



***INFORME MENSUAL DE ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES
GALERAS, CUMBAL, CHILES – CERRO NEGRO,
LAS ÁNIMAS, DOÑA JUANA Y AZUFRAL
FEBRERO 2019***

San Juan de Pasto, marzo de 2019



**GOBIERNO
DE COLOMBIA**



MINMINAS

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO ©

Oscar Paredes Zapata
Director General

Marta Lucia Calvache Velasco
Dirección Técnica Geoamenazas

Cristian Mauricio López
Coordinador Grupo Trabajo Investigación Evaluación y Monitoreo Actividad Volcánica

Diego Mauricio Gómez Martínez
Coordinador grupo Trabajo Pasto

AUTORES

Adriana Ortega E
Betty Silva Parra
Carlos Andrés Laverde
Cárdenas Santacruz Rafael
Darío Fernando Arcos
Edgar Antonio Muñoz
Jorge Edison Mora Arroyo
John Meneses Muñoz
Jairo Antonio Ortiz
Lourdes Narváez Medina
Oscar Cadena
Paola Andrea Narváez
Patricia Ponce
Roberto Torres
Richard Mier Portilla
Viviana Burbano Ruales

Grupo de Trabajo Observatorio Pasto

CONTENIDO

1	ACTIVIDAD DEL VOLCÁN GALERAS – FEBRERO DE 2019	17
1.1	Red de Vigilancia	17
1.2	Sismología	22
1.3	Deformación	27
1.3.1	Inclinometría Electrónica	27
1.3.2	Estaciones GNSS Permanentes	32
1.3.3	Medición Electrónica de Distancias - EDM	34
1.4	Electromagnetismo	36
1.5	Geoquímica	41
1.5.1	Muestreo de Gases de Origen Volcánico en el Volcán Galeras	41
1.5.1.1	Concentración de gas radón difuso en el suelo	41
1.5.1.2	Estaciones Térmicas Paisita y Deformes.	44
1.5.1.3	Muestreo de aguas en fuentes termales-Volcán Galeras	46
1.5	Actividad Superficial	50
1.6	Conclusiones	55
2	ACTIVIDAD DEL VOLCÁN CUMBAL – FEBRERO DE 2019	56
2.1	Red de Vigilancia	56
2.2	Sismología	58
2.3	Deformación	63
2.4	Geoquímica	65
2.4.1	Muestreo de aguas en fuentes termales-volcán Cumbal.	65
2.5	Actividad Superficial	65
2.6	Conclusiones	68
3	ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO DE MAYASQUER – FEBRERO DE 2019.	69
3.1	Ubicación Geográfica	69
3.2	Red de Vigilancia	69
3.3	Sismología	72
3.4	Deformación	76
3.5	Geoquímica	78
3.5.1	Registro de temperatura – Estaciones térmica Termales Volcán Chiles	78
3.5.2.	Muestreo de aguas en fuentes termales - Volcán Chiles	79
3.6	Actividad Superficial	79
3.7	Conclusiones	80
4	ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES LAS ÁNIMAS, DOÑA JUANA Y AZUFRAL – FEBRERO DE 2019.	81
4.1	Actividad de los Volcanes Doña Juan y las Ánimas.	82
4.1.1	Red de Vigilancia	82

4.1.2	Sismología	84
4.1.3	Deformación	86
4.1.3.1	Inclinometría Electrónica	86
4.1.3.2	Estaciones GNSS Permanentes	89
4.1.4	Geoquímica	91
4.1.4.1	Muestreo de aguas en fuentes termales – Volcanes Las Ánimas y Doña Juana	91
4.1.5	Actividad Superficial	91
4.1.6	Conclusiones	91
4.2	Actividad del Volcán Azufral.	91
4.2.1	Red de Vigilancia	91
4.2.2	Sismología	93
4.2.3	Deformación	96
4.2.3.1	Inclinometría Electrónica	96
4.2.3.2	Estaciones GNSS Permanentes	97
4.2.3.3	Medición Electrónica de Distancias – EDM	99
4.2.4	Electromagnetismo	99
4.2.5	Geoquímica	103
4.2.5.1	Estación Térmica Mallama Volcán Azufral	103
4.2.5.2	Estación Climatológica La Roca	104
4.2.6	Actividad Superficial	106
4.2.7	Conclusiones	109
5	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de las estaciones sísmicas y sensores de infrasonido que conformaron la red de vigilancia de Galeras en febrero de 2019.	19
Figura 2. Localización de las estaciones para el seguimiento de la deformación (inclinómetros electrónicos, EDM y GNSS) que conformaron la red de vigilancia de Galeras en febrero de 2019.	19
Figura 3. Localización de las estaciones de campo magnético y eléctrico. Trampa Alcalina, ScanDOAS, sensores de gas Radón, termocuplas y fuentes termales que conformaron la red de vigilancia febrero de 2019.	21
Figura 4. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron las redes de monitoreo del volcán Galeras en febrero de 2019.	22
Figura 5. Número diario de eventos volcánicos por tipo, registrados en Galeras durante enero y febrero de 2019; el recuadro gris indica el periodo evaluado.	23
Figura 6. Comparación del número de sismos por tipo entre enero y febrero de 2019 y estadísticas del número de sismos por tipo para febrero de 2019.	24
Figura 7. Energía diaria liberada en términos de su raíz cuadrática, de eventos volcánicos por tipo, registrados en Galeras durante enero y febrero de 2019; el recuadro gris indica el periodo evaluado.	25
Figura 8. Comparación de la energía de los sismos por tipo entre enero y febrero de 2019 y estadísticas de la energía sísmica por tipo para febrero de 2019.	25
Figura 9. Localizaciones de sismos VT en la zona de influencia de Galeras, febrero de 2019.	26
Figura 10. 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 2018 y el 28 de febrero de 2019.	28
Figura 11. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Urcunina, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 20 de marzo de 2018 y el 28 de febrero de 2019.	28
Figura 12. 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 2018 y el 28 de febrero de 2019.	29
Figura 13. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Cóndor, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2018 y el 28 de febrero de 2019.	29
Figura 14. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad) y registro de la temperatura del inclinómetro electrónico Cráter, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2017 y el 28 de febrero de 2019.	30

Figura 15. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μ rad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2018 y el 28 de febrero de 2019.	30
Figura 16. Componentes de inclinación Norte y Este (μ rad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Cobanegra, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2018 y el 28 de febrero de 2019.	31
Figura 17. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μ rad) y registro de la temperatura del inclinómetro electrónico Huairatola, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2016 y el 28 de febrero de 2019.	31
Figura 18. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de las estaciones GNSS Permanentes Cráter, Cufiño y San Cayetano instaladas en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de marzo de 2018 y el 15 de febrero de 2019.	33
Figura 19. Ubicación de las Bases y prismas EDM, dispuestos sobre la superficie del Volcán Galeras para este tipo de medidas.	34
Figura 20. Información adquirida en ocupaciones de la red EDM, la última realizada el 25 de febrero de 2019. En la parte superior se muestran las variaciones en distancia obtenidas en ocupaciones de Bases para cada línea de medición desde el 2013; y en la parte inferior solo para el año 2018. En las gráficas se resaltan los enjambres sísmicos, el más reciente ocurrido en junio de 2018.	35
Figura 21. CMT-F en las estaciones de monitoreo magnético en Galeras: Kourou (negra), Frailejón (verde) y Deformes (roja) entre enero y febrero de 2019. La escala de medición del campo magnético está dada en nano Teslas (nT). Los recuadros azules muestran variaciones asociadas al registro de tormentas magnéticas.	37
Figura 22. CMT-F, en las estaciones de Kourou, Frailejón y Deformes, para enero y febrero de 2019, en comparación con los valores máximos diarios de alerta de tormentas solares, denominados índices Kp (naranja), del SWPC, para el mismo periodo de tiempo.	38
Figura 23. Frecuencias dominantes de los registros magnéticos, donde se identifican las frecuencias Variaciones del CMT-F, filtrando las frecuencias de 4.5 días, un día, 12 horas y 8 horas, en las estaciones de Kourou, Frailejón y Deformes en febrero de 2019.	39
Figura 24. Variaciones del CMT-F, filtrando las frecuencias dominantes asociadas a variaciones seculares, en las estaciones Kourou, Frailejón y Deformes en enero y febrero de 2019, comparados con los valores máximos diarios de alerta de tormentas solares, llamados índices Kp (rojo), del SWPC, para el mismo periodo de tiempo.	40
Figura 25. Mapa de localización de las estaciones telemétricas, utilizadas para medición de flujo de gas radón en zona de influencia del volcán Galeras.	42

Figura 26. Concentración radón difuso en suelo-volcán Galeras – estaciones Parques y Lirios-febrero 2019.	43
Figura 27. Temperatura fumarola El Paisita-Estación térmica perteneciente a la zona de influencia del Volcán Galeras – febrero de 2019.	44
Figura 28. Temperatura fumarola Deformes-Estación térmica perteneciente a la zona de influencia del Volcán Galeras – febrero de 2019.	45
Figura 29. Variación de pH FT- Volcán Galeras- febrero 2019.	47
Figura 30. Variación conductividad eléctrica FT - Volcán Galeras-febrero 2019.	48
Figura 31. Variación temperatura FT - Volcán Galeras-febrero 2019.	48
Figura 32. Variación alcalinidad FT – Volcán Galeras -febrero 2019.	49
Figura 33. Variación Potencial de óxido-reducción FT- Volcán Galeras-febrero 2019.	49
Figura 34. Registro fotográfico de la emisión de gases observada el 1 de febrero de 2019 desde las cámaras ubicadas en el sector de Bruma (izquierda) a las 05: 26 p.m., y Barranco (derecha) a las 06: 40 a.m.	50
Figura 35. Registro fotográfico de la emisión de gases observada el 2 de febrero de 2019 desde las cámaras ubicadas en el sector de Bruma (izquierda) a las 05: 57 p.m., y Barranco (derecha) a las 06: 14 p.m.	51
Figura 36. Registro fotográfico de la emisión de gases observada el 3 de febrero de 2019 desde las cámaras ubicadas en el sector de Bruma (izquierda) a las 07: 30 a.m., y Barranco (derecha) a las 12: 19 p.m.	51
Figura 37. Registro fotográfico de la emisión de gases observada el 6 de febrero de 2019 desde las cámaras ubicadas en el sector de Barranco (izquierda) a las 06: 12 p.m., y Bruma el día 07 de febrero de 2019 (derecha) a las 03: 27p.m.	51
Figura 38. Registro fotográfico de la emisión de gases observada el 8 de febrero de 2019 desde las cámaras ubicadas en el sector de Bruma (izquierda) a las 06: 38 p.m., y Barranco el día 11 de febrero de 2019 (derecha) a las 06: 09 a.m.	52
Figura 39. Registro fotográfico de la emisión de gases observada el 15 de febrero de 2019 desde la cámara ubicada en el sector de Barranco a las 02: 50 a.m., (izquierda) y a las 11: 29 a.m. (Derecha).	52
Figura 40. Registro fotográfico de la emisión de gases observada el 16 de febrero de 2019 desde las cámaras ubicadas en el sector de Bruma (izquierda) a las 06: 42 a.m., y Barranco el día 17 de febrero de 2019 (derecha) a las 05: 03p.m.	52
Figura 41. Registro fotogrametrico de emisiones de gases desde el crater principal y algunas fumarolas de la periferia del cono activo registrado desde Bruma, durante los dias 17 de febrero de 2019 (izquierda) a las 04:25 p.m y 18 de febrero de 2019 (derecha) a las 03:37 p.m.	53
Figura 42. Registro fotográfico de la emisión de gases observada el 19 de febrero de 2019 desde la cámara ubicada en el sector de Barranco a las 03: 31 a.m., (izquierda) y a las 10: 51 a.m. (derecha).	53

Figura 43. Registro fotográfico de la emisión de gases observada el 20 de febrero de 2019 desde la cámara ubicada en el sector de Bruma a las 05:44 p.m., (izquierda) y Barranco a las 06:26 p.m. (derecha).	53
Figura 44. Registro fotogrametrico de emisiones de gases desde el crater principal y algunas fumarolas de la periferia del cono activo registrado desde Barranco (izquierda), el dia 21 de febrero de 2019 a las 09:07 a.m y Bruma (derecha) el 22 de febrero de 2019 a las 04:41 p.m.	54
Figura 45. Registro fotogrametrico de emisiones de gases desde el crater principal y algunas fumarolas de la periferia del cono activo registrado desde Barranco (izquierda), el dia 23 de febrero de 2019 a las 06:39 p.m y Bruma (derecha) el 24 de febrero de 2019 a las 08:24 a.m.	54
Figura 46. Registro fotográfico de la emisión de gases observada el 25 de febrero de 2019 desde la cámara ubicada en el sector de Bruma a las 08:43 a.m., (izquierda) y Barranco a las 09:10 a.m. (derecha).	54
Figura 47. Mapa de localización de las estaciones telemétricas y no telemétricas que hacen parte de la red de monitoreo del complejo volcánico de Cumbal durante el mes de febrero de 2019.	57
Figura 48. Mapa de localización de las estaciones de deformación volcánica, inclinómetros electrónicos que forman parte de la red de vigilancia del Complejo Volcánico de Cumbal para el mes de febrero de 2019.	57
Figura 49. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico de Cumbal en febrero de 2019.	58
Figura 50. Ocurrencia diaria de sismos volcánicos por tipo en el CVC, durante enero y febrero de 2019. El recuadro gris resalta el periodo evaluado.	59
Figura 51. Comparación del número de sismos por tipo entre enero y febrero de 2019 y estadísticas del número de sismos por tipo para febrero de 2019.	60
Figura 52. Sismogramas y espectros en frecuencia de los eventos TOR de febrero de 2019 en las componentes verticales de las estaciones La Mesa y Limones del CVC.	61
Figura 53. Localizaciones de VT registrados en febrero de 2019 en el CVC.	62
Figura 54. Componentes de inclinación Norte y Este (μ rad) 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 2018 y el 28 de febrero de 2019.	63
Figura 55. 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 2018 y el 28 de febrero de 2019.	64

