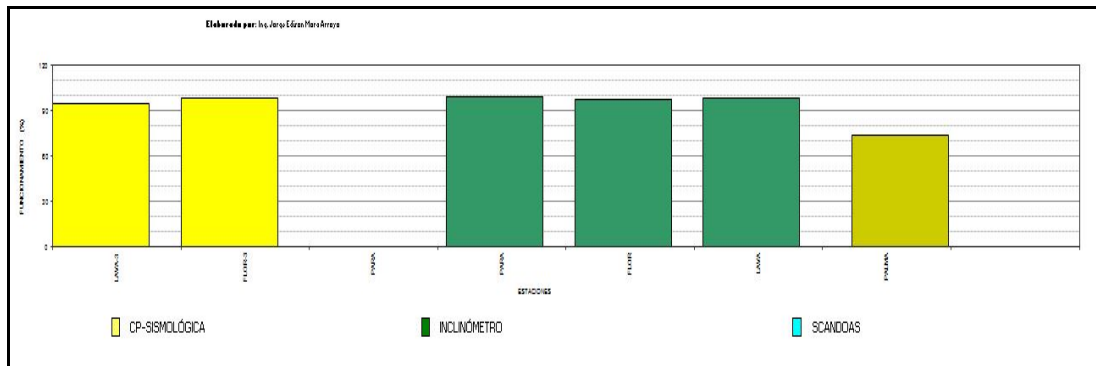


Figura 79. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Doña Juana durante abril de 2017.

4.2.2 Sismología

Para el volcán Doña Juana no se registraron eventos sísmicos durante el periodo evaluado.

4.2.3 Deformación

4.2.3.1. Inclinometría Electrónica

El inclinómetro Lavas, entre septiembre de 2014 y hasta el 29 de marzo de 2017, continuó mostrando una tendencia ascendente, posteriormente se observa un cambio de tendencia, descenso en sus dos componentes, registrando la Norte 30 μ rad y la Este 27 μ rad (Figuras 80). Los inclinómetros electrónicos Florida y Páramo, presentan interferencias en sus registros.

Informe mensual de actividad de los volcanes Galeras, Chiles – Cerro Negro, Cumbal, Las Ánimas, Doña Juana y Azufral - abril 2017

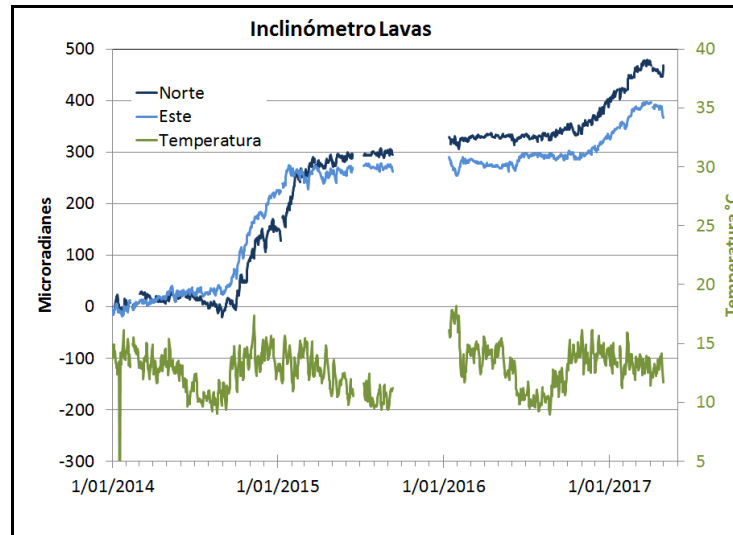


Figura 80. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Lavas, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 30 de abril de 2017.

4.2.3.2. Estaciones GNSS Permanentes

Para el análisis se contempló un procesamiento absoluto, el cual se está realizando a través del Sistema de Referencia Espacial Canadiense (CSRS). Los datos en formato RINEX, son enviados por separado para cada día y cada estación y posteriormente el resultado es almacenado en hojas de cálculo. El CSRS, utiliza las efemérides finales, correcciones que se deben hacer al dato de posición, por lo cual el proceso se presenta con 15 días de retraso. En la Figura 81, se indica el comportamiento de las direcciones del GNSS La Palma, instalado en Doña Juana. En general se observa un comportamiento estable en el desplazamiento indicado por las direcciones Este, Norte y Altura.

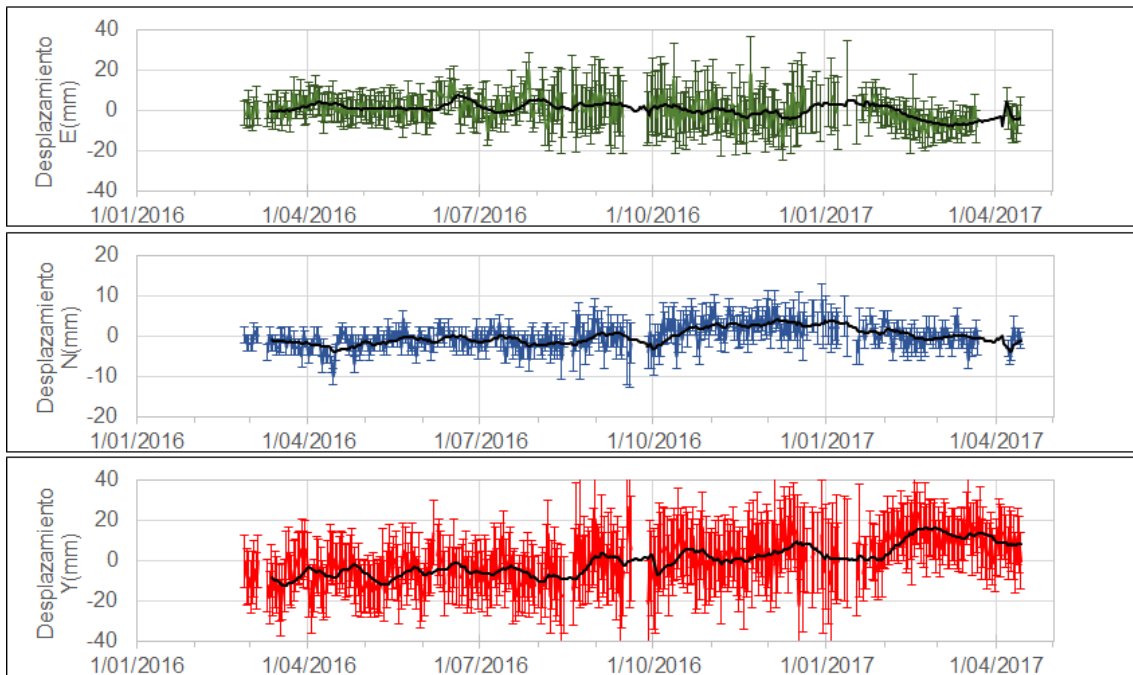


Figura 81. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS La Palma instalada sobre la superficie del volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 27 de febrero de 2016 y el 14 de abril de 2017.

4.2.4 Actividad Superficial

Durante el mes de abril de 2017 no se tuvo reportes relacionados con actividad superficial del volcán Doña Juana.

4.2.5 Conclusiones

La evaluación de los parámetros monitoreados durante el mes de abril de 2017, permiten mantener el **NIVEL VERDE ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”**.

4.3 ACTIVIDAD DEL VOLCÁN AZUFRAL

4.3.1 Red de vigilancia

En la Figura 82 se muestra la disposición de las estaciones instaladas para el monitoreo de la actividad sísmica y de deformación cortical del volcán Azufral, las cuales son: La Roca, Chaitán, Laguna, Ventana y Lobo, las dos primeras cuentan con sensores sísmicos e inclinómetros electrónicos y Laguna con un sensor sísmico y una cámara web para el seguimiento de la actividad superficial. En la Tabla 21 se consignan sus características. Adicionalmente se cuenta con una estación meteorológica La Roca, que consta de un anemómetro para medida de velocidad y dirección del viento, un sensor de temperatura, un sensor de humedad relativa, un pluviómetro, un sensor de presión atmosférica y uno para medidas de radiación solar. Adicionalmente se instaló un sensor de Temperatura en una de las fumarolas del domo Mallama hacia el nororiente de la Laguna cratérica.

Con el fin de monitorear cambios en la superficie del edificio volcánico de Azufral se tiene instalada una red de Medición Electrónica de Distancia (EDM), compuesta por cuatro bases y 12 prismas reflectores. Para el periodo evaluado se cuentan con 3 estaciones GNSS permanentes, La Roca, Lobo y laguna (Figura 83).

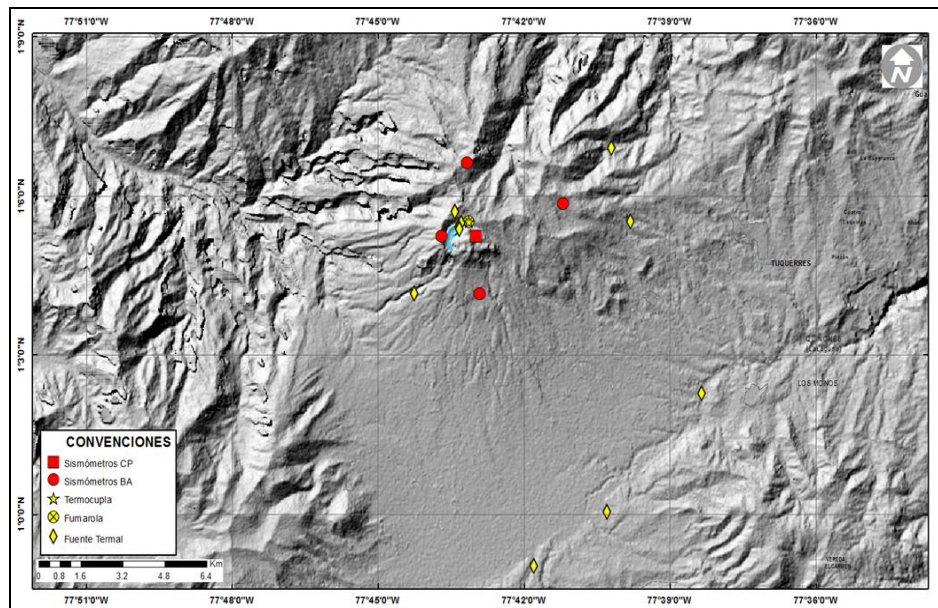


Figura 82. Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo sísmico y geoquímico del volcán Azufral durante el mes de abril de 2017.