- Figura 56.** 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 2017 y el 28 de febrero de 2019. 64
- Figura 57.** 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 abril de 2018 y el 28 de febrero de 2019. 65
- Figura 58.** Imágenes de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal (sector El Verde), el 7 de febrero de 2019 a las 06:44 p.m., (Izquierda) y el 8 de febrero a las 05:10 p.m. (Derecha), capturadas desde la cámara ubicada en la estación Punta Vieja. 66
- Figura 59.** Imágenes de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal (sector El Verde), el 15 de febrero de 2019 a las 09:15 a.m., (Izquierda) y el 16 de febrero a las 00:22 a.m. (Derecha), capturadas desde la cámara ubicada en la estación Punta Vieja. 66
- Figura 60.** Registro fotogrametrico de emisiones de gases desde El Verde, registradas durante los días 16 de febrero de 2019 a las 07:38 p.m.(izquierda) y el 17 de febrero de 2019 a las 06:22 a.m (derecha) con la camara de Punta Vieja. 66
- Figura 61.** Imágenes de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal (sector El Verde), el 19 de febrero de 2019 a las 04 :00 a.m., (izquierda) y el 20 de febrero a las 11: 15 p.m. (derecha), capturadas desde la cámara ubicada en la estación Punta Vieja. 67
- Figura 62.** Imágenes de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal (sector El Verde), el 21 de febrero de 2019 a las 04 :21 a.m., (izquierda) y el 22 de febrero a las 05: 25 p.m. (derecha), capturadas desde la cámara ubicada en la estación Punta Vieja. 67
- Figura 63.** Imágenes de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal (sector El Verde), el 23 de febrero de 2019 a las 04 :32 p.m., (izquierda) y el 24 de febrero a las 06: 52 a.m. (derecha), capturadas desde la cámara ubicada en la estación Punta Vieja. 67
- Figura 64.** Imágenes de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal (sector El Verde), el 25 de febrero de 2019 a las 06 :18 a.m., (izquierda) y el 25 de febrero a las 04: 28 p.m. (derecha), capturadas desde la cámara ubicada en la estación Punta Vieja. 68
- Figura 65.** Localización de los volcanes Chiles y Cerro Negro (izquierda) e imágenes de los mismos (derecha). 69
- Figura 66.** Estaciones telemétricas y no telemétricas que hacen parte de la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro en el mes de febrero de 2019. 70

Figura 67. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que hacen parte de la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro en febrero de 2019.	72
Figura 68. Número diario de sismos en enero y febrero de 2019 en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro de Mayasquer, el recuadro gris resalta el periodo evaluado.	73
Figura 69. Energía diaria de sismos durante enero y febrero de 2019 en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro de Mayasquer, el contorno azul resalta el periodo evaluado.	73
Figura 70. Localizaciones de sismos VT registrados en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro de Mayasquer en febrero de 2019.	75
Figura 71. Componentes de inclinación Norte y Este (μ rad) 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 2016 y el 28 de febrero de 2019 (superior) y desde enero de 2018 hasta febrero de 2019 (inferior).	77
Figura 72. Componentes de inclinación Norte y Este (μ rad) 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 2018 y el 28 de febrero de 2019.	78
Figura 73. Temperatura estación térmica Baño Grande-Volcán Chiles-febrero 2019.	79
Figura 74. Localización de algunos volcanes del sur de Colombia, entre ellos están Galeras, Doña Juana, Azufra, Cumbal, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro monitoreados por el OVSP - Servicio Geológico Colombiano	81
Figura 75. Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas durante el mes de febrero de 2019.	83
Figura 76. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que hacen parte de la red de monitoreo de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas en febrero de 2019.	84
Figura 77. Ocurrencia diaria de sismos por tipo en la zona de influencia de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas, durante enero y febrero de 2019. El recuadro gris resalta el periodo evaluado.	85
Figura 78. Sismos VT localizados en la región de influencia de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas, en febrero de 2019.	86
Figura 79. Componentes de inclinación Norte y Este (μ rad) 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 2018 y el 28 de febrero de 2019.	87
Figura 80. Componentes de inclinación Norte y Este (μ rad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Petroglifo, instalado en el volcán Las	

Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de septiembre de 2017 y el 28 de febrero de 2019.	87
Figura 81. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Páramo, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2018 y el 28 de febrero de 2019.	88
Figura 82. 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 septiembre de 2017 y el 28 de febrero de 2019.	89
Figura 83. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de las estaciones GNSS Permanentes La Palma y Lavas instaladas sobre la superficie del volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de marzo de 2018 y el 15 de febrero de 2019.	90
Figura 84. Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo sísmico y geoquímico del volcán Azufraal durante el mes de febrero de 2019.	92
Figura 85. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo en deformación y cámara web del volcán Azufraal en el mes de febrero de 2019.	92
Figura 86. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufraal durante febrero de 2019.	93
Figura 87. Ocurrencia diaria de sismos por tipo en Azufraal, durante enero y febrero de 2019. El recuadro gris resalta el periodo evaluado.	95
Figura 88. Comparación del número de sismos por tipo entre enero y febrero de 2019 y estadísticas del número de sismos por tipo para febrero de 2019.	95
Figura 89. Localizaciones de sismos VT registrados en Azufraal, en febrero de 2019.	96
Figura 90. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro La Roca, instalado en el volcán Azufraal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2018 y el 28 de febrero de 2019.	97
Figura 91. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de las estaciones GNSS Permanentes La Roca y Lobo instaladas sobre la superficie del volcán Azufraal, para el periodo comprendido entre el 1 de marzo de 2018 y el 15 de febrero de 2019.	98
Figura 92. Registro de la componente total del Campo Magnético Terrestre Total (F), en la estación de monitoreo magnético en Azufraal, Kourou (negra) y Lobo (naranja) entre enero y febrero de 2019. La escala de medición del CMT (F) está dada en nano Teslas (nT).	99
Figura 93. CMT-F, en las estaciones Kourou y Lobo, entre enero y febrero de 2019, comparadas con los valores máximos diarios de alerta de tormentas solares, denominados índices Kp (rojo), del SWPC, para el mismo periodo.	100

Figura 94. Frecuencias dominantes de los registros magnéticos, donde se identifican las frecuencias Variaciones del CMT-F, filtrando las frecuencias de 4.5 días, un día, 1 horas y 8 horas, en las estaciones de Lobo y Kourou.	101
Figura 95. CMT-F, filtrando las frecuencias de 4.5 días, un día, 1 horas y 8 horas, en las estaciones de Lobo y Kourou, en enero y febrero de 2019, comparadas con los valores máximos diarios de alerta de tormentas solares, Kp (rojo), emitidas por el SWPC, para el mismo periodo.	101
Figura 96. CEH, en la estación Lobo (naranja), para el periodo entre enero y febrero de 2019, en comparación con el comportamiento de las lluvias en la zona del volcán Azuftral (Pluviómetro – azul). La escala de medición de Lobo está en milivoltios (mV) y del pluviómetro en mm.	102
Figura 97. Variaciones del CEH, en la estación de Lobo, para el mes de enero y febrero de 2019. La escala de medición está dada en milivoltio (mV).	102
Figura 98. Frecuencias dominantes del registro eléctrico de la estación Lobo, en el volcán Azuftral.	103
Figura 99. Variaciones propias del CEH, en las estaciones de monitoreo eléctrico Lobo, en el volcán Azuftral. La escala de medición del CEH está dada en milivoltio (mV).	103
Figura 100. Temperatura Domo Mallama-Estación térmica perteneciente a la zona de influencia del Volcán Azuftral – febrero 2019.	104
Figura 101. Variaciones parámetros estación climatológica La Roca Volcán Azuftral – febrero 2019.	105
Figura 102. Imágenes de emisión de gases del domo Mallama - volcán Azuftral registrada el 1 de febrero de 2019 a las 02: 15 p.m., (izquierda) y el 3 de febrero de 2019 a 08: 10 a.m. (derecha), capturada desde la cámara WEB ubicada al suroccidente del volcán.	106
Figura 103. Imágenes de emisión de gases del domo Mallama - volcán Azuftral registrada el 7 de febrero de 2019 a la 01: 35 p.m., (izquierda) y el 8 de febrero de 2019 a las 03: 10 p.m. (derecha), capturada desde la cámara WEB ubicada al suroccidente del volcán.	107
Figura 104. Imágenes de emisión de gases del domo Mallama - volcán Azuftral registrada el 10 de febrero de 2019 a las 04: 00 p.m., (izquierda) y el 11 de febrero de 2019 a las 11: 45 a.m. (derecha), capturada desde la cámara WEB ubicada al suroccidente del volcán.	107
Figura 105. Imágenes de emisión de gases del domo Mallama - volcán Azuftral registrada el 15 de febrero de 2019 a las 09: 45 a.m., (izquierda) y el 16 de febrero de 2019 a las 06: 40 p.m. (derecha), capturada desde la cámara WEB ubicada al suroccidente del volcán.	108
Figura 106. Imágenes de emisión de gases del domo Mallama - volcán Azuftral registrada el 19 de febrero de 2019 a las 12: 30 p.m., (izquierda) y el 22 de febrero	

de 2019 a las 03: 25 p.m. (derecha), capturada desde la cámara WEB ubicada al suroccidente del volcán.	108
Figura 107. Imágenes de emisión de gases del domo Mallama - volcán Azufral registrada el 23 de febrero de 2019 a las 12: 25 p.m., (izquierda) y 25 de febrero de 2019 a las 06: 25 a.m. (derecha), capturada desde la cámara WEB ubicada al suroccidente del volcán.	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estaciones sísmicas y sensores acústicos de la red de monitoreo de Galeras en febrero de 2019.	18
Tabla 2. Inclínómetros electrónicos telemétricos que forman parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras en febrero de 2019.	20
Tabla 3. Estaciones GNSS telemétricas que forman parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras en febrero de 2019.	20
Tabla 4. Estaciones que conforman la red de instrumentos ScanDOAS del proyecto NOVAC en el volcán Galeras en febrero de 2019.	21
Tabla 5. Estaciones que monitorean las variaciones del campo de potencial eléctrico y magnético ocasionadas por la actividad del volcán Galeras.	21
Tabla 6. Estaciones para el monitoreo de gas Radón instaladas sobre la vía de acceso a Galeras.	22
Tabla 7. Número de eventos volcánicos por tipo, enero y febrero de 2019, volcán Galeras.	23
Tabla 8. Energía de eventos volcánicos por tipo, enero y febrero de 2019, volcán Galeras.	24
Tabla 9. Sismos con ML mayor o igual a 1.3 grados, volcán Galeras, febrero de 2019.	26
Tabla 10. Valores de concentración de radón en la estación Los Lirios –Volcán Galeras–febrero 2019.	43
Tabla 11. Valores de temperatura en Fumarola El Paisita del área de influencia del volcán Galeras – febrero 2019.	45
Tabla 12. Valores de temperatura en Fumarola Deformes del área de influencia del volcán Galeras – febrero 2019.	45
Tabla 13. Imágenes fotográficas de las fuentes termales de la zona de influencia del volcán Galeras - febrero 2019 (A – Río Pasto, B – Cehani y C – Aguas Agrías).	46
Tabla 14. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del complejo volcánico de Cumbal en febrero de 2019.	56

Tabla 15. Número de sismos volcánicos por tipo, en el CVC, enero y febrero de 2019.	58
Tabla 16. Sismos con ML mayor o igual a 1.2 registrados en el CVC en febrero de 2019.	62
Tabla 17. Estaciones que conforman la red de vigilancia de la actividad de los volcanes Chiles y Cerro Negro.	70
Tabla 18. Ubicación geográfica (WGS84) de las fuentes termales y frías del área de influencia del volcán Chiles.	71
Tabla 19. Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en enero y febrero de 2019 en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro de Mayasquer.	72
Tabla 20. Energía de eventos VT, ocurridos en enero y febrero de 2019 en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro de Mayasquer.	73
Tabla 21. Sismos VT sentidos en Chiles - Cerro Negro, febrero de 2019.	75
Tabla 22. Valores de temperatura en FT Baño Grande en el área de influencia del volcán Chiles – febrero 2019.	79
Tabla 23. Estaciones que forman parte de la red de vigilancia de la actividad de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas en febrero de 2019.	82
Tabla 24. Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en enero y febrero de 2019 en la región de influencia de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas.	84
Tabla 25. Sismo con ML 1.0 registrado en febrero de 2019 en la zona de influencia de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas.	85
Tabla 26. Estaciones que conformaron la red de vigilancia del volcán AzufraI en el mes de febrero de 2019.	93
Tabla 27. Número de eventos volcánicos por tipo, volcán AzufraI, febrero de 2019.	94
Tabla 28. Sismos con ML mayor o igual a 2.5 registrados en febrero de 2019 en la zona de influencia del volcán AzufraI.	94
Tabla 29. Valores de temperatura en la estación térmica Domo Mallama perteneciente a la zona de influencia del volcán AzufraI – febrero 2019.	104
Tabla 30. Datos parámetros estación climatológica La Roca - febrero 2019.	106

RESUMEN

Para el periodo evaluado se mantienen los niveles de ocurrencia para Galeras, similares a los reportados en meses anteriores, con un total para febrero de 74 sismos, 68 asociados con fractura de roca, en su mayoría ubicados hacia el noreste del cráter principal, en general las profundidades estuvieron entre 0.2 y 14 km y la magnitud local máxima fue de 1.4 en la escala de Richter. Continúan las tendencias ascendentes en las líneas de medición EDM de los prismas ubicados hacia el nororiente del volcán.

La sismicidad en el complejo volcánico de Cumbal mostró un incremento del 8% en su ocurrencia pasando de 1253 a 1359 eventos en comparación con el mes de enero. La sismicidad dominante fue la asociada con movimiento de fluidos de fuente transitoria al interior del volcán con 670 eventos que representan el 49% del total. La mayoría se ubicaron en inmediaciones de la cima del complejo volcánico hacia el sector norte, a distancias entre cero y 2.5 km con respecto a La Plazuela, ML máxima de 0.7 y profundidades menores de 7 km. Fue posible observar emisiones de gases, de color blanco y dispersión variable por acción de los vientos, provenientes principalmente desde el campo fumarólico El Verde (sector noreste).

En los volcanes Chiles y Cerro Negro se observó un incremento del 9.6% en la ocurrencia sísmica, pasando de 18276 a 20028 eventos, con respecto a enero. Continúa el predominio de la sismicidad asociada con fractura de roca al interior del volcán con 19992 sismos que representan el 99.8% del total de eventos, además, fueron clasificados 17 sismos como LP y 19 como HIB. El sismo más energético ocurrió el día 14 de febrero a la 01:24 am, se ubicó a 15.7 km al suroriente de Chiles, con profundidad de 16.5 km y magnitud local de 4.9 en la escala de Richter, se reportó sentido en Ipiales, Córdoba, Puerres, Potosí, Cumbal, en Colombia, Tulcán, Tufiño, Maldonado en Ecuador y en otros poblados de la zona epicentral en los dos países. En Ecuador se reportaron daños en muros y techos de edificaciones y pequeños deslizamientos, asociados con este sismo.

La ocurrencia sísmica en febrero para la región de influencia de los volcanes Las Ánimas y Doña Juana muestra niveles bajos, tanto en ocurrencia como en la energía liberada, predominando la sismicidad asociada a fractura de material rocoso. Para Azufral se resalta el sismo de magnitud local 3.0, ocurrido el día 12 de febrero a las 13:59 hora local, ubicado a 8.7 km al suroriente de la cima de Azufral, con profundidad de 16.4 km, el cual fue reportado como sentido en el sector de Potrerillos del municipio de Túquerres (N).

INTRODUCCIÓN

A lo largo del periodo evaluado, 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, 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 que 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 primario de los datos instrumentales y de las observaciones directas 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 – FEBRERO DE 2019

1.1 Red de Vigilancia

Para el mes de febrero de 2019 la red de vigilancia del volcán Galeras estuvo conformada por:

- Dieciséis estaciones sísmicas telemétricas triaxiales: cuatro de corto periodo y doce de banda ancha (Figura 1, Tabla 1).
- Tres sensores de infrasonido, ubicados en los sitios de las estaciones sísmicas Calabozo al occidente, Cráter-2 al sur e Ingenio al noroccidente (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).
- Doce estaciones permanentes GNSS (Sistema Global de Navegación Satelital) telemétricas (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 ScanDOAS 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, Deformes, 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).

La red instrumental de monitoreo y vigilancia del volcán Galeras presentó un porcentaje de funcionamiento del 93 % (Figura 4). La estación para monitoreo de Dióxido de Azufre SO₂ Santa Bárbara fue reinstalada en el sector conocido como Barranco el día 26 de febrero, fecha desde la cual se encuentra funcionando correctamente. No se tiene registro de datos de las estaciones para monitoreo de Dióxido de Azufre SO₂ Alto Tinajillas y Alto Jiménez debido a daños en la repetidora Alto de la Palma, los cuales requieren de una intervención física en la zona. Las estaciones para monitoreo de gas radón Lavas y Lirios presentaron bajos porcentajes de funcionamiento debido a problemas de hardware en la tarjeta digitalizadora. La estación Arlés presentó pérdida de información esporádica por problemas de radioenlace, los cuales fueron resueltos de manera remota. La estación multiparámetro Cráter (Sísmica, acústica, meteorológica, GNSS y repetidora) salió de funcionamiento el día 3 de febrero debido a daños por tormenta eléctrica en la zona, se han realizado trabajos de campo de manera progresiva para lograr recuperar el registro total de este emplazamiento, y actualmente solo se necesita la reinstalación de la estación meteorológica para recuperarla en su 100%, los demás equipos ya se encuentran funcionando con normalidad.

Tabla 1. Estaciones sísmicas y sensores acústicos de la red de monitoreo de Galeras en febrero de 2019.

Estación	Código	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia al Cráter (Km)	Dirección Respecto al Cráter	Altitud (msnm)
Cóndor	COND	Digital	Sismómetro Corto Período	Triaxial	4,4	SW	3977
Calabozo	CAVZ	Digital	Sismómetro Corto Período	Triaxial	6,9	WSW	2313
Morasurco	MORZ	Digital	Sismómetro Corto Período	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	SW	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
Tosoabí	TOSZ	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	10,6	ENE	2898
Cóndor	CONA	Digital	Sensor de Presión Acústica	Uniaxial	4,4	SW	3977
Cráter	CRAC	Digital	Sensor de infrasonido	Uniaxial	1,5	S	4032
Calabozo	CAMI	Digital	Sensor de infrasonido	Uniaxial	6,9	WSW	2313

Tabla 2. Inclínómetros electrónicos telemétricos que forman parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras en febrero de 2019.

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
Cóndor	4,9	SW	3985
Calabozo	7,1	WSW	2350

Tabla 3. Estaciones GNSS telemétricas que forman parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras en febrero de 2019.

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
Cóndor Pasto	4.9	SW	3985
Cobanegra	3.9	SSE	3625
Mapachico	2.9	NE	3268

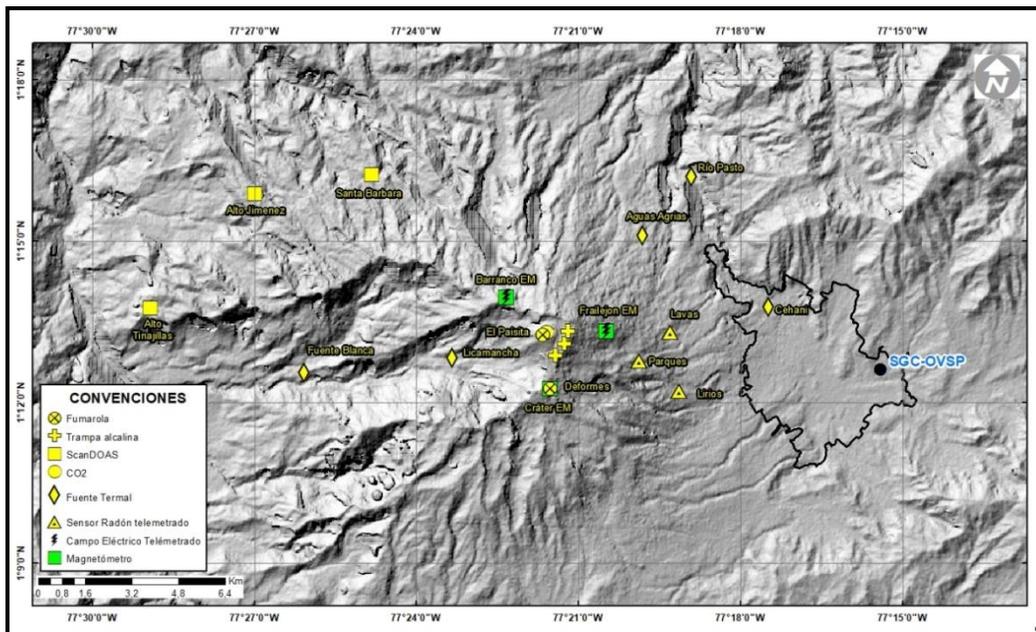


Figura 3. Localización de las estaciones de campo magnético y eléctrico. Trampa Alcalina, ScanDOAS, sensores de gas Radón, termocuplas y fuentes termales que conformaron la red de vigilancia febrero de 2019.

Tabla 4. Estaciones que conforman la red de instrumentos ScanDOAS del proyecto NOVAC en el volcán Galeras en febrero de 2019.

Estación	Distancia al Cráter (Km)	Ángulo del Scan (°)	Altura de referencia de la pluma *(m)	Dirección compás (°contra-azimut)	Ubicación respecto al cráter	Altitud (msnm)
Santa Bárbara	7.9	60	1600	131	NNW	2600
Alto Jiménez	10.8	90	1800	115	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
Deformes	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

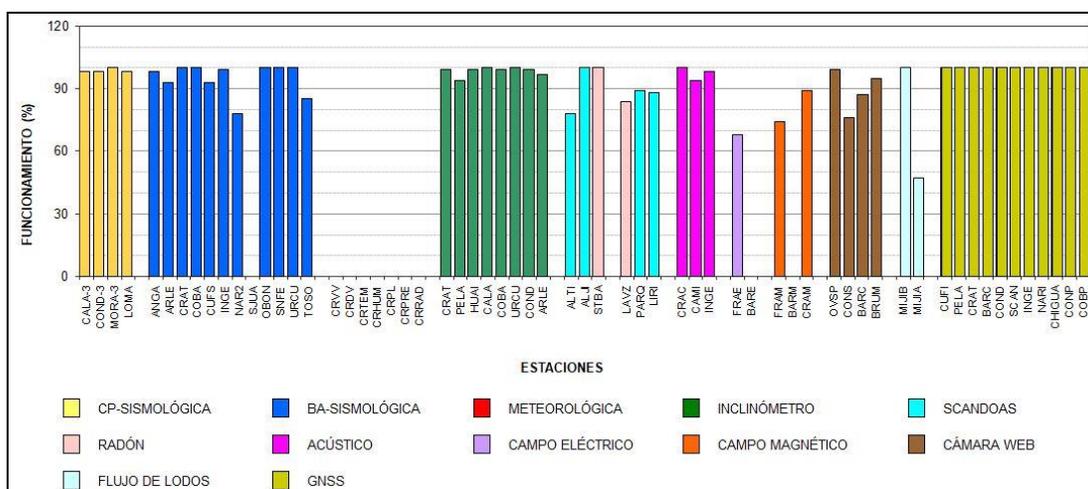


Figura 4. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron las redes de monitoreo del volcán Galeras en febrero de 2019.

1.2 Sismología

Con respecto a enero de 2019, la sismicidad volcánica de febrero se incrementó un 9%, pasando de 68 a 74 eventos. Se mantuvo el predominio de la sismicidad asociada con fractura de material cortical al interior del volcán (VT) con 68 sismos que representan el 92% del total. También se registraron 5 sismos asociados con tránsito de fluidos de fuente transitoria (LP) y un evento que conjuga las características de fractura de roca seguida por el tránsito de fluidos, o de tipo híbrido (HIB), que representan el 7% y 1% de la ocurrencia, respectivamente. No se registraron eventos de fluidos de fuente permanente o episodios de tremor o (TRE). Los sismos de tipo VT incrementaron su número un 3%, pasando de 66 a 68 eventos; los sismos LP multiplicaron su número 5 veces, pasando de 1 a 5 eventos y los sismos HIB mantuvieron su número. El 20 de febrero se presentó el pico de ocurrencia sísmica con 10 eventos, 8 VT y 2 LP (Tabla 7, Figura 5 y 6).

Tabla 7. Número de eventos volcánicos por tipo, enero y febrero de 2019, volcán Galeras.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo				
	VT	LPS	TRE	HIB	TOTAL
Enero de 2019	66	1	0	1	68
Febrero de 2019	68	5	0	1	74

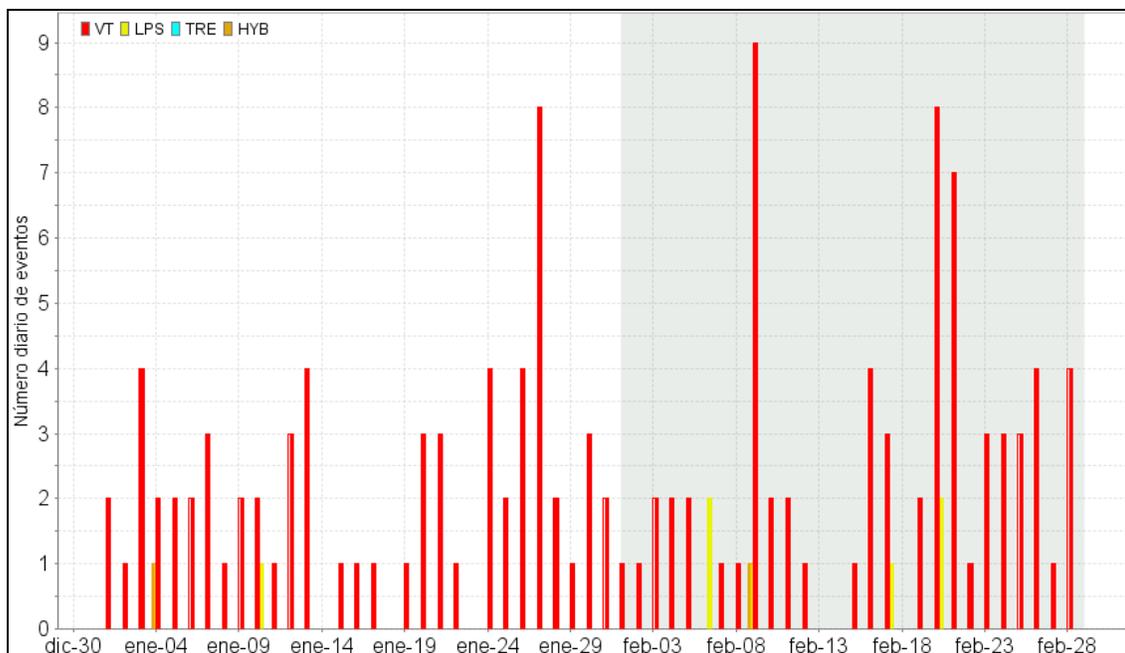


Figura 5. Número diario de eventos volcánicos por tipo, registrados en Galeras durante enero y febrero de 2019; el recuadro gris indica el periodo evaluado.

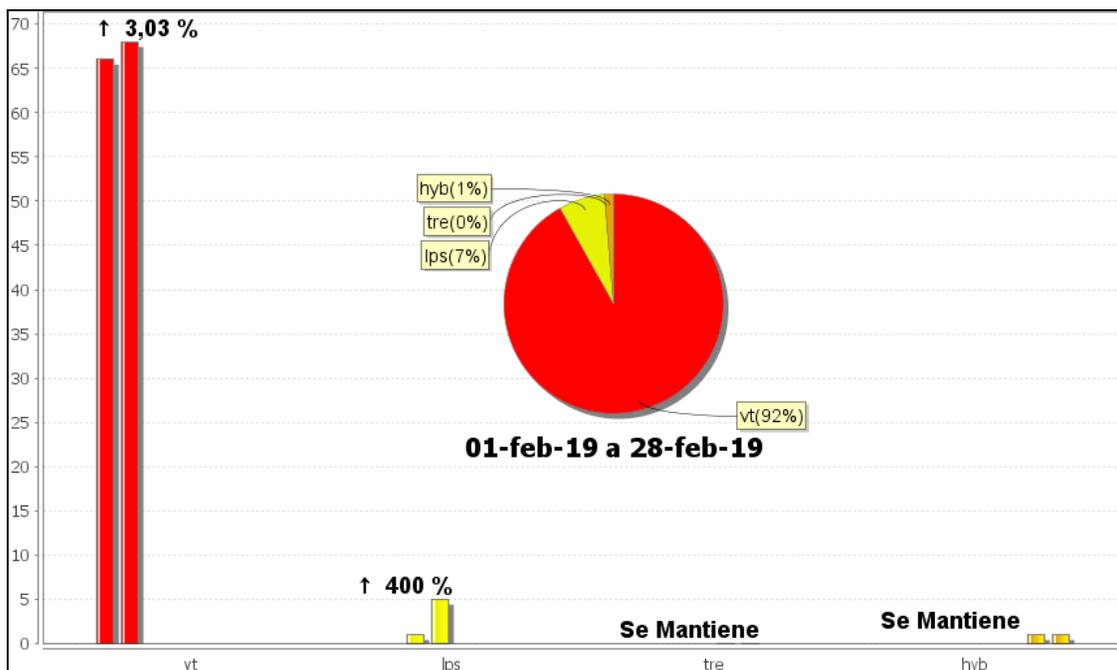


Figura 6. Comparación del número de sismos por tipo entre enero y febrero de 2019 y estadísticas del número de sismos por tipo para febrero de 2019.

La energía sísmica liberada registró una importante disminución de dos órdenes de magnitud, equivalente a una disminución del 98%, pasando de 3.16×10^{13} ergios a 4.52×10^{11} ergios. El mayor aporte energético también se debió a los eventos de tipo VT con el 99.7% de la energía sísmica calculada, correspondiente a 4.51×10^{11} ergios; la energía sumada de los otros tipos de eventos es equivalente al 0.3%. Los sismos de tipo VT también disminuyeron su energía en 2 órdenes de magnitud, pasando de 3.10×10^{13} ergios a 4.51×10^{11} ergios; los sismos de tipo LP también disminuyeron su energía en dos órdenes de magnitud, pasando de 5.81×10^{11} ergios a 1.52×10^9 ergios. Los picos energéticos del mes fueron registrados en los días 1 y 21 de febrero con 1.44×10^{11} ergios y 1.43×10^{11} ergios, debidos a 1 VT y 7 VT respectivamente (Tabla 8, Figuras 7 y 8).