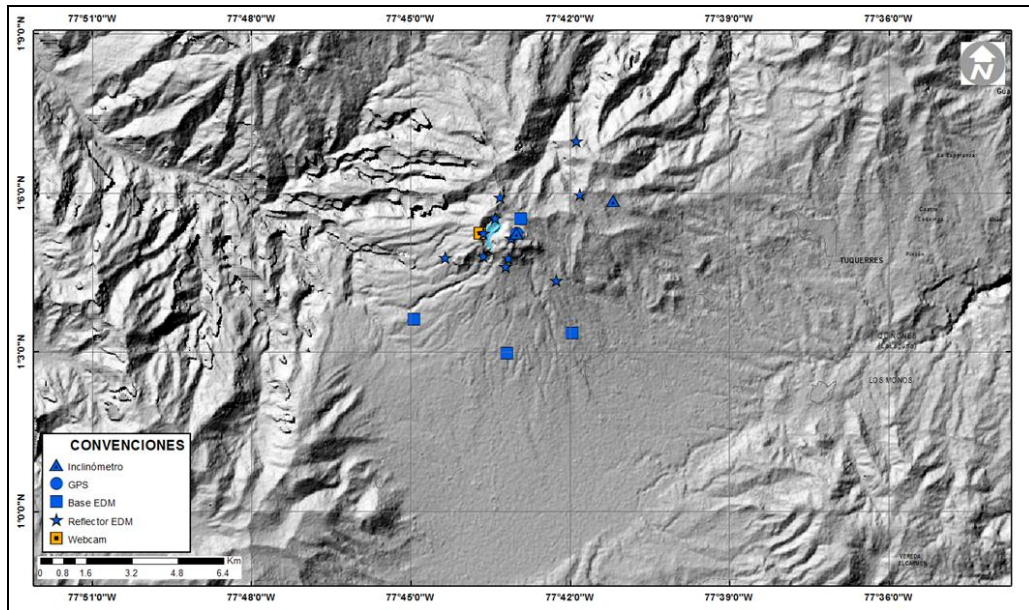


Figura 83. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo en deformación y cámara web del volcán Azufral en el mes de abril de 2017.

Tabla 21. Estaciones que conformaron la red de vigilancia del volcán Azufral en el mes de abril de 2017.

Estación	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia a la Laguna (Km)	Ubicación Respecto a la Laguna	Altitud (msnm)
La Roca	Analógica	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	1.2	E	4025
Chaitán	Digital	Sismómetro de Banda Ancha	Triaxial	4.3	ENE	3730
Laguna	Digital	Sismómetro de Banda Ancha	Triaxial	0.5	SW	3921
Lobo	Digital	Sismómetro de Banda Ancha	Triaxial	2.4	SE	3569
Ventana	Digital	Sismómetro de Banda Ancha	Triaxial	2.5	NE	3981
La Roca	Digital	Inclinómetro electrónico	Biaxial	1.2	E	4025
Chaitán	Digital	Inclinómetro electrónico	Biaxial	4.3	ENE	3730
Mallama	Digital	Termocupla		0.5	NE	3805

En general, la red de monitoreo del volcán Azufral alcanzó un porcentaje promedio de operación del 79 % para este mes (Figura 84).

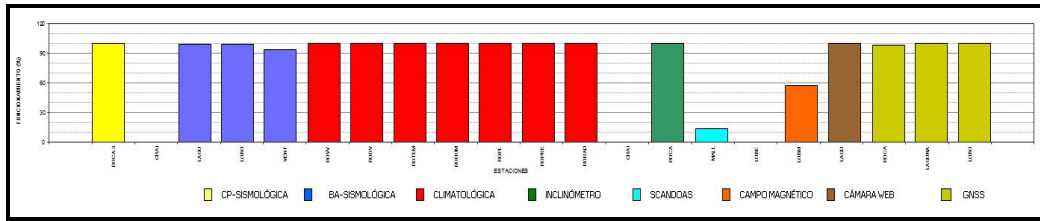


Figura 84. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufraal durante abril de 2017.

4.3.2 Sismología

Dentro de niveles bajos, la ocurrencia sísmica del volcán Azufraal en abril de 2017 disminuyó en un 85,7% en comparación a la registrada en marzo, pasando de 21 a 3 eventos, todos ellos tipo VT (Tabla 22, Figura 85). Estos eventos se ubicaron hacia el Norte del edificio volcánico, a distancias de hasta 11,5 km respecto al centro de la Laguna Cratérica y profundidades entre 1,5 y 10 km respecto a la cima (4070 msnm). La magnitud local de los eventos estuvo por debajo de 2,0 en la escala de Richter (Figura 86).

Tabla 22. Número de eventos volcánicos por tipo para el volcán Azufraal ocurridos entre el 1 de enero y el 30 de abril de 2017. Se resalta en verde el último mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo				
	VT	LPS	TRE	HYB	TOTAL
01-ene-17 a 31-ene-17	8	1	0	0	9
01-feb-17 a 28-feb-17	11	0	0	0	11
01-mar-17 a 31-mar-17	21	0	0	0	21
01-abr-17 a 30-abr-17	3	0	0	0	3

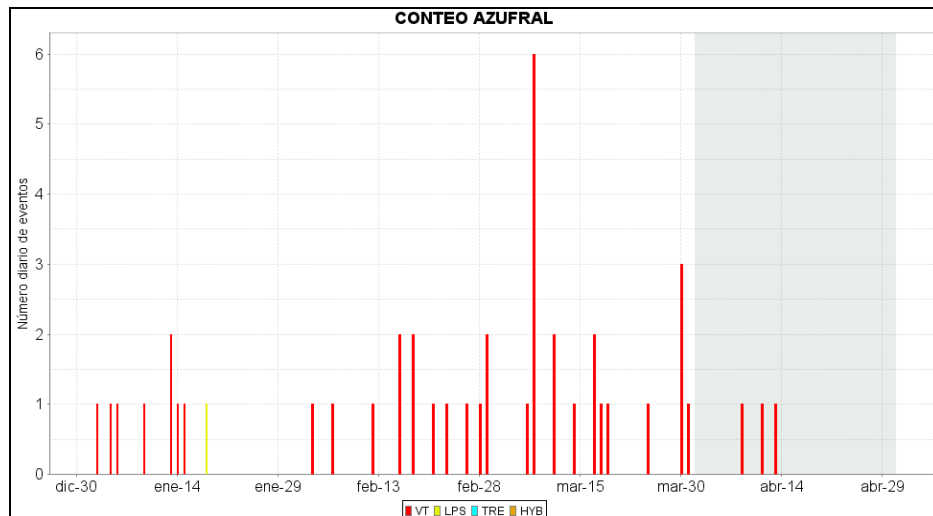


Figura 85. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Azufral entre el 1 de enero y el 30 de abril de 2017.

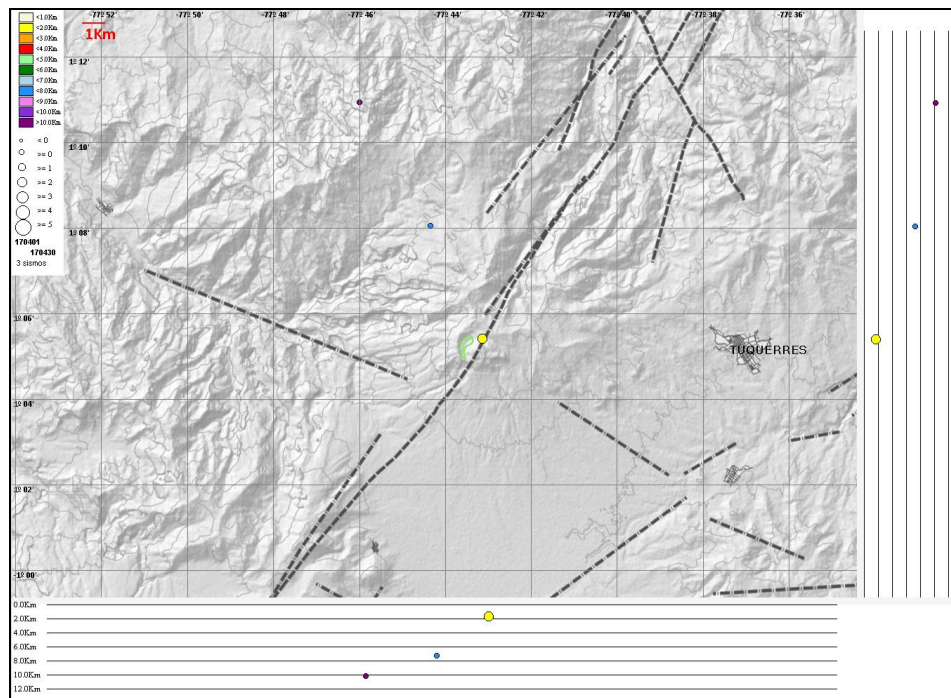


Figura 86. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Azufral, en el mes de abril de 2017, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2,0 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.