Tabla 8. Energía de eventos volcánicos por tipo, enero y febrero de 2019, volcán Galeras.

Periodo Evaluado	Energía de eventos por tipo				
	VT	LPS	TRE	HIB	TOTAL
Enero de 2019	3.10E+13	5.81E+11	0	1.32E+08	3.16E+13
Febrero de 2019	4.51E+11	1.52E+09	0	1.34E+08	4.52E+11

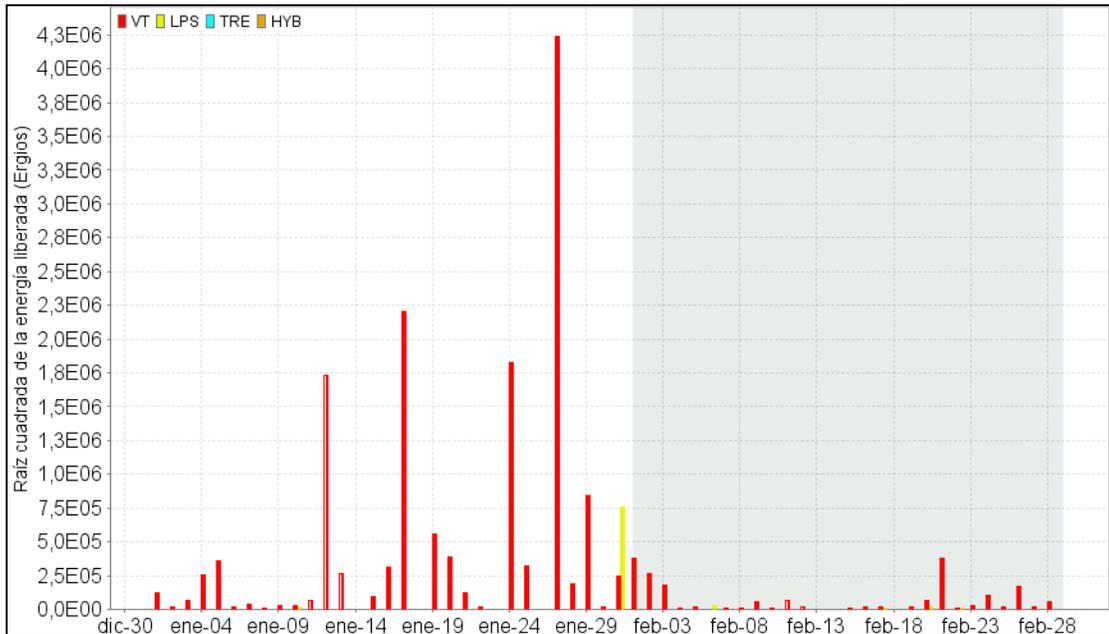


Figura 7. Energía diaria liberada en términos de su raíz cuadrática, de eventos volcánicos por tipo, registrados en Galeras durante enero y febrero de 2019; el recuadro gris indica el periodo evaluado.

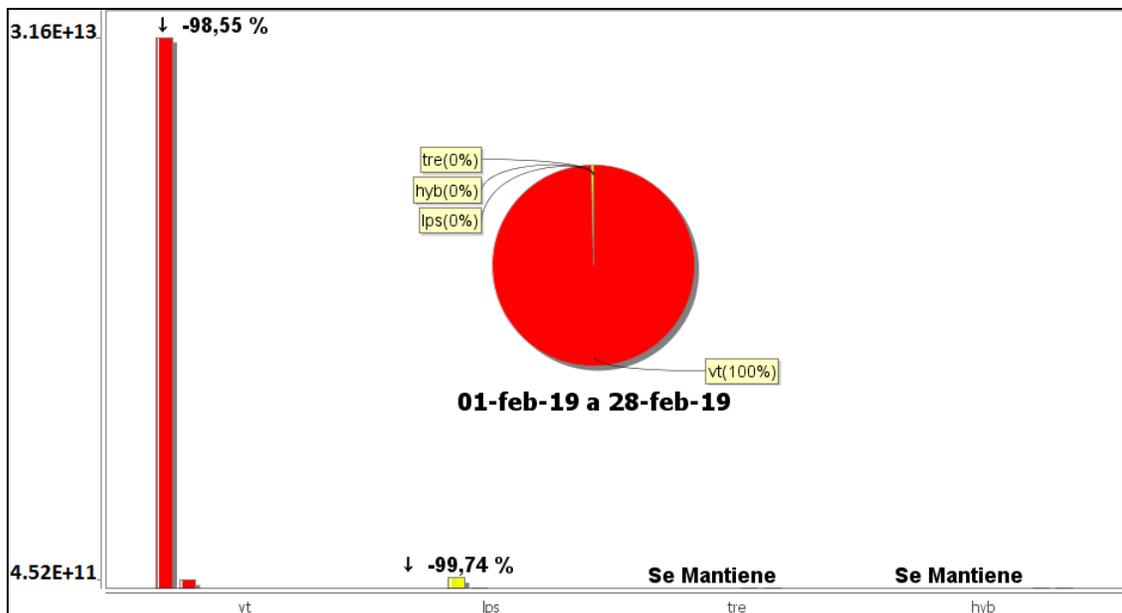


Figura 8. Comparación de la energía de los sismos por tipo entre enero y febrero de 2019 y estadísticas de la energía sísmica por tipo para febrero de 2019.

Se localizaron 38 VT, ubicados la mayoría en el cuadrante noreste de la zona de influencia de Galeras y otros pocos sismos de manera dispersa. En general, los eventos se localizaron a distancias entre 2.0 y 16.5 km, profundidades entre 0.2 y 14 km con respecto a su cima (4270 msnm) y su magnitud local máxima fue de 1.4 en la escala de Richter (Figura 9).

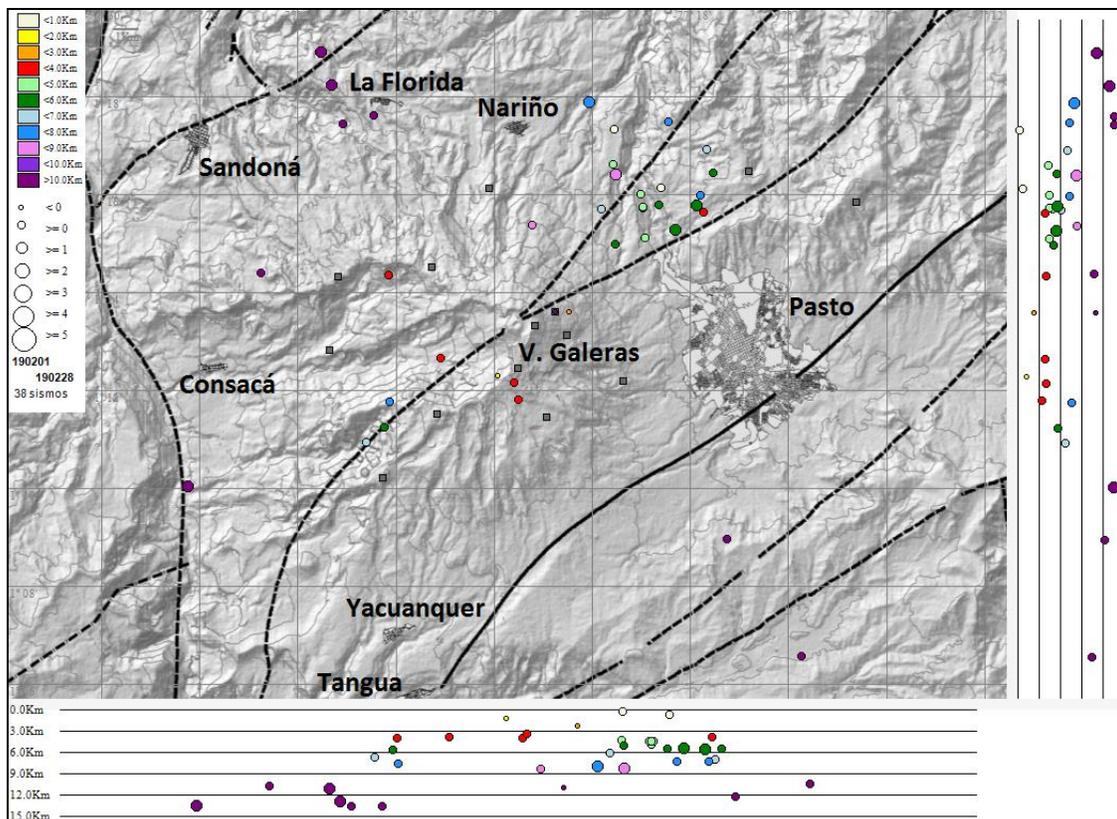


Figura 9. Localizaciones de sismos VT en la zona de influencia de Galeras, febrero de 2019.

La magnitud local de la mayoría de los sismos es pequeña, pues son eventos de baja energía, se destacan tres sismos VT, con magnitud local igual o superior a 1.3 en la escala de Richter y en la Tabla 9 se consignan sus características de localización.

Tabla 9. Sismos con ML mayor o igual a 1.3 grados, volcán Galeras, febrero de 2019.

Fecha	Hora local	Latitud	Longitud	Prof. km	ML
26/02/2019	01:45	1-16.41	77-19.51	8	1.4
26/02/2019	20:22	1-18.90	77-25.54	11	1.3
28/02/2019	19:25	1-18.24	77-25.32	13	1.4

1.3 Deformación

A lo largo del mes de febrero de 2019, la red de deformación estuvo conformada por 8 inclinómetros electrónicos, una red de EDM (Medición Electrónica de Distancias) y 12 estaciones GNSS Permanentes telemétricas.

1.3.1 Inclinometría Electrónica

Se evidencian comportamientos estables en las componentes de inclinación de las estaciones Arlés, Urcunina y Calabozo (Figuras 10, 11 y 12).

Las fluctuaciones observadas en los registros de los inclinómetros electrónicos Cóndor, Cráter y Peladitos son muy similares a los reportados por el sensor de temperatura del equipo (Figuras 13, 14 y 15).

En Cobanegra (Figura 16), en el mes de noviembre de 2018 se observó un comportamiento descendente en la componente Norte, con un cambio de pendiente muy pronunciado, por lo cual hacia finales del mes se niveló el sensor, posteriormente se evidencia una tendencia ascendente en esta componente, registrando cerca de 12 urad desde el 12 de diciembre de 2018, en la componente de inclinación Este, continua el registro ascendente, alcanzando 26 urad entre el 11 de agosto de 2018 y el 28 de febrero de 2019.

Para Huairatola continúan los comportamientos similares a los reportados en periodos anteriores (Figura 17), ascendente en la componente Radial (28 urad desde mayo de 2017) y descendente en la Tangencial (67 urad desde enero de 2018).

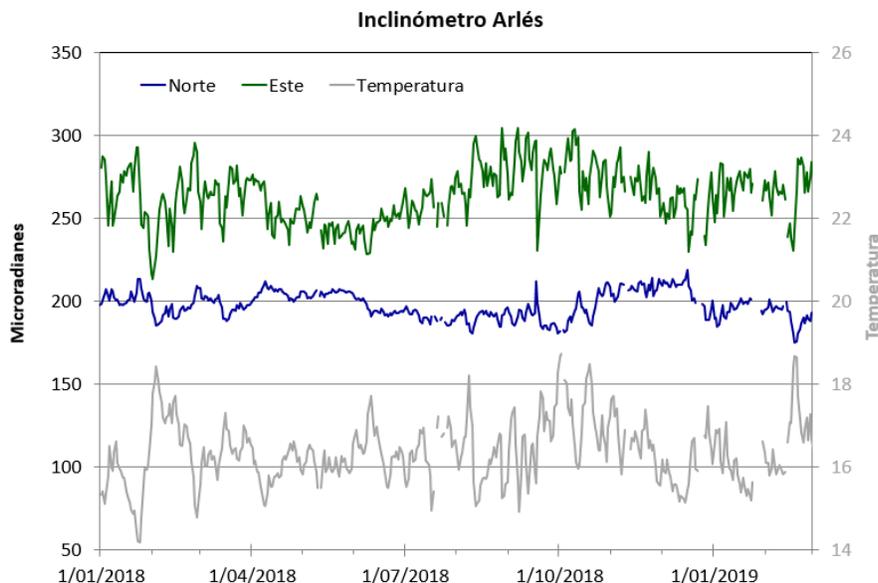


Figura 10. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Arlés, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2018 y el 28 de febrero de 2019.

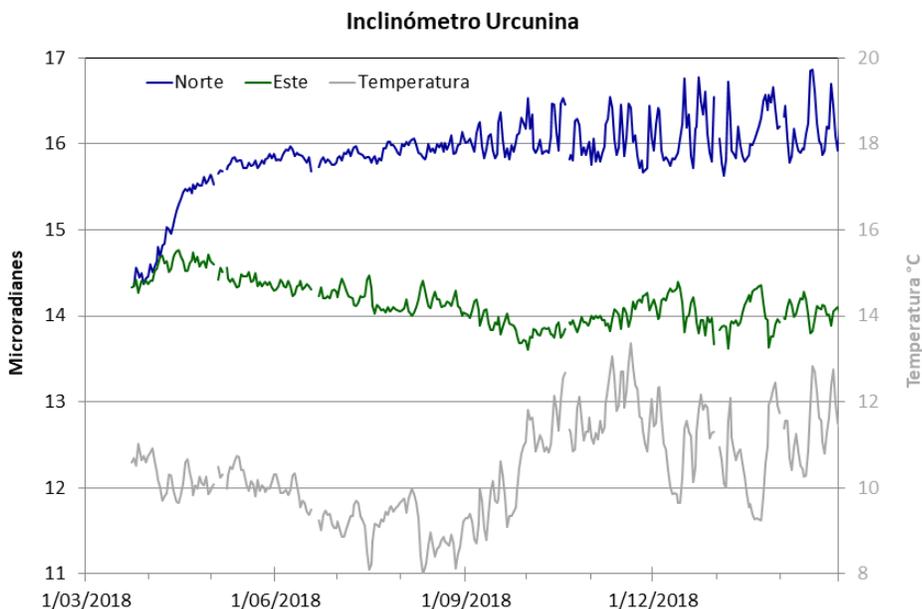


Figura 11. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Urcunina, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 20 de marzo de 2018 y el 28 de febrero de 2019.

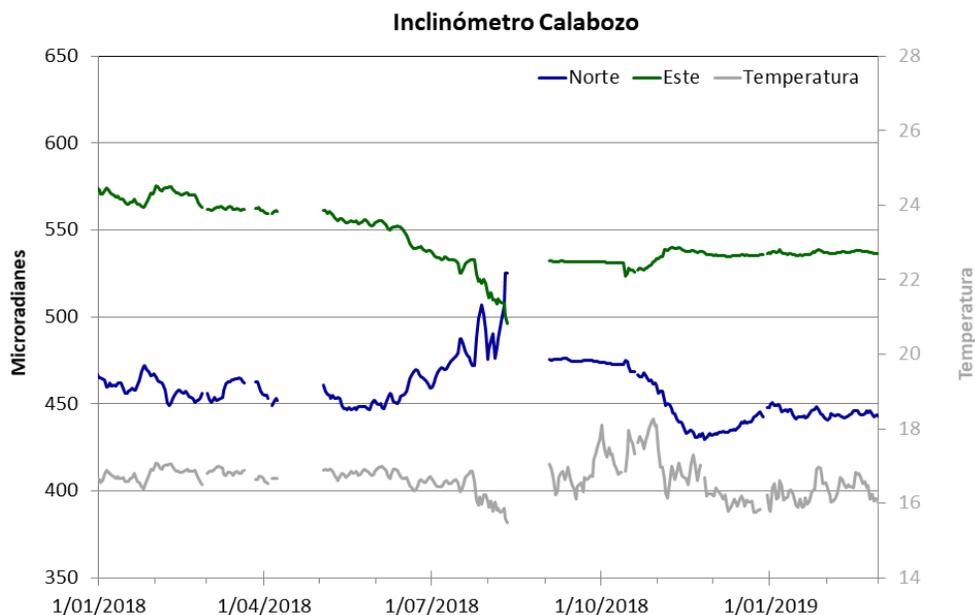


Figura 12. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2018 y el 28 de febrero de 2019.

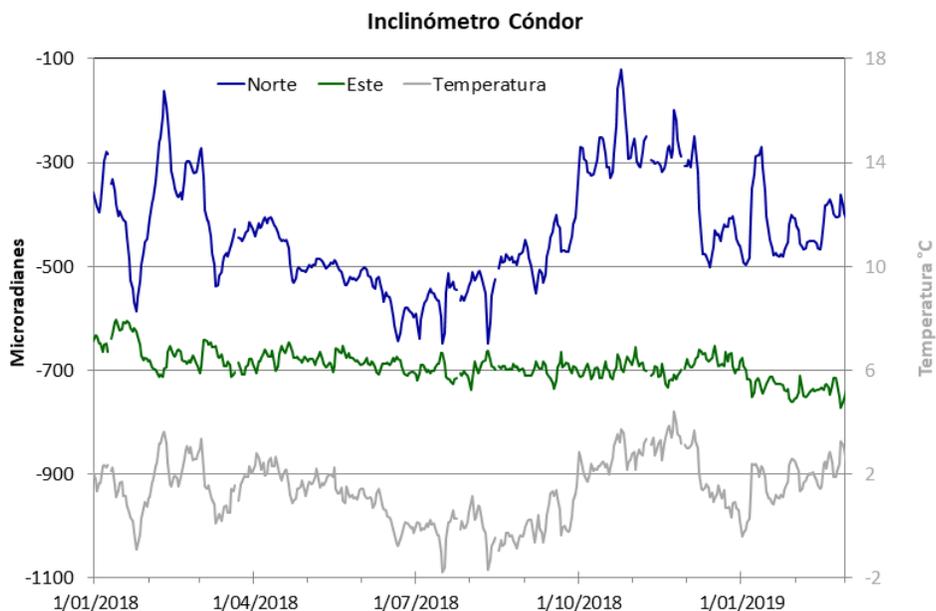


Figura 13. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Cóndor, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2018 y el 28 de febrero de 2019.

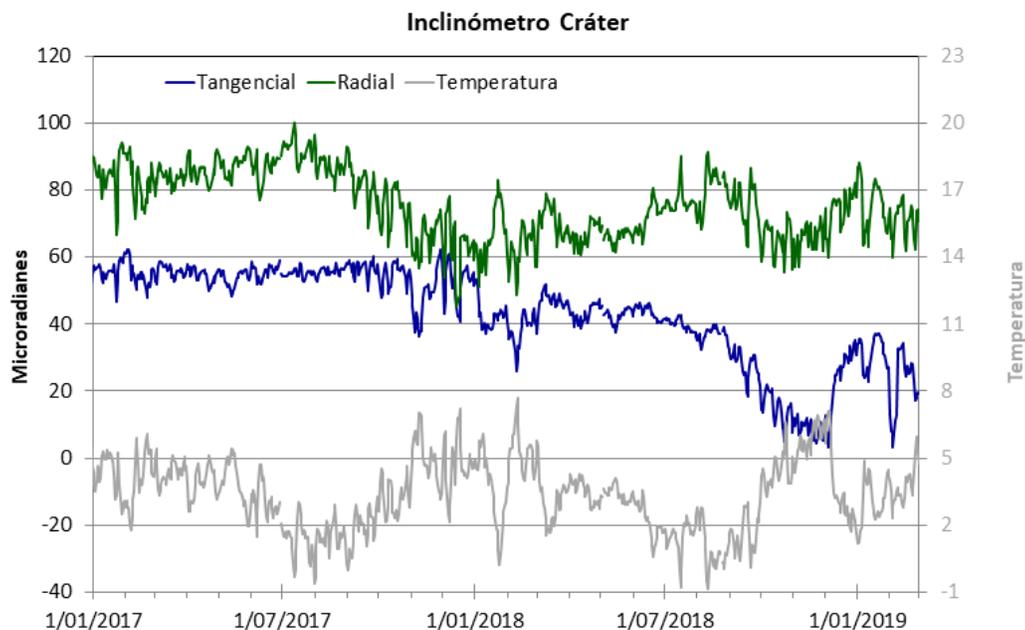


Figura 14. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad) y registro de la temperatura del inclinómetro electrónico Cráter, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2017 y el 28 de febrero de 2019.

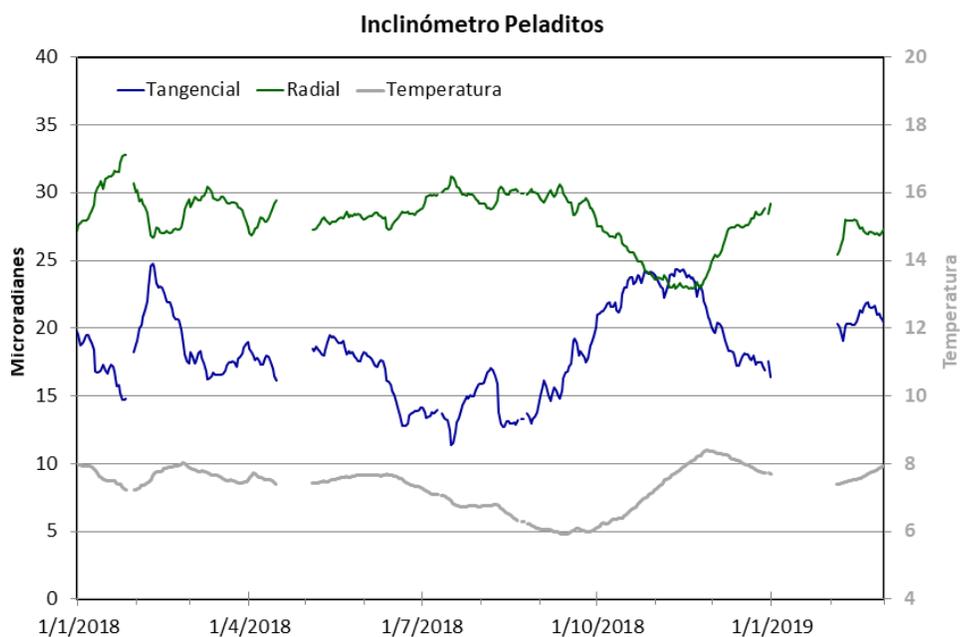


Figura 15. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2018 y el 28 de febrero de 2019.

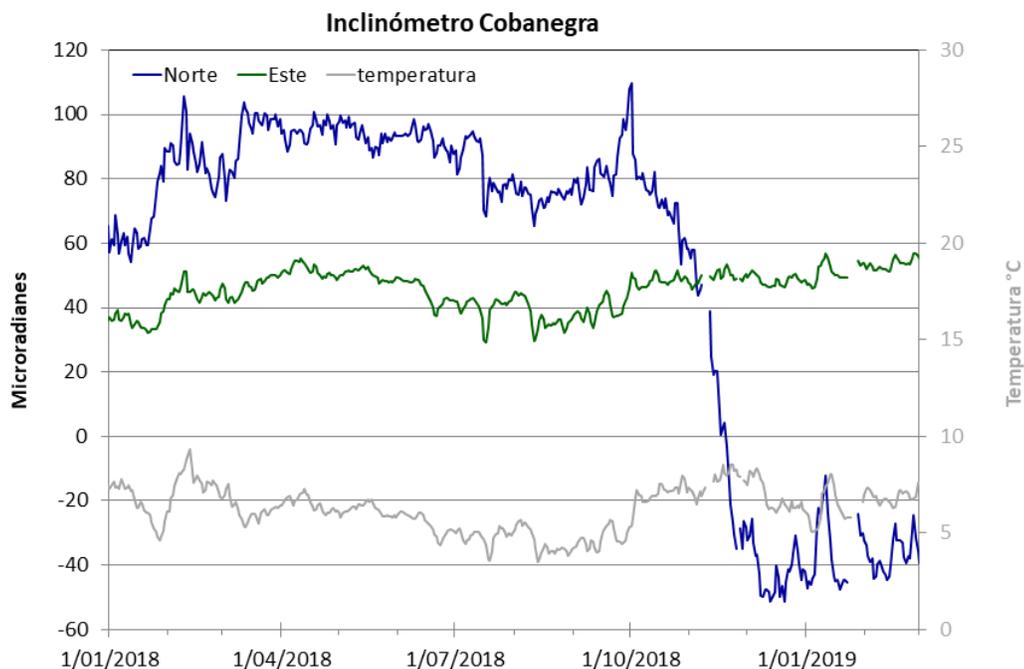


Figura 16. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Cobanegra, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2018 y el 28 de febrero de 2019.

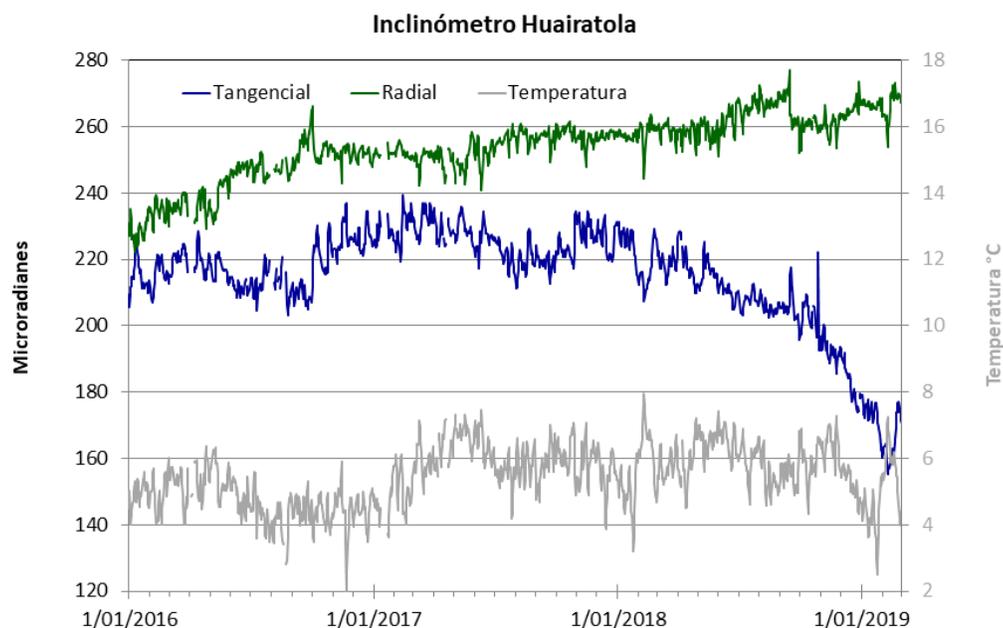


Figura 17. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad) y registro de la temperatura del inclinómetro electrónico Huairatola, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2016 y el 28 de febrero de 2019.

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. Y Mapachico el 14 de diciembre de 2018. Es así como la red GNSS para Galeras está conformada por 12 estaciones telemétricas permanentes.

Para el análisis se contempló un procesamiento diferencial ejecutado con el software Trimble 4D Control V.3.0, la estación de referencia para la red de Galeras es el GNSS QUILL, 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.

Para el procesamiento se configuro el software para que utilice las efemérides finales, correcciones que nos indican la posición de los satélites, por lo cual las series temporales se presentan con 15 días de retraso. En la Figura 18 se muestra el registro de tres estaciones, observando un comportamiento estable en el desplazamiento de las direcciones Norte, Este y Altura.

Informe mensual de actividad de los volcanes Galeras, Cumbal, Chiles – Cerro Negro, Las Ánimas, Doña Juana y Azufra - febrero 2019

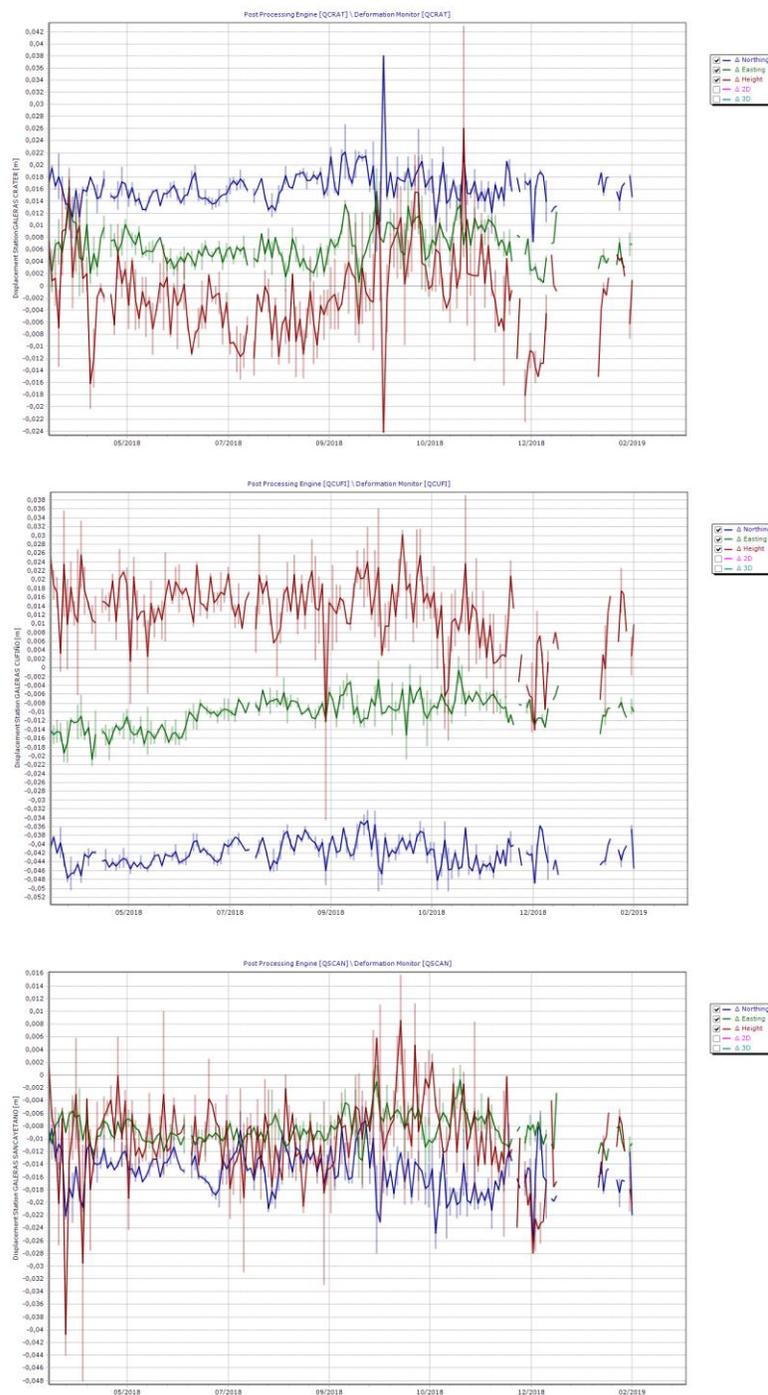


Figura 18. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de las estaciones GNSS Permanentes Cráter, Cufiño y San Cayetano instaladas en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de marzo de 2018 y el 15 de febrero de 2019.