4.3.3 Deformación

4.3.3.1. Inclínometría Electrónica

En el inclinómetro la Roca durante el 2016, se presentó un cambio en la pendiente de la componente Este, mostrando una tendencia descendente, con cerca de $170 \mu\text{rad}$, y en la componente Norte un cambio menor de unos $25 \mu\text{rad}$, indicando una deflación hacia la zona de la Laguna Verde del Azufreal, lo cual puede estar asociado con la disminución del nivel del agua de la laguna, durante este año, la tendencia de las componentes tienden a estabilizarse (Figura 87).

Desde el 26 de marzo de 2017, se dejó de recibir datos del inclinómetro electrónico Chaitán.

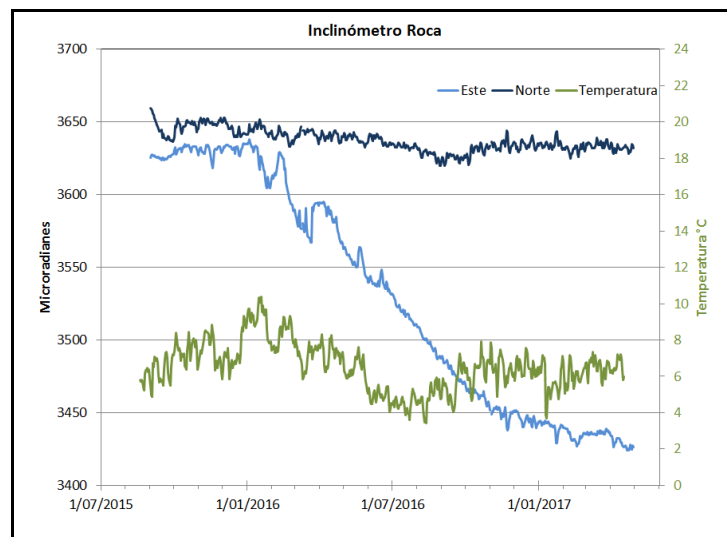


Figura 87. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro La Roca, instalado en el volcán Azufreal, para el periodo comprendido entre el 1 de julio de 2015 y el 30 de abril de 2017.

4.3.3.2. Estaciones GNSS Permanentes

En el volcán Azufreal, se tienen instaladas tres estaciones GNSS Permanentes, La Roca, Laguna y Lobo. Para el análisis se contempló un procesamiento absoluto, el cual se está realizando a través del Sistema de Referencia Espacial Canadiense (CSRS). Los datos en formato RINEX, son enviados por separado para cada día y cada estación y posteriormente el resultado es almacenado en hojas de cálculo. El CSRS, utiliza las efemérides finales, correcciones que se deben hacer al dato de posición, por lo cual el Informe mensual de actividad de los volcanes Galeras, Chiles – Cerro Negro, Cumbal, Las Ánimas, Doña Juana y Azufreal - abril 2017

proceso se presenta con 15 días de retraso. En las Figuras 88, 89 y 90, se muestra comportamiento de las direcciones Norte, Este y Altura de los GNSS La Roca, Lobo y Laguna. En general el comportamiento de las direcciones muestra estabilidad.

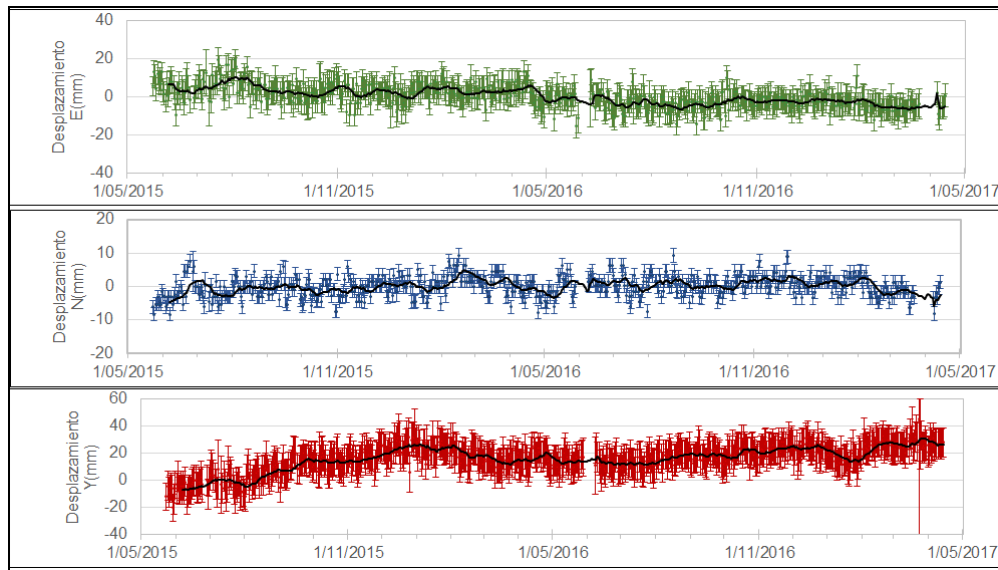


Figura 88. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS La Roca instalado en el volcán Azufreal, para el periodo comprendido entre el 23 de mayo de 2015 y el 14 de abril de 2017.

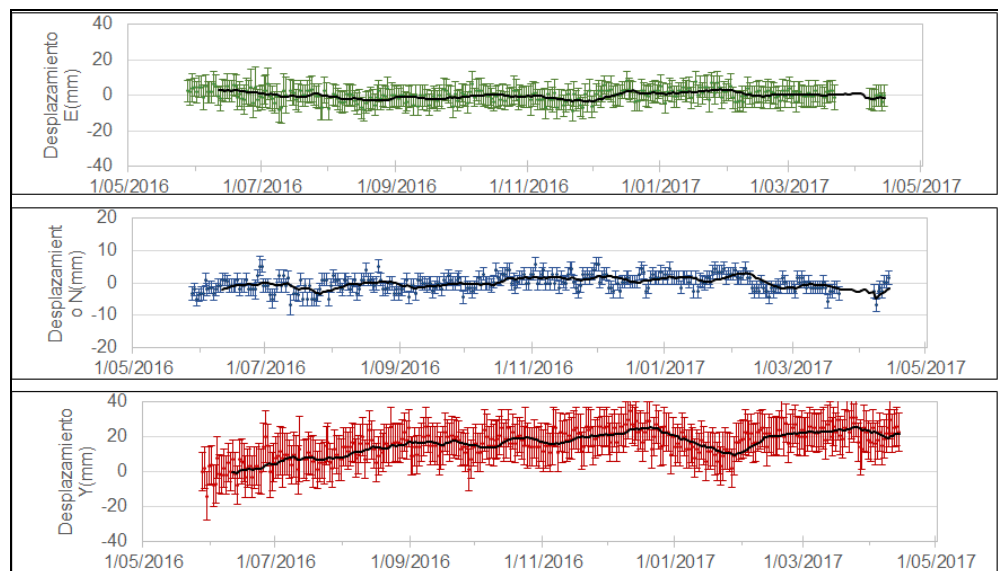


Figura 89. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Lobo instalado en el volcán Azufreal, para el periodo comprendido entre el 28 de mayo de 2016 y el 14 de abril de 2017.

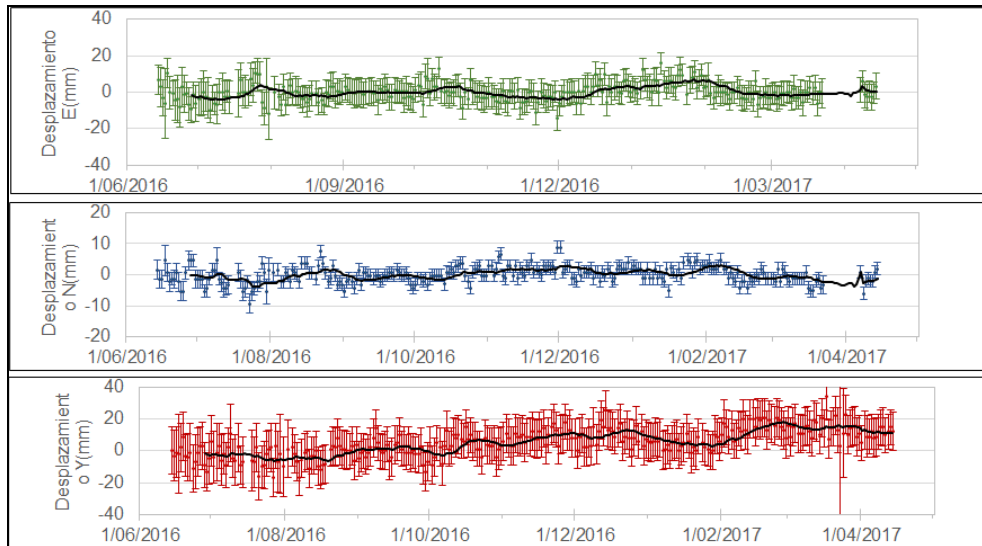


Figura 90. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS Laguna instalado en el volcán Azufra, para el periodo comprendido entre el 14 de junio de 2016 y el 14 de abril de 2017.