1.3.3 Medición Electrónica de Distancias - EDM

En la Figura 19 se indica la distribución de la red dispuesta para este tipo de medidas sobre la superficie del volcán Galeras.

Para el periodo evaluado se realizó ocupación el día 25 de febrero; con respecto al comportamiento de las series temporales, se observa que desde el mes de julio de 2016 se presenta una tendencia ascendente para las líneas de medición de los prismas ubicados hacia el sector nororiental de Galeras, principalmente los Prismas 2 y 3, y en menor cuantía el Prisma 4 (Figura 20). No se tiene cambios para los ubicados al suroccidente.

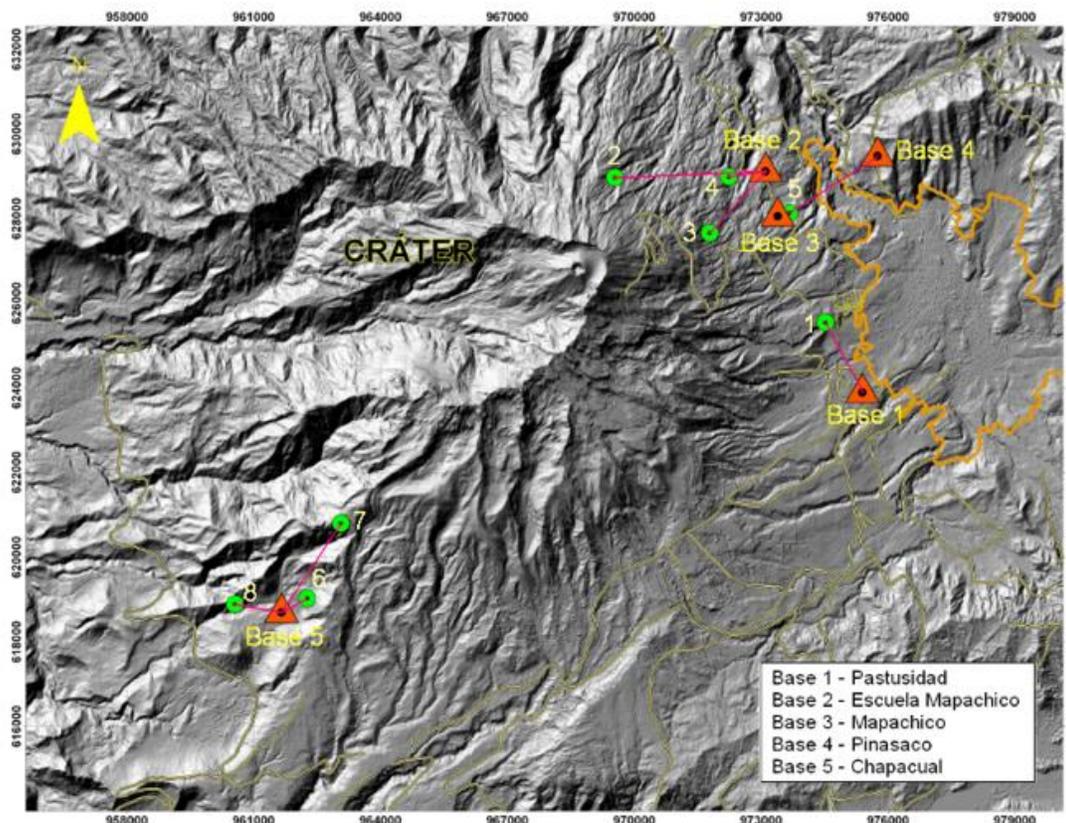


Figura 19. Ubicación de las Bases y prismas EDM, dispuestos sobre la superficie del Volcán Galeras para este tipo de medidas.

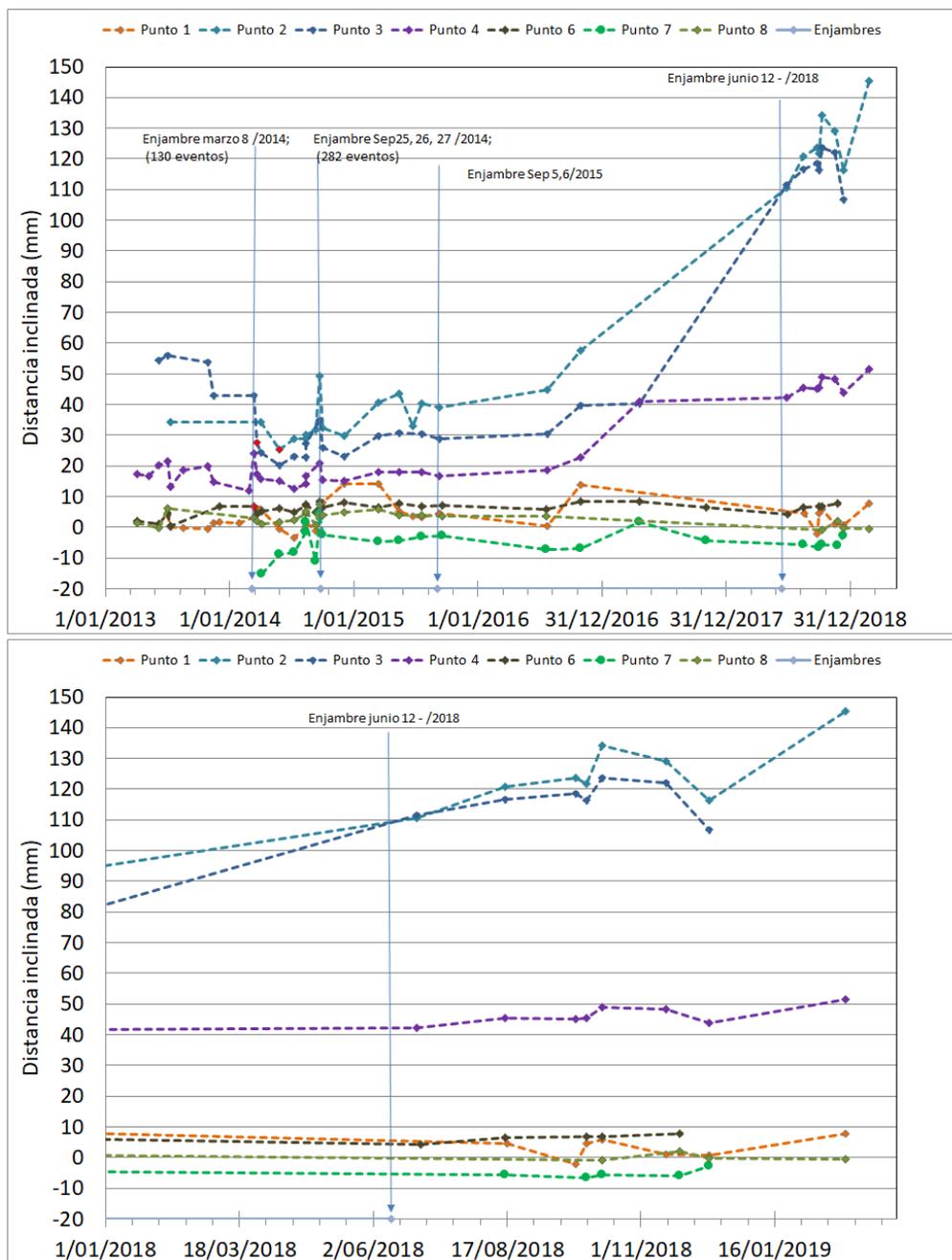


Figura 20. Información adquirida en ocupaciones de la red EDM, la última realizada el 25 de febrero de 2019. En la parte superior se muestran las variaciones en distancia obtenidas en ocupaciones de Bases para cada línea de medición desde el 2013; y en la parte inferior solo para el año 2018. En las gráficas se resaltan los enjambres sísmicos, el más reciente ocurrido en junio de 2018.

1.4 Electromagnetismo

Durante el mes de febrero de 2019, la información electromagnética, para el volcán Galeras, se analizó con los datos provenientes de las estaciones de monitoreo continuo: Frailejón y Deformes (la estación Barranco continúa fuera de funcionamiento desde mediados de noviembre), equipadas con sensores magnéticos tipo fluxgate de tres componentes para el monitoreo de las variaciones magnéticas. La estación Frailejón cuenta con dos dipolos eléctricos norte-sur y este-oeste, de 100 m de longitud, para el monitoreo de las variaciones del campo eléctrico.

El análisis de la información del periodo comprendido entre enero y febrero de 2019, del Campo Magnético Total (CMT), a partir de las estaciones instaladas en la zona de influencia del volcán Galeras, y de la estación Kourou, ubicada en Guayana Francesa, perteneciente a la red de monitoreo magnético global del Instituto Central de Magnetismo Terrestre de Francia; estación tomada como referencia para el análisis de los datos magnéticos levantados por el OVS-Pasto, resalta en los registros, variaciones seculares día-noche, y variaciones con ciclos mayores debidas a la ocurrencia de tormentas magnéticas de diferente intensidad (Figura 21).

En el mes de febrero de 2019, las estaciones magnéticas mostraron una tendencia relativamente estable, con valores promedios del CMT de: 28.730 nT en Kourou, 28.590 nT en Frailejón y 29.460 nT en Deformes (Figura 21). Sin embargo, se observan variaciones mayores a los ciclos día-noche, debidas al registro de tormentas magnéticas, con máximos de intensidad de $K_p = 5$, los días 1, 27 de febrero, que generaron variaciones del CMT en cada estación, de alrededor de 65 nT. Los valores de predicción de tormentas magnéticas solares se toman del Centro de Predicción Espacial del Clima (SWPC-Space Weather Prediction Center), perteneciente a la Administración Nacional del Océano y Atmósfera (NOOA- National Oceanic and Atmospheric Administration) (Figura 22).

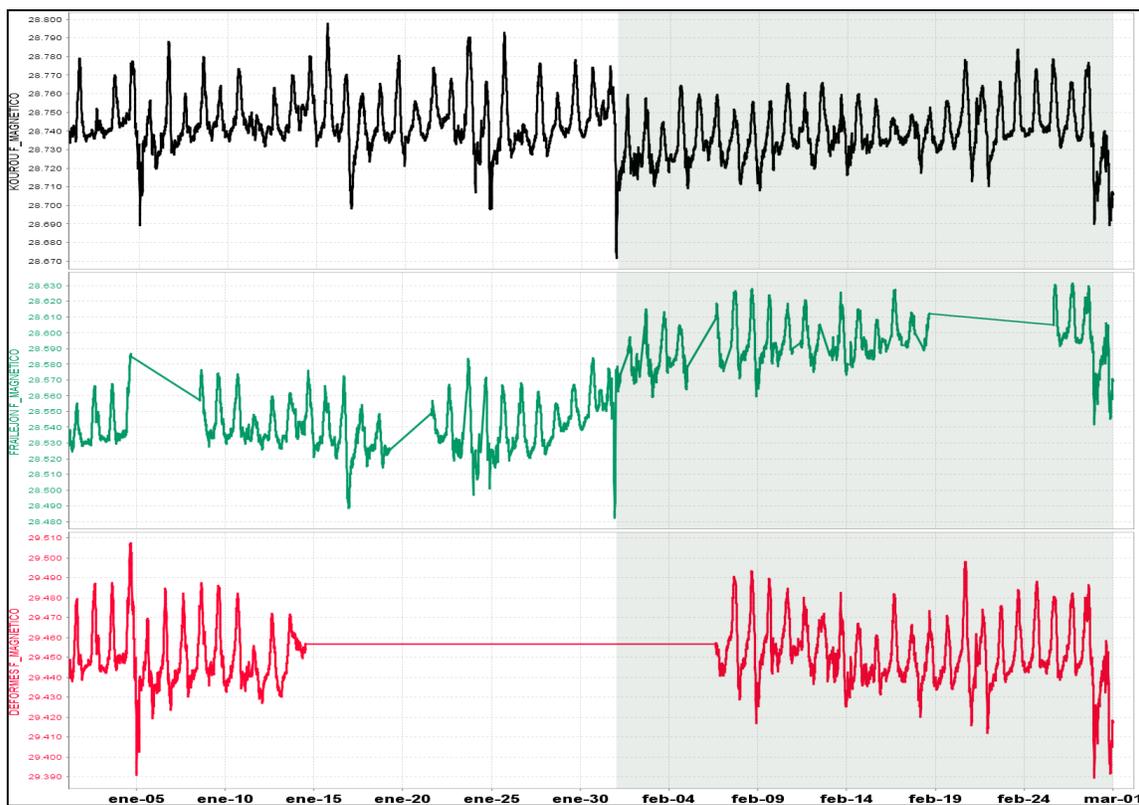


Figura 21. CMT-F en las estaciones de monitoreo magnético en Galeras: Kourou (negra), Frailejón (verde) y Deformes (roja) entre enero y febrero de 2019. La escala de medición del campo magnético está dada en nano Teslas (nT). Los recuadros azules muestran variaciones asociadas al registro de tormentas magnéticas.

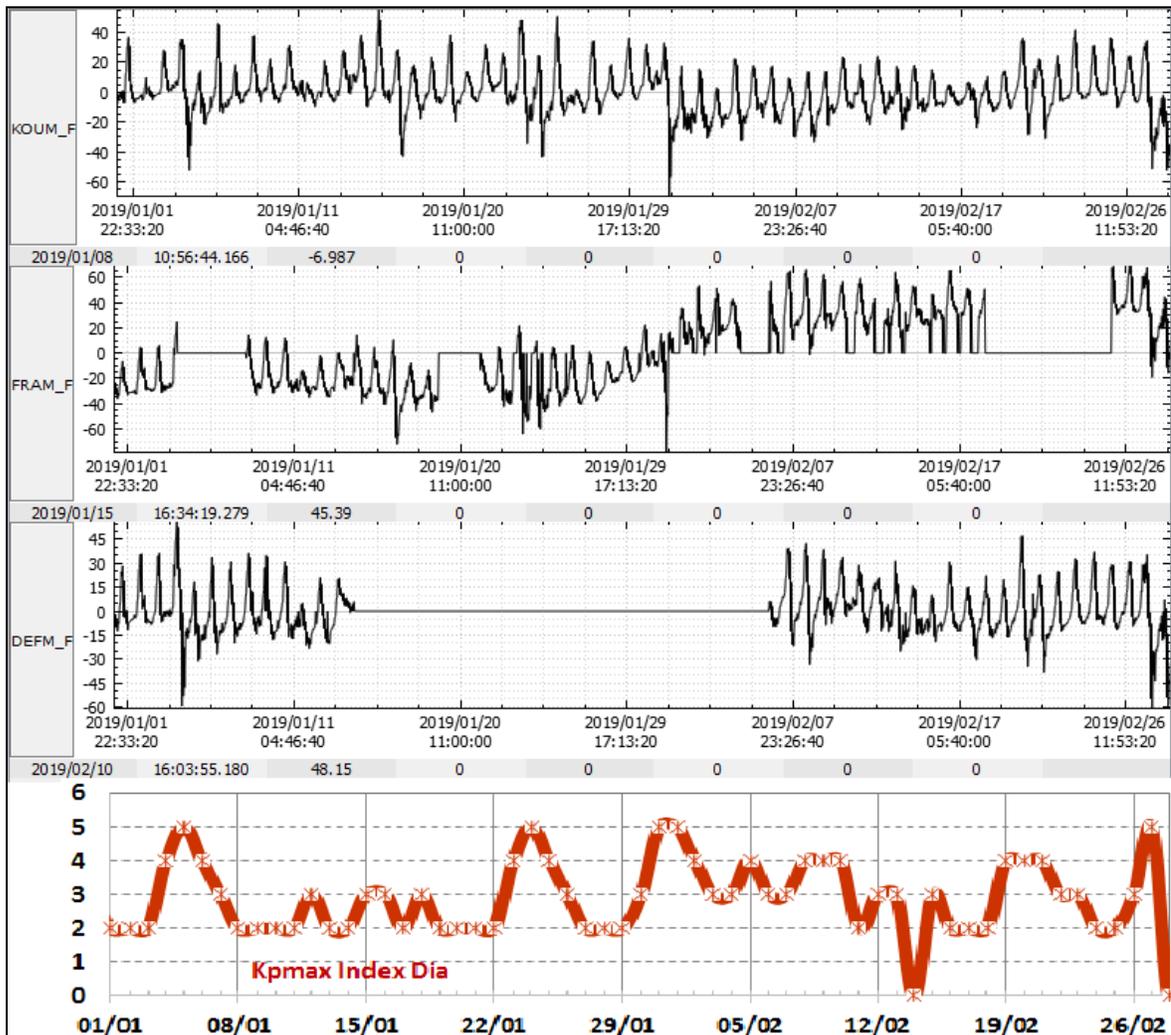


Figura 22. CMT-F, en las estaciones de Kourou, Frailejón y Deformes, para enero y febrero de 2019, en comparación con los valores máximos diarios de alerta de tormentas solares, denominados índices Kp (naranja), del SWPC, para el mismo periodo de tiempo.

Haciendo el análisis espectral de los registros magnéticos, se destacan frecuencias dominantes asociadas con las variaciones del campo magnético externo, con periodos mayores a 17 días, y dominantes de un día, 12 horas y 8 horas (Figura 23). Estos máximos de frecuencia son comunes en las estaciones de monitoreo magnético de Galeras y en la estación de referencia Kourou, por lo cual se concluye que corresponden a variaciones externas y que se deben descartar de los registros.

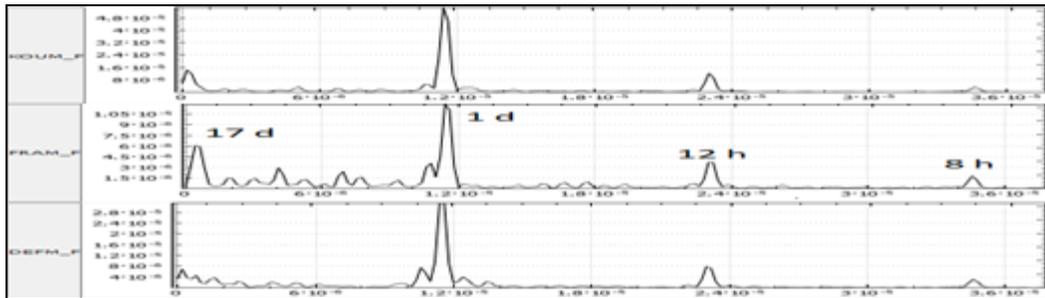


Figura 23. Frecuencias dominantes de los registros magnéticos, donde se identifican las frecuencias Variaciones del CMT-F, filtrando las frecuencias de 4.5 días, un día, 12 horas y 8 horas, en las estaciones de Kourou, Frailejón y Deformes en febrero de 2019.

Eliminando las frecuencias dominantes, correspondientes a variación periódicas seculares, debidas a condiciones del campo magnético externo, se calcularon los registros de las variaciones propias del campo en la zona de ubicación de cada estación, dando como resultado variaciones de un rango menor a ± 30 nT. Para los días 27 y 28 de febrero los registros se ven contaminados por los efectos de tormentas magnéticas. Las variaciones del CMT se encuentran dentro del límite para zonas con baja actividad volcánica (Figura 24).

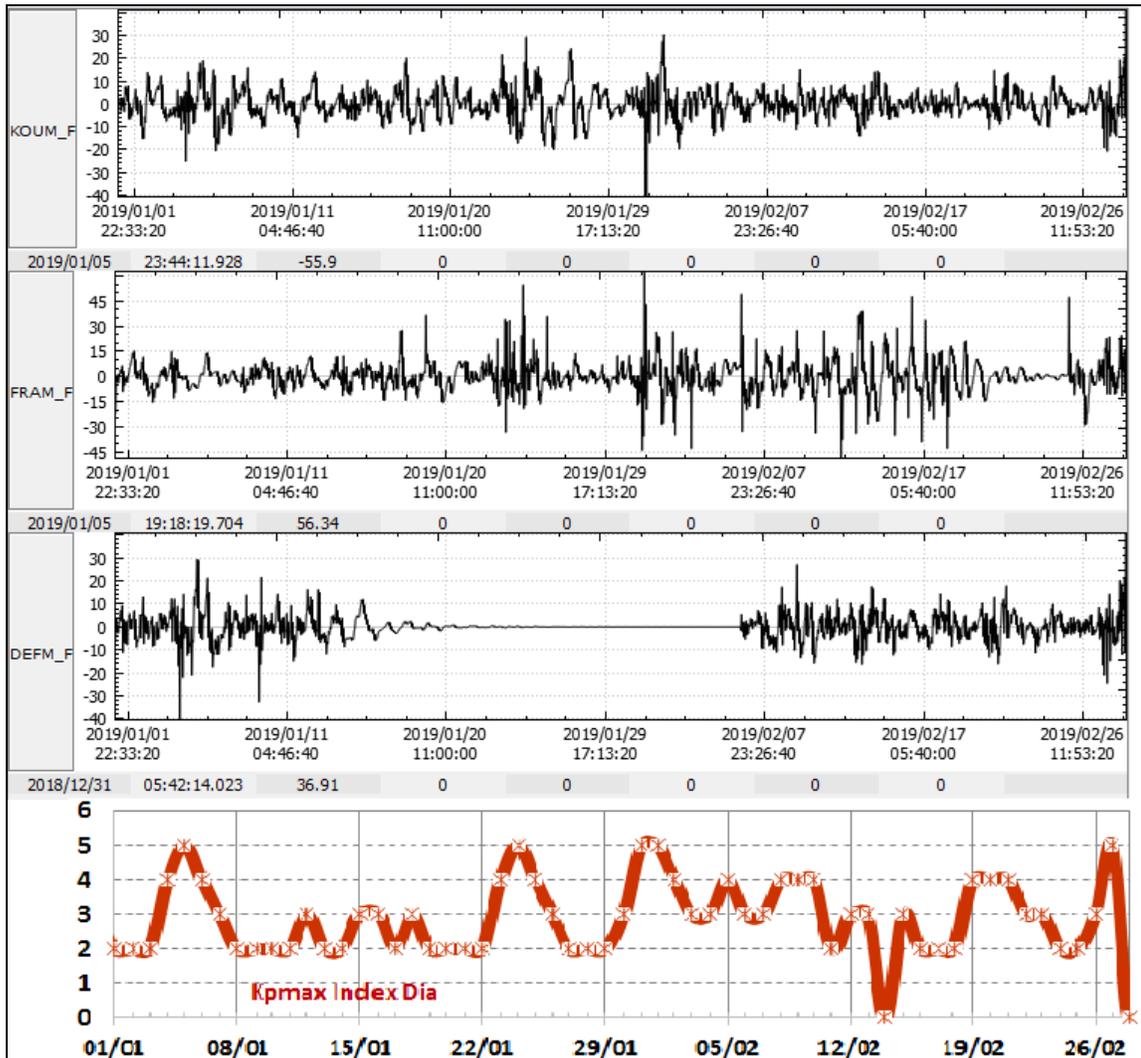


Figura 24. Variaciones del CMT-F, filtrando las frecuencias dominantes asociadas a variaciones seculares, en las estaciones Kourou, Frailejón y Deformes en enero y febrero de 2019, comparados con los valores máximos diarios de alerta de tormentas solares, llamados índices Kp (rojo), del SWPC, para el mismo periodo de tiempo.

En cuanto a las variaciones del Campo Eléctrico Horizontal (CEH), para el mes de febrero la estación Frailejón tuvo problemas de funcionamiento debido a tormentas eléctricas que bloquearon el sistema de digitalización y comunicación por tanto no se muestra una gráfica de comportamiento para éste periodo.

1.5 Geoquímica

1.5.1 Muestreo de Gases de Origen Volcánico en el Volcán Galeras

1.5.1.1 Concentración de gas radón difuso en el suelo

Las emanaciones de radón son uno de los posibles precursores de sismos y erupciones volcánicas. La emisión de radón desde la tierra a la atmósfera, es un proceso permanente que registra valores excepcionalmente altos en zonas de fallas geológicas. En zonas de actividad sísmica y volcánica y específicamente en el área de influencia del volcán Galeras se realizan muestreos de gas Rn 222, ya que es considerado como un posible precursor de la actividad tanto sísmica como volcánica.

El radón 222, es un producto en la cadena de descomposición nuclear del uranio 235, tiene una vida media de 3,8 días y no se encuentra más allá de los 50 a 60 m de profundidad. En la Figura 25 se encuentra el mapa de las estaciones para medición de flujo de gas Radón ubicadas en la zona de influencia del volcán Galeras, entre ellas se encuentran las estaciones Lavas, Parques y Los Lirios instaladas en 2016. Actualmente se encuentra en funcionamiento la estación Lirios (Figura 3, Tabla 6 en red de vigilancia).

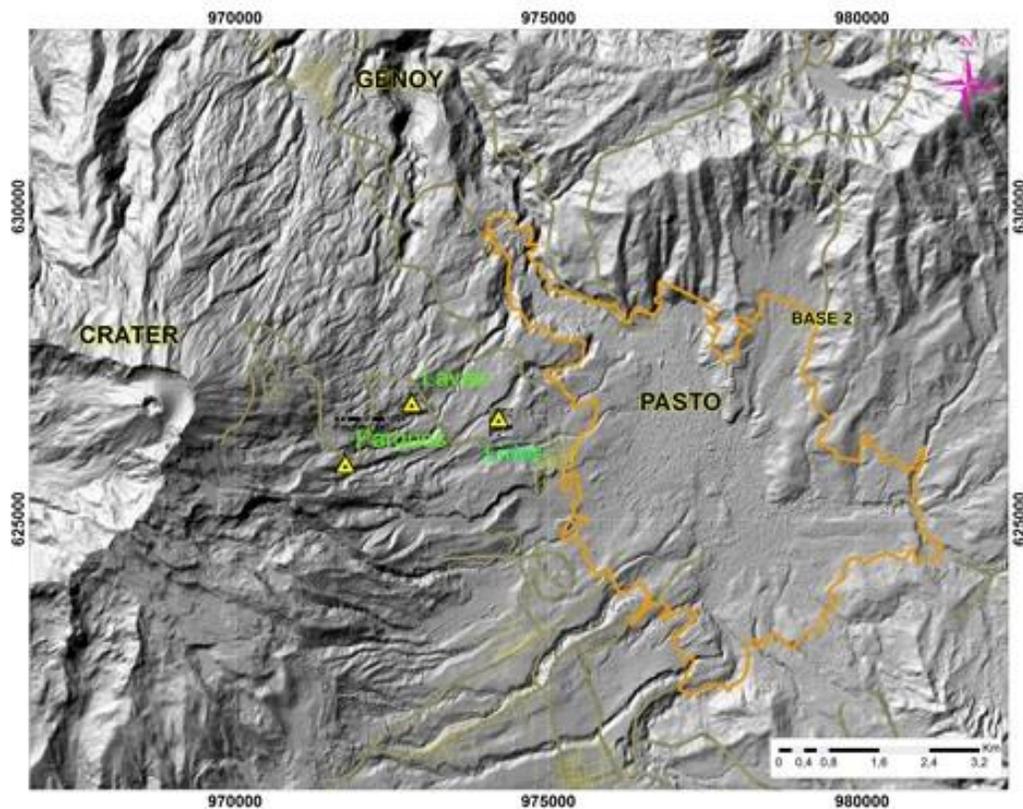


Figura 25. Mapa de localización de las estaciones telemétricas, utilizadas para medición de flujo de gas radón en zona de influencia del volcán Galeras.

En la Figura 26 se presenta la gráfica del comportamiento de la concentración de gas radón en el tiempo, datos registrados desde la estación Lirios y Parques (Tabla 10).