4.3.4 Electromagnetismo

La estación de monitoreo electromagnético, en la zona de influencia del volcán Azufra dejó de funcionar el 22 de abril, muy posiblemente por afectación por tormentas eléctricas en la zona de ubicación de dichos equipos. Los registros de las componentes del campo eléctrico, en la zona de influencia del volcán Azufra, muestran inicialmente variaciones asociadas con los fenómenos externos, mostrando procesos cíclicos de periodos de 12 horas, un día, 28 días y más. Los registros muestran un valor promedio de variación de alrededor de 180 mV, con saltos en los registros, debidos posiblemente a los efectos de los procesos hídricos en la zona (Figura 91).

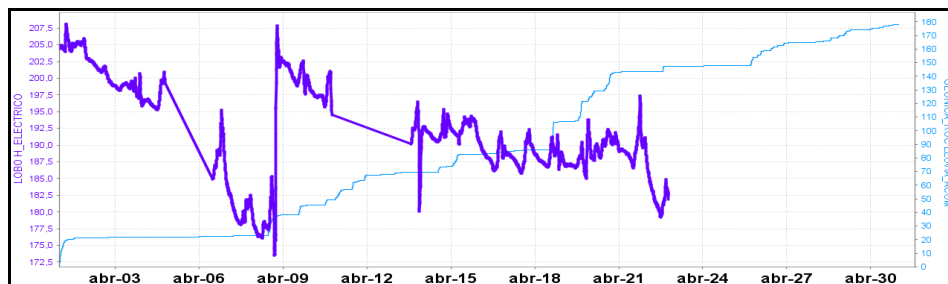


Figura 91. Comportamiento de la componente horizontal del campo eléctrico (magenta), en la zona de influencia del volcán Azufra, afectado posiblemente por los procesos de tormentas eléctricas en la zona de estudio. Comportamiento de los procesos de lluvia en la zona del volcán (pluviómetro-azul). El periodo graficado corresponde al mes de abril de 2017.

En cuanto al comportamiento de las componentes magnéticas del sensor ubicado en la estación de Lobo, en el volcán Azufral, para el mes de abril de 2017, al igual que para Galeras, se resaltan inicialmente las variaciones asociadas con procesos externos, que son comparables con las variaciones observadas en las componentes de la estación de Kourou, de la red de monitoreo magnético global, del Instituto Central de Magnetismo Terrestre, ubicado en Francia, (La estación se ubica en Guayana Francesa) (Figura 92). Sin embargo se observa que luego de un problema en el registro, el 10 de abril de 2017, al reestablecer el registro, la información incrementa el nivel de las fluctuaciones día-noche, lo que requiere una revisión de los equipos en campo. A pesar de este comportamiento, se observa que las variaciones externas son comparables con las observadas en la estación de referencia de Kourou.

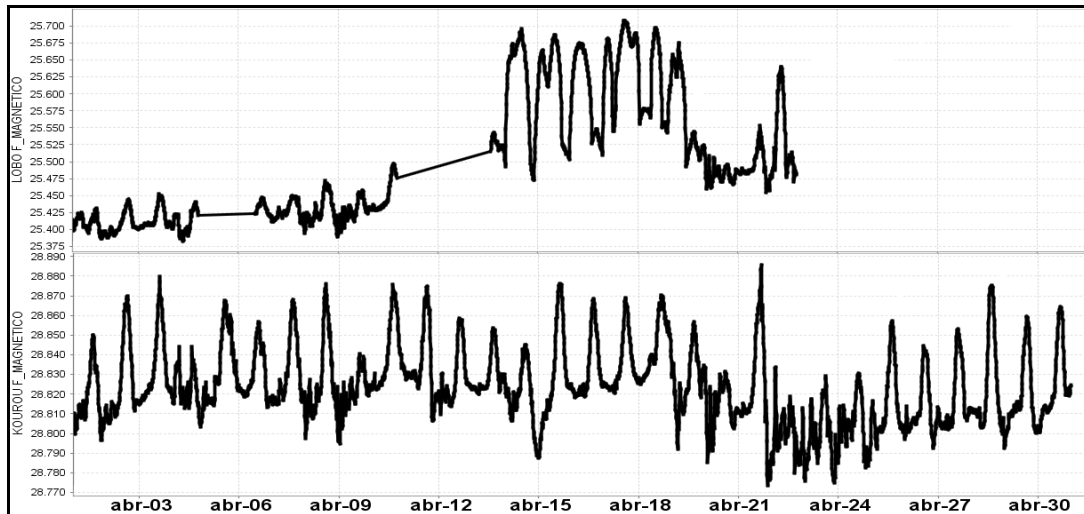


Figura 92. Gráfica superior, estación de Lobo, para el monitoreo de las variaciones del Campo Magnético Terrestre Total, en la zona de influencia del volcán Azufral, en comparación con el comportamiento del campo Magnético Terrestre Total (F) registrado por la estación de Kourou. Periodo de registro, abril de 2017.

4.3.5 Geoquímica

4.3.5.1 Muestreo de aguas en fuentes termales.

El volcán Azufral cuenta con una red actual de monitoreo de 10 fuentes termales (FT), entre las que se encuentran: FT Salado de Malaver (A), FT La Cabaña (B), FT Quebrada Blanca (C), FT San Ramón (D), FT Arrayán Salado (E), FT Tutachag (F), FT Laguna Verde N°1 (G), FT Laguna Verde N°2 (H), Laguna Verde N°3 (I), Laguna Verde N°4 (J) (Figura 93, Tabla 23). Los parámetros fisicoquímicos y muestras para análisis químico permitirán su

Informe mensual de actividad de los volcanes Galeras, Chiles – Cerro Negro, Cumbal, Las Ánimas, Doña Juana y Azufral - abril 2017

caracterización y comprensión desde el punto de vista geoquímico para este complejo volcánico.

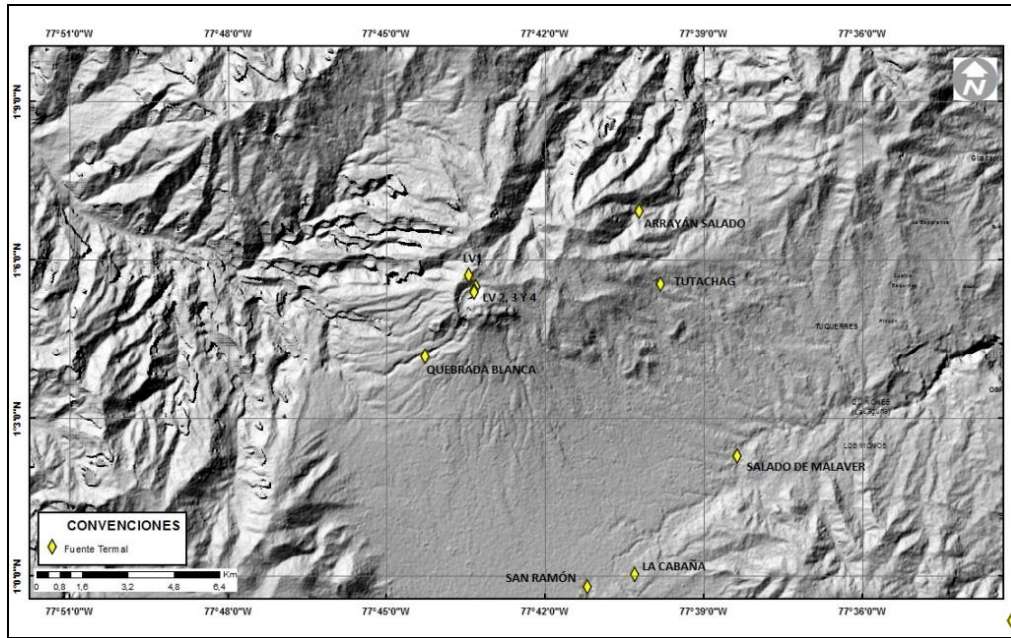


Figura 93. Mapa de localización de las fuentes termales perteneciente a la zona de influencia del Volcán Azufral.

Con respecto a la toma de datos y medición de parámetros fisicoquímicos en las fuentes termales pertenecientes a la zona de influencia del volcán Azufral, se utilizaron los siguientes equipos:






- Equipo multiparámetro ORION A325 (pH metro, T y ORP): permite medir el potencial de hidrógeno, temperatura y potencial de óxido reducción en fuentes termales.
- Termómetro digital OAKTON Tem300: permite hacer mediciones de temperatura.
- Cámara termográfica FLIR T440: permite el registro de imágenes térmicas.

No fue posible realizar el muestreo en las FT LV N°2, LV N°3 y Arrayán Salado, por la mezcla con cuerpos de agua cercanos a estas que aumentaron su nivel a causa de las lluvias presentadas en ésta época del año.

Tabla 23. Ubicación geográfica fuentes termales volcán Azufral.

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

Servicio Geológico Colombiano

<p>ARRAYÁN SALADO</p>		<p>1.09198°</p>	<p>77.66354°</p>	<p>3108</p>
<p>TUTACHAG</p>		<p>1.09198°</p>	<p>77.66354°</p>	<p>3259</p>
<p>LAGUNA VERDE 1</p>		<p>1.09139°</p>	<p>77.72163°</p>	<p>3782</p>
<p>LAGUNA VERDE 2</p>		<p>1.09008°</p>	<p>77.72233°</p>	<p>3789</p>
<p>LAGUNA VERDE 3</p>		<p>1.08949°</p>	<p>77.72227°</p>	<p>3789</p>

LAGUNA VERDE 4		1.09157°	77.72290°	3788
----------------	---	----------	-----------	------

En la Figura 94 se registran los valores del potencial de hidrógeno (pH) correspondientes al mes de abril de 2017 de las fuentes termales muestreadas. Los colores en las gráficas indican el estado de acidez o basicidad del manantial (grado de concentración de iones de hidrógeno en solución), indicando de esta manera una escala de 0 a 14 para el pH.

Las fuentes termales que hacen parte de la red de monitoreo de aguas de origen volcánico asociadas al volcán Azufral entre los días 18 y 21 de abril de 2017, presentaron potenciales de Hidrógeno (pH) entre 2.2 (ácido) y 7,1 (neutro).

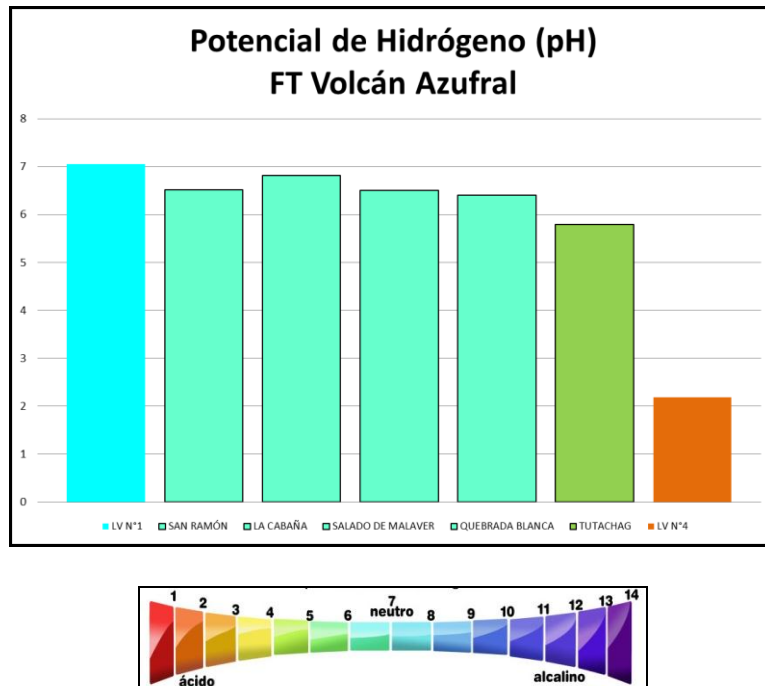


Figura 94. Potencial de hidrógeno de las FT Volcán Azufral-abril de 2017.

En la figura 95, se observa la gráfica para el comportamiento del parámetro pH correspondiente a los muestreos realizados desde el año 2012 hasta abril de 2017 durante el monitoreo de las FT. Se puede observar que el valor de pH continúa estable para el periodo evaluado (comparado con los registros desde el año 2014 hasta la fecha), manteniéndose dentro de los límites de neutralidad para las FT, con excepción de la FT LV N°4 que se encuentra dentro del rango ácido.

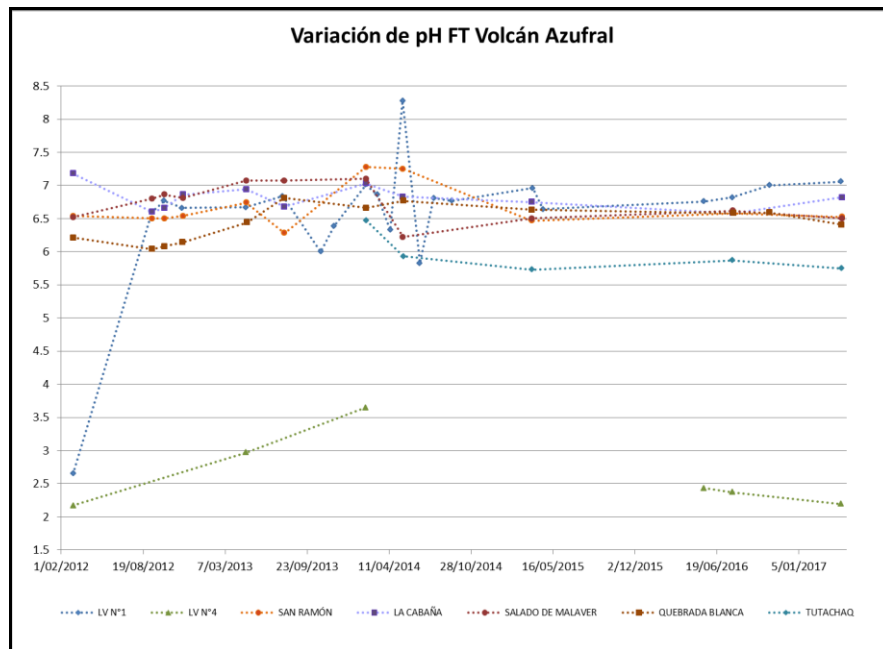


Figura 95. Comportamiento del pH en las FT Volcán Azufraal-abril de 2017.

En la tabla 24 se presenta la clasificación de las aguas termales de acuerdo a la temperatura, lo cual permite caracterizar a los manantiales de la siguiente manera:

Tabla 24. Clasificación de aguas termales de acuerdo a la temperatura.

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

- Fuente termal LV N°1

Temperatura superficial: 73.2°C (Temperatura registrada en abril de 2017 con termómetro digital).

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra entre los 45°C y 100°C (Figura 96), por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como hipertermal. Presenta una baja conductividad eléctrica de 0.89 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de pocas sales solubles en el medio.

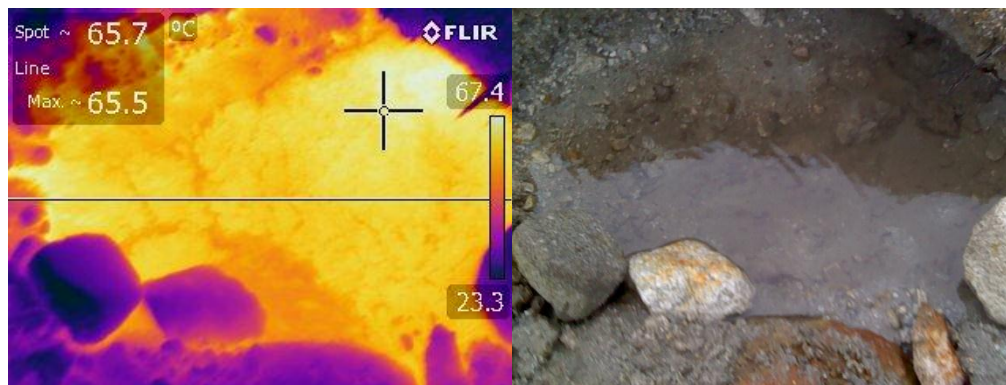


Figura 96. Imagen térmica FT LV N° 1, Volcán Azufral - abril 2017

- Fuente termal LV N°3

Temperatura superficial: 69.2°C (Temperatura registrada en abril de 2017 con termómetro digital).

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra entre los 45°C y 100°C (Figura 97), por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como hipertermal. No fue posible medir la conductividad eléctrica por mezcla con agua de la Laguna Verde.

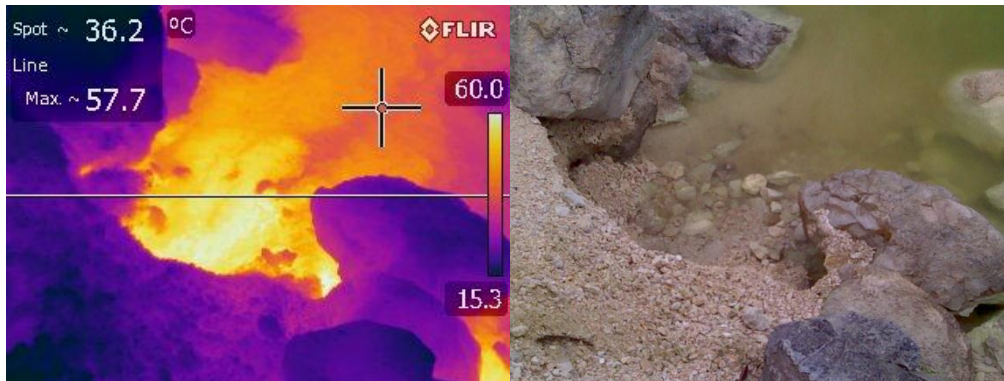


Figura 97. Imagen térmica FT LV N° 3, Volcán Azufraal - abril 2017

- Fuente termal LV N°4

Temperatura superficial: 54.8°C (Temperatura registrada en abril de 2017 con termómetro digital).

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra entre los 45°C y 100°C (Figura 98), por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como hipertermal. Presenta una mediana conductividad eléctrica de 2.94 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

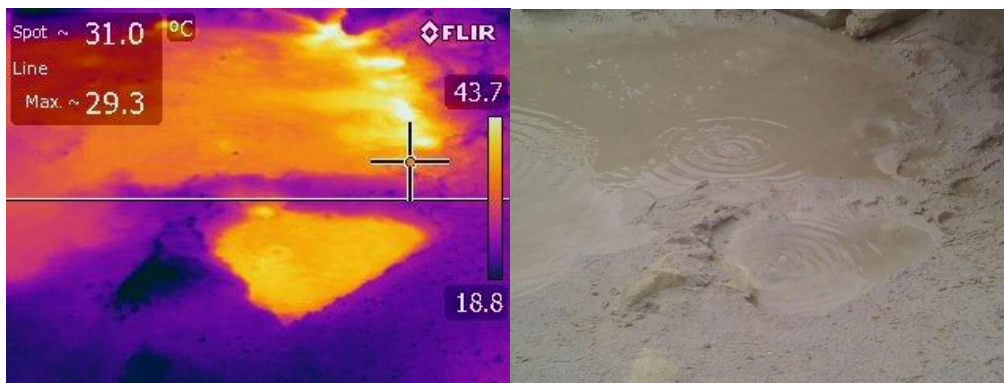


Figura 98. Imagen térmica FT LV N° 4, Volcán Azufraal - abril 2017

Servicio Geológico Colombiano

- Fuente termal San Ramón

Temperatura superficial: 26.9°C (Temperatura registrada en abril de 2017 con termómetro digital)

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra entre los 20°C y 30°C (Figura 99), por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como hipotermal. Presenta una mediana conductividad eléctrica de 1.8 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

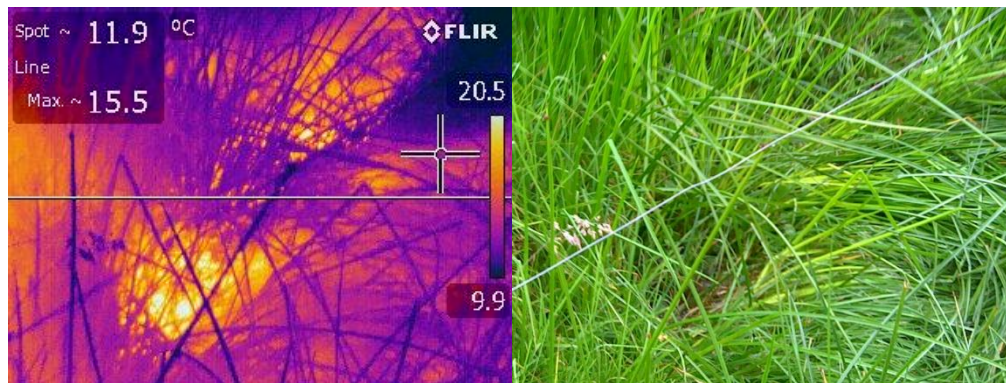


Figura 99. Imagen térmica FT LV San Ramón-Volcán Azufral – abril 2017.

- Fuente termal La Cabaña

Temperatura superficial: 21.6°C. (Temperatura registrada en abril de 2017 con termómetro digital).

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra entre los 20°C y 30°C (Figura 100), por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como hipotermal. Presenta también una conductividad eléctrica de 0.21 mS/cm (25°C), que refleja muy pocas sales solubles en el medio.

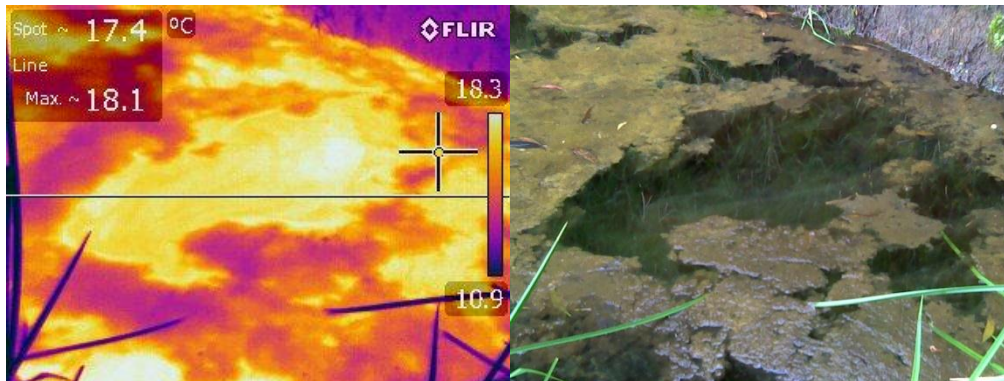


Figura 100. Imagen térmica FT La Cabaña-Volcán Azufra – abril 2017.

- Fuente Termal Salado de Malaver

Temperatura superficial: 29.7°C. (Temperatura registrada en abril de 2017 con termómetro digital)

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra entre los 20°C y 30°C (Figura 101), por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como hipotermal. Presenta también una alta conductividad eléctrica de 8.2 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

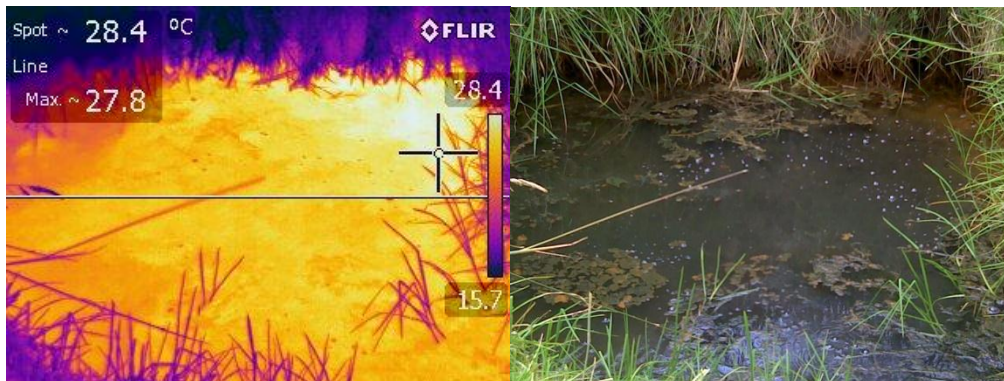


Figura 101. Imagen térmica FT Salado de Malaver-Volcán Azufra - abril 2017.

Servicio Geológico Colombiano

- Fuente Termal Quebrada Blanca

Temperatura superficial: 50.8°C. (Temperatura registrada en abril de 2017 con termómetro digital)

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra entre los 45°C y 100°C (Figura 102), por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como hipertermal. Presenta también una mediana conductividad eléctrica de 3.2 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

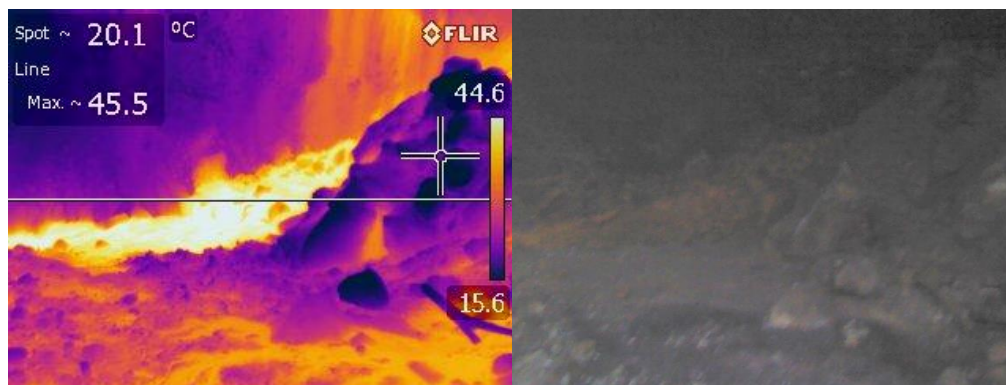


Figura 102. Imagen térmica FT Quebrada Blanca-Volcán Azufra – abril 2017.

- Fuente Termal Arrayán Salado

Temperatura superficial: 19.3°C. (Temperatura registrada en abril de 2017 con termómetro digital)

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra por debajo de los 20°C (Figura 103), puede ser clasificada como termal porque su temperatura varía en 5°C con respecto a la temperatura media ambiente (13.5°C), cabe resaltar que la temperatura registrada durante el muestreo es fue menor debido a la mezcla con agua fría de la quebrada Arrayán. No fue posible medir la conductividad eléctrica por mezcla con agua de la quebrada cercana al punto de muestreo.

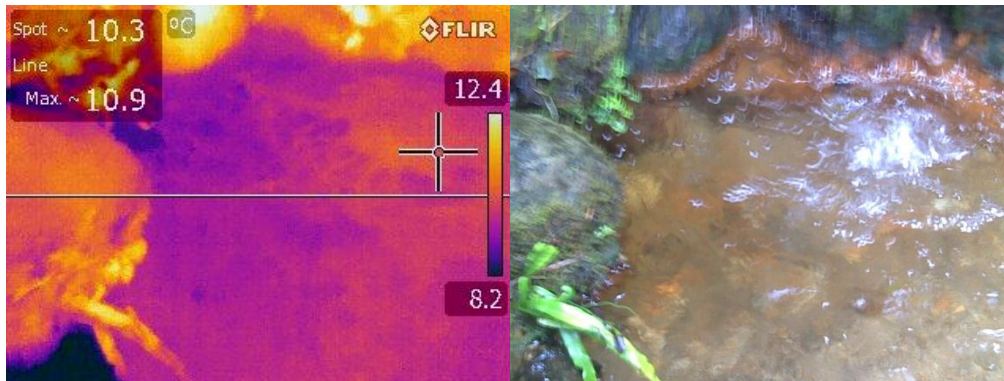


Figura 103. Imagen térmica FT Quebrada Blanca-Volcán Azufral – abril 2017.

- Fuente Termal Tutachag
Temperatura superficial: 13.9°C (Temperatura registrada en abril de 2017 con termómetro digital)
Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra por debajo de los 20°C (Figura 104), puede ser clasificada como termal porque su temperatura varía en 5°C con respecto a la temperatura media ambiente (8.8°C). Presenta también una mediana conductividad eléctrica de 2,9 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

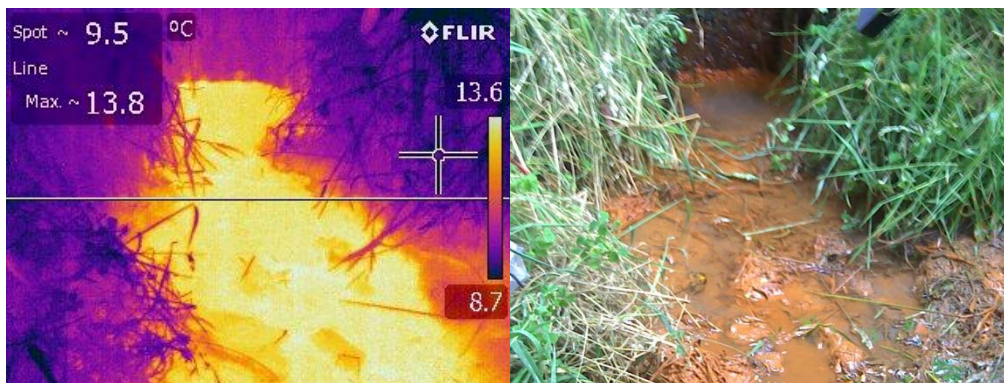


Figura 104. Imagen térmica FT Tutachag-Volcán Azufral - abril 2017.

A continuación se presentan los gráficos sobre la variación de datos fisicoquímicos registrados desde el año 2012 hasta aquellos registrados en el último muestreo realizado en abril de 2017.

En la figura 105 se observa el comportamiento de la temperatura en las fuentes termales pertenecientes a la zona de influencia del volcán Azufral, registrándose un aumento relevante de temperatura para la FT LVN°1, valor que no se había presentado en el periodo de tiempo contemplado en la gráfica (73.2°C), como también se observa que la FT Quebrada Blanca sobrepasa los 50°C y conserva este valor desde el mes de julio del año 2016 hasta la fecha. Por otra parte la FT San Ramón registra un valor menor comparado con datos anteriores. Para las demás FT, no se observan cambios.

Otro aspecto que puede observarse en la gráfica es que el rango de valores de temperatura divide a estas FT en dos grupos, el primero con rangos entre 10°C y 35°C y el segundo entre 40°C y 75°C.

Para el caso de la FT LV N°1, el incremento de temperatura podría verse afectado por el sistema térmico del Domo Mallama (campo fumarólico activo) el cual, al ubicarse en la base del costado oeste del domo, podría presentarse algún tipo de transferencia de calor por su cercanía a este sistema.

Con respecto a los dos grupos en los que se dividen las fuentes termales de la zona de influencia en Azufral, uno de los grupos (40°C-75°C) está asociado más al sistema volcánico, en este caso por su ubicación y por ende podría verse más influenciado por el sistema magmático e hidrotermal del Azufral, en la cual el aporte térmico se hace evidente en la temperatura de éstos manantiales termales, mientras que el primer grupo al encontrarse más alejado del sistema volcánico puede estar en contacto con aguas someras como cuerpos de agua, acuíferos, agua de precipitación, entre otros.

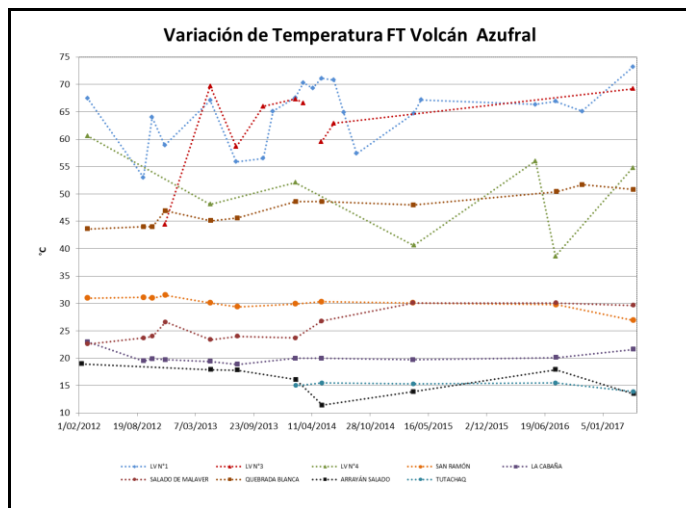


Figura 105 . Comportamiento de la temperatura en las FT Volcán Azufral-abril 2017.

En la figura 106, se presenta la gráfica para la variación de la conductividad eléctrica en las fuentes termales de origen volcánico. En la cual puede observarse que para las FT Salado de Malaver y Tutachag, después del incremento presentado en marzo de 2015 se estabilizan los valores de conductividad hasta la actualidad, resaltando el alto contenido de iones en el agua del manantial de Salado de Malaver. Se observa un ligero incremento para la FT Quebrada Blanca, decremento para la FT San Ramón, estabilidad para LV N°1 y La Cabaña y valores fluctuantes para el caso de la FT LV N°4.

Para el caso de Salado de Malaver, el nivel y cantidad de agua en el manantial continua bajo desde el año 2015, por lo cual, el alto contenido de sales es un indicador de la saturación de estas especies químicas en el manantial, por procesos como evaporación del agua, lixiviación de rocas, entre otros. La FT Quebrada Blanca presentó para el periodo evaluado un valor de temperatura más alto que los anteriores, por lo que puede asociarse con una mayor cantidad de iones en el medio tal y como se observa en las gráficas (Figuras 105 y 106). Mientras que para la FT San Ramón, pudo observarse mayor nivel de agua en el manantial y mezcla con agua de escorrentía, por lo que la disolución de los iones es más alta y por lo tanto menor conductividad eléctrica y de manera similar para LV N°4, ya que por encontrarse cercana a la Laguna Verde, se presenta mezcla de agua con la termal y como consecuencia no se evidencian cambios claros para los parámetros de interés.

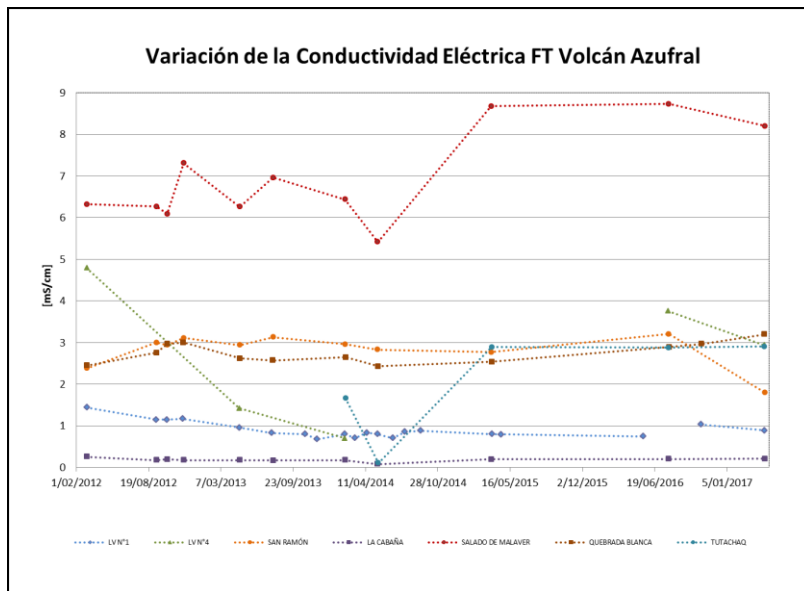


Figura 106 . Comportamiento de la Conductividad Eléctrica en las FT Volcán Azufraal-abril de 2017.

La alcalinidad es determinada a través del ion bicarbonato *in situ* mediante valoración con ácido clorhídrico frente a indicador azul de bromofenol.

Este parámetro a pesar de presentar un comportamiento variable en la mayoría de las FT, se puede apreciar que con excepción de la FT Salado de Malaver, éstas se encuentran estables, con un leve incremento en la FT Tutachag. Y como se mencionó anteriormente, Salado de Malaver ha presentado importantes cambios en el nivel del agua, el cual puede también involucrar diferente cantidad de oxígeno, presencia de CO₂, que de alguna manera afecta a la especie bicarbonato en el medio y por lo tanto va a ser igualmente variable (Figura 107). En FT LV N°4 por su estado de acidez no hay presencia del ión bicarbonato.

En la mayoría de las fuentes termales se observó turbidez, como también mezcla con cuerpos de agua cercanos por el incremento de lluvia para esta época del año.

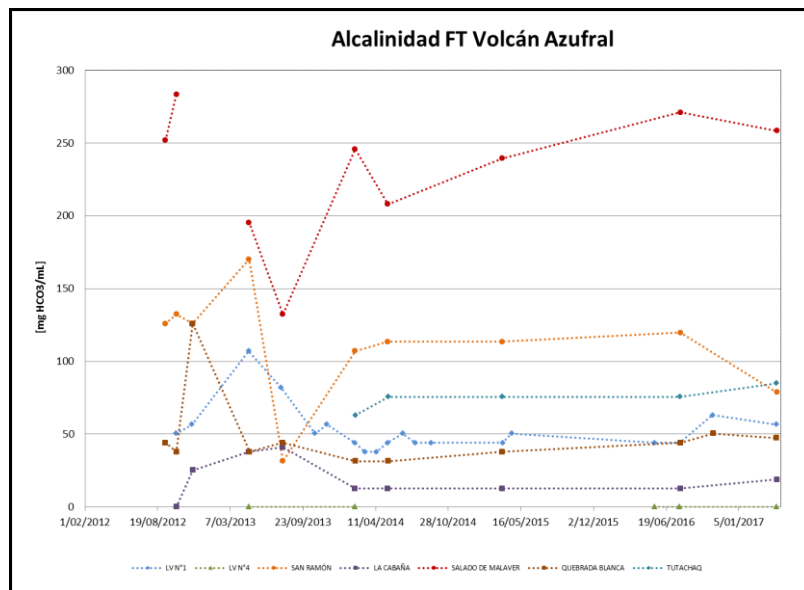


Figura 107. Comportamiento de la alcalinidad en las FT Volcan Azufraal-abril de 2017.

4.1.5.2 Muestreo de gases de origen volcánico

Se realizó el muestreo de gases de origen volcánico en el sector del campo fumarólico “Domo Mallama”, se presentan a continuación los datos de la medición de temperatura e imágenes digitales y térmicas sobre el muestreo de gases por el método

Giggenbach (Figura 108 y 109; Tabla 25). La temperatura registrada no presenta ningún cambio relevante con datos anteriores.

Tabla 25. Datos de temperatura fumarolas-Domo Mallama julio 2015.

TEMPERATURA [°C]
86.0
86.1
86.2



Figura 108. Muestreo de temperatura en fumarolas-Domo Mallama, volcán Azufra.

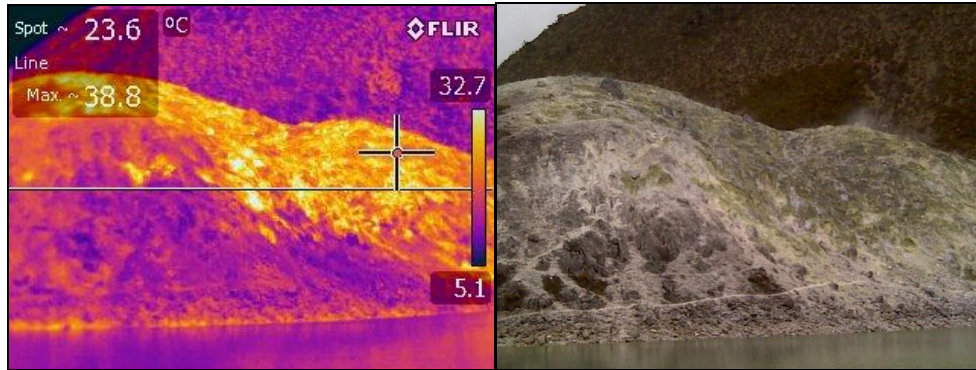


Figura 109. Imagen térmica-Domo Mallama, volcán Azufra.

4.3.6 Actividad Superficial

Las condiciones de clima favorables permitieron a través de las imágenes capturadas por la cámara instalada en el costado suroccidental de la laguna cratérea observar emisiones de gases de color blanco de baja altura provenientes del domo Mallama ubicado en el nororiente de la Laguna Verde para la mayor parte de los días del mes de abril.

Para el 22 de abril se resalta un incremento importante en los lugares y tasas de emisión de gases, particularmente desde el Domo Mallama, hecho por el cual se sugiere a CORPONARIÑO y Parques Nacionales de Colombia tomar las medidas preventivas que se estimen pertinentes, dada la alta afluencia de turistas y visitantes que suele tener el cráter del Volcán Azufra.

En las Figuras 110 a 114 se presentan algunas imágenes relacionadas con procesos de emisión de gases en el volcán Azufra.



Figura 110. Imágenes de emisión de gases del domo Mallama - volcán Azufral registradas el 8 de abril de 2017 en horas de la mañana, capturadas desde la cámara web ubicada al suroccidente del volcán.

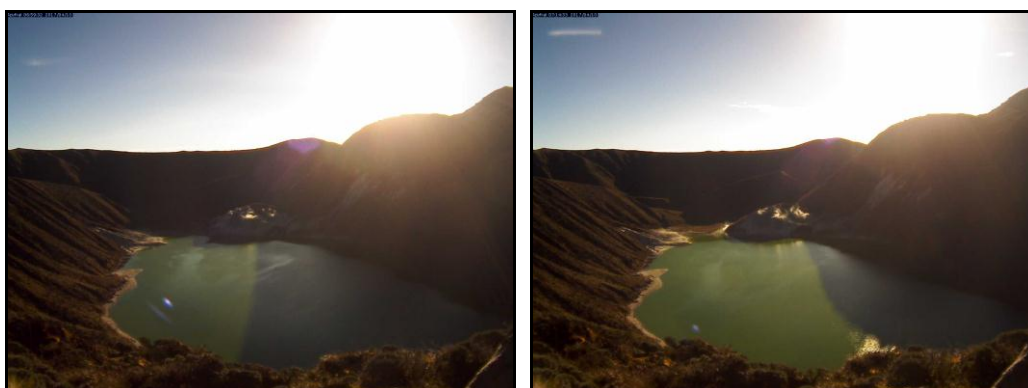


Figura 111. Imágenes de emisión de gases del domo Mallama - volcán Azufral registradas el 10 de abril de 2017 en horas de la mañana, capturadas desde la cámara web ubicada al suroccidente del volcán.

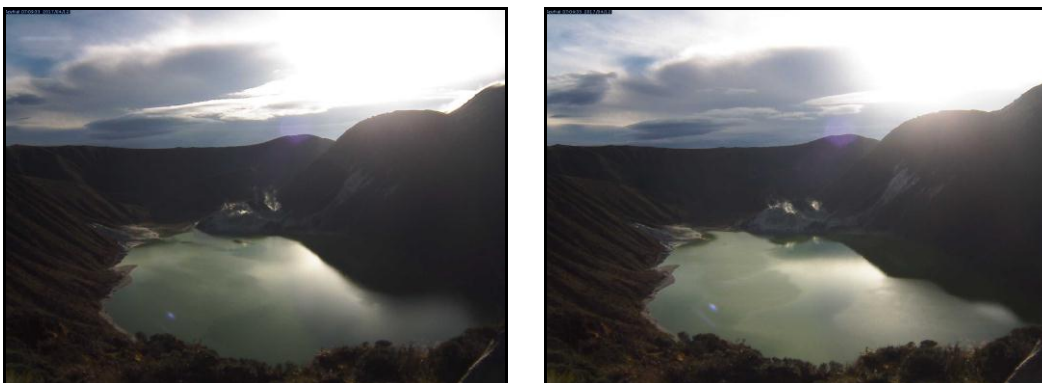


Figura 112. Imágenes de emisión de gases del domo Mallama - volcán Azufral registradas el 12 de abril de 2017 en horas de la mañana, capturadas desde la cámara web ubicada al suroccidente del volcán.



Figura 113. Imágen de emisión de gases del domo Mallama - volcán Azufraal registrada el 22 de abril de 2017, capturada desde la cámara web ubicada al suroccidente del volcán.



Figura 114. Imágenes de la emisión de gases del domo Mallama –Volcán Azufraal , registradas el 25 y 27 de abril de 2017 en horas de la mañana, capturadas desde la cámara web ubicada al suroccidente del volcán.

4.3.7 Conclusiones

- Las fuentes termales que hacen parte de la red de monitoreo de aguas de origen volcánico asociadas al volcán Azufraal entre los días 18 y 21 de abril de 2017, presentaron potenciales de Hidrógeno (pH) entre 2.2 (ácido) y 7,1 (neutro).

Servicio Geológico Colombiano

- El valor de pH continúa estable para el periodo evaluado (comparado con los registros desde el año 2014 hasta la fecha), manteniéndose dentro de los límites de neutralidad para las FT, con excepción de la FT LV N°4 que se encuentra dentro del rango ácido.
- Se registró un aumento relevante de temperatura para la FT LVN°1 (73.2°C), como también se observa que la FT Quebrada Blanca sobrepasa los 50°C y conserva este valor desde el mes de julio del año 2016 hasta la fecha y la FT San Ramón registra un valor menor comparado con datos anteriores.
- El rango de valores de temperatura divide a las FT en dos grupos, el primero con rangos entre 10°C y 35°C y el segundo entre 40°C y 75°C.
- El incremento de temperatura en la FT LV N°1 podría verse afectado por el sistema térmico del Domo Mallama (campo fumarólico activo), por transferencia de calor debido a su ubicación.
- Los dos grupos en los que se dividen las fuentes termales de la zona de influencia en Azufral por su temperatura, se pueden asociar el primero, por la cercanía al sistema volcánico e influenciado por el sistema magmático e hidrotermal del Azufral y el segundo por frecuente contacto con aguas someras como cuerpos de agua, acuíferos, agua de precipitación, entre otros.
- Para el caso de Salado de Malaver, el nivel y cantidad de agua en el manantial continua bajo desde el año 2015, por lo cual, el alto contenido de sales es un indicador de la saturación de estas especies químicas en el manantial.
- La FT Quebrada Blanca presentó para el periodo evaluado un valor de temperatura más alto que los anteriores, por lo que puede asociarse con una mayor cantidad de iones en el medio.
- La FT San Ramón, presentó mayor nivel de agua en el manantial y mezcla con agua de escorrentía, por lo que la disolución de los iones es más alta y por lo tanto menor conductividad eléctrica.
- La FT LV N°4, por encontrarse cercana a la Laguna Verde, presentó mezcla de agua con la termal y como consecuencia no se evidenciaron cambios claros para los parámetros de interés.

Servicio Geológico Colombiano

- La alcalinidad presentó un comportamiento variable en la mayoría de las FT, con excepción de la FT Salado de Malaver y el leve incremento en la FT Tutachag. La FT Salado de Malaver ha presentado importantes cambios en el nivel del agua y conductividad eléctrica y alcalinidad.
- La evaluación de la actividad volcánica de Azufral durante abril de 2017 permitió establecer el **NIVEL VERDE ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”**.