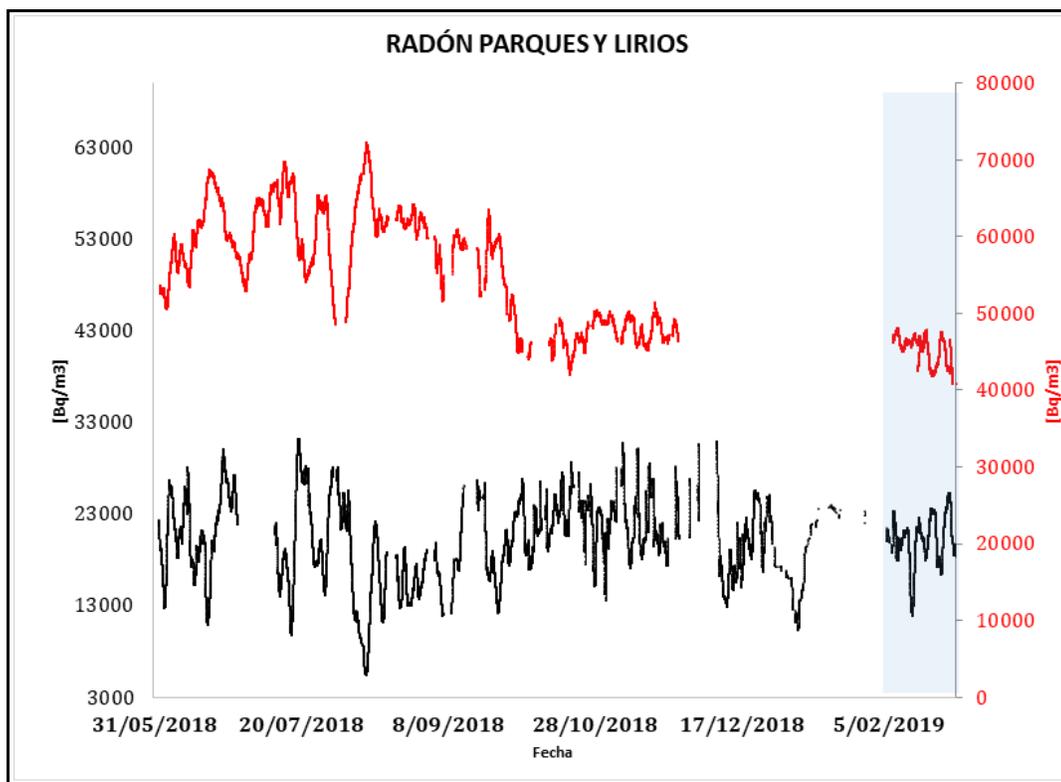


Figura 26. Concentración radón difuso en suelo-volcán Galeras – estaciones Parques y Lirios-febrero 2019.

Se puede observar que el radón emitido y registrado en febrero de 2019 desde la estación Parques, mantiene un bajo nivel de concentración desde octubre de 2018, mientras que la estación Lirios, presenta un comportamiento similar en comparación con meses anteriores (Tabla 10). Lo anteriormente descrito no corresponde o se relaciona con cambios en el sistema volcánico de Galeras.

Tabla 10. Valores de concentración de radón en la estación Los Lirios –Volcán Galeras–febrero 2019.

Valor	Parques [Bq/m ³]	Lirios [Bq/m ³]
Promedio	43774	19674
Máximo	61652	50275
Mínimo	34521	3014

1.5.1.2 Estaciones Térmicas Paisita y Deformes.

Los datos sobre la variación de temperatura en las fumarolas Paisita y Deformes ubicadas en el volcán Galeras, se obtienen a partir de estaciones telemétricas instaladas el 16 y 30 de agosto de 2018 respectivamente (Figura 3 en red de vigilancia).

En las Figuras 27 y 28 se registra el comportamiento de la temperatura hasta febrero de 2019, registrando valores máximos de 156.8°C y 86.3°C en Paisita y Deformes respectivamente (Tablas 11 y 12). Las fluctuaciones presentes en las gráficas corresponden a variaciones día-noche.

El grupo de Geoquímica del OVS Pasto continua con el monitoreo de esta variable, registrando el comportamiento y operaciones de las estaciones.

En la estación térmica Paisita (Figura 27) se observa a final del periodo evaluado un decremento en el valor de temperatura en comparación con el comportamiento durante todo el mes.

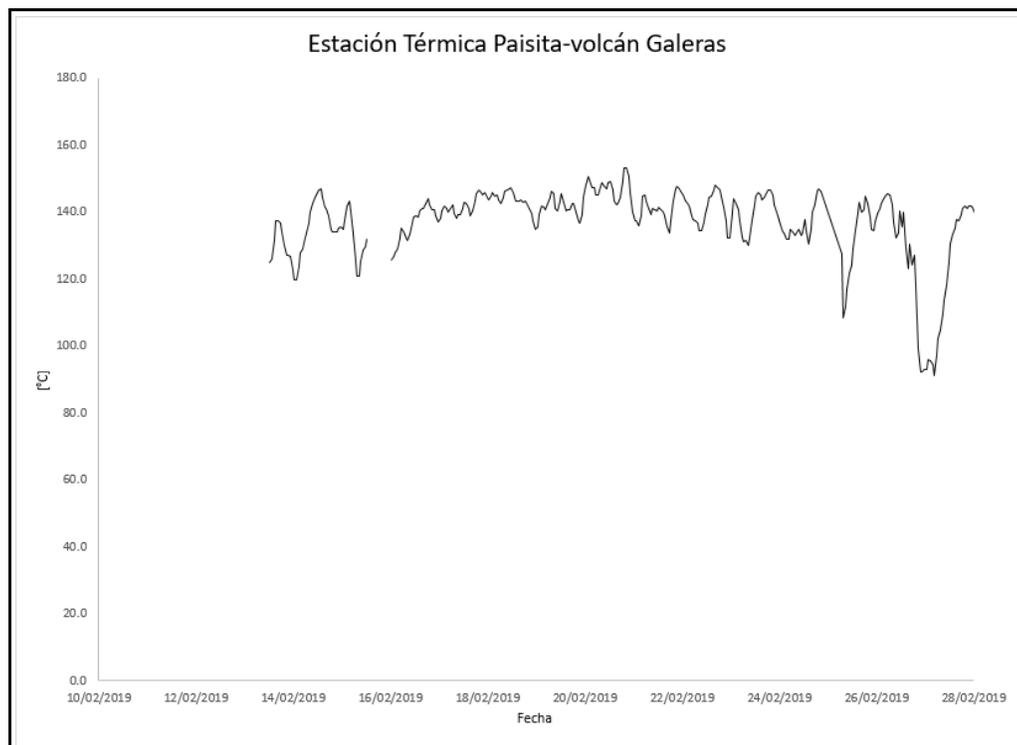


Figura 27. Temperatura fumarola El Paisita-Estación térmica perteneciente a la zona de influencia del Volcán Galeras – febrero de 2019.

Tabla 11. Valores de temperatura en Fumarola El Paisita del área de influencia del volcán Galeras – febrero 2019.

Temperatura	[°C]
Promedio	139.3
Máximo	156.8
Mínimo	105.5

Para el periodo evaluado en la estación Deformes, se evidencia una tendencia a incrementar los valores de temperatura en comparación con semanas anteriores. Sin embargo, estos datos hacen parte de la línea base de comportamiento.

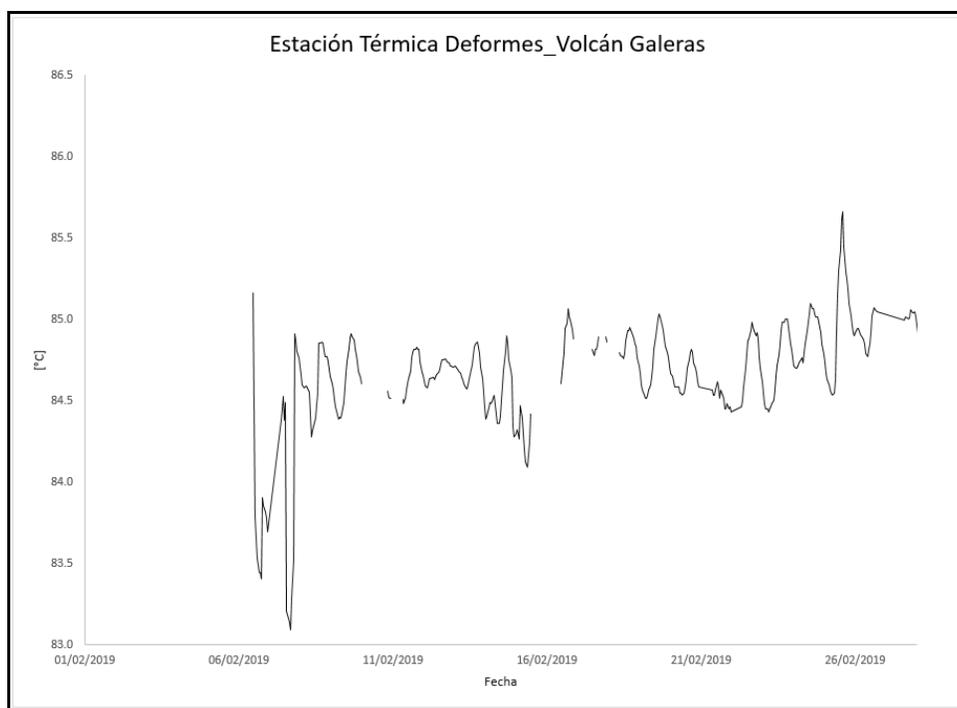


Figura 28. Temperatura fumarola Deformes-Estación térmica perteneciente a la zona de influencia del Volcán Galeras – febrero de 2019.

Tabla 12. Valores de temperatura en Fumarola Deformes del área de influencia del volcán Galeras – febrero 2019.

Temperatura	[°C]
Promedio	84.7
Máximo	86.3
Mínimo	84.7

1.5.1.3 Muestreo de aguas en fuentes termales-Volcán Galeras

El volcán Galeras cuenta con una red actual de monitoreo de 5 fuentes termales (FT), entre las que se encuentran: FT Río Pasto, FT Cehani, FT Aguas Agrías, FT Agua Blanca y FT Licamancha (Figura 3 en red de vigilancia). En la Tabla 13 se muestran algunas imágenes de ellas.

Tabla 13. Imágenes fotográficas de las fuentes termales de la zona de influencia del volcán Galeras - febrero 2019 (A – Río Pasto, B – Cehani y C – Aguas Agrías).



A continuación, se presenta para las FT Río Pasto, Cehani y Aguas Agrías, las variaciones de los parámetros fisicoquímicos medidos *in situ*. Los datos corresponden al muestreo realizado el 20 de febrero de 2019 (Tabla 13), los cuales se dan a conocer en el informe mensual actual.

Se puede observar en las tres FT, que el pH no presenta variaciones importantes, la conductividad eléctrica presenta un leve comportamiento ascendente en la FT Río Pasto, como también las FT Cehani y Aguas Agrías presentan para febrero un valor más alto que el muestreo inmediatamente anterior. La temperatura no presenta cambios relevantes en ninguna de los tres manantiales, la alcalinidad se mantiene dentro de la línea base de información, mientras que los valores de ORP se ven incrementados en las tres FT (Figuras 29, 30, 31, 32 y 33).

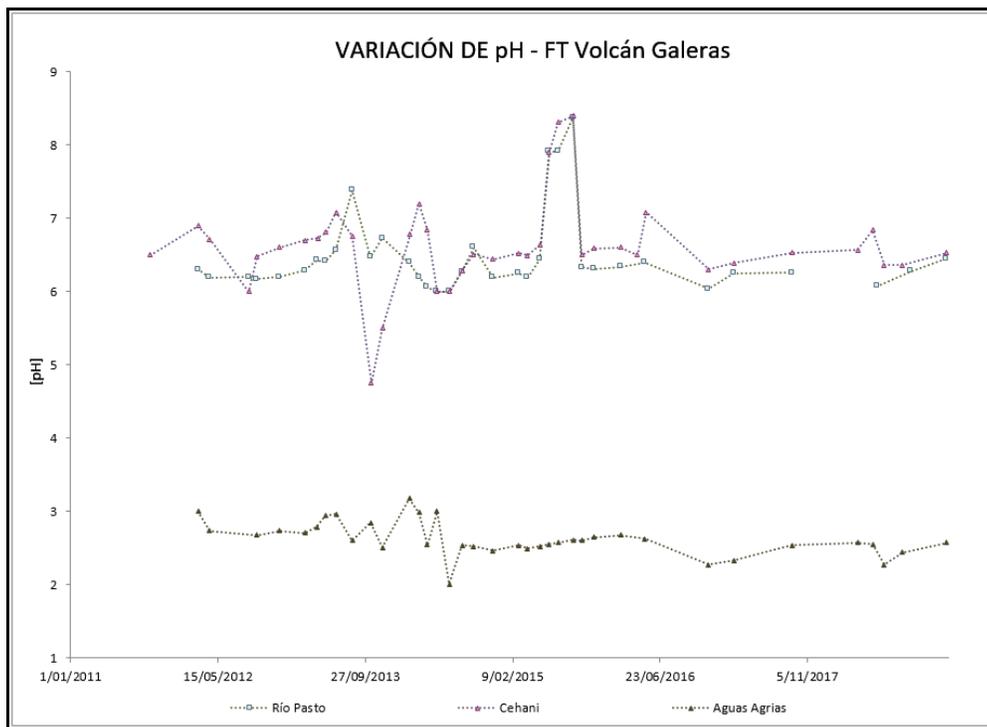


Figura 29. Variación de pH FT- Volcán Galeras- febrero 2019.

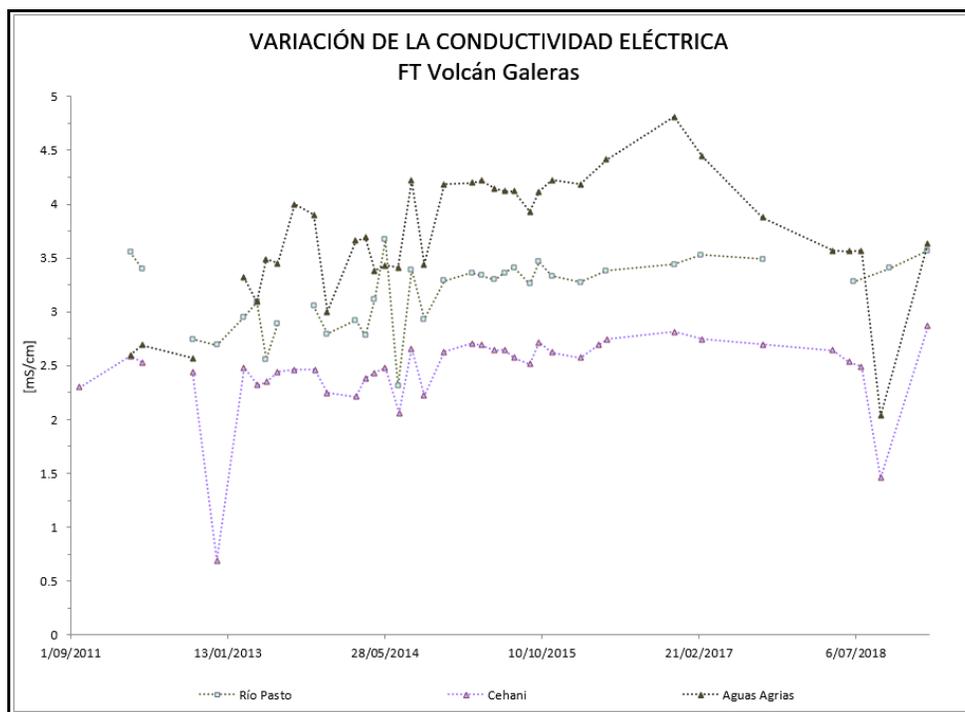


Figura 30. Variación conductividad eléctrica FT - Volcán Galeras-febrero 2019.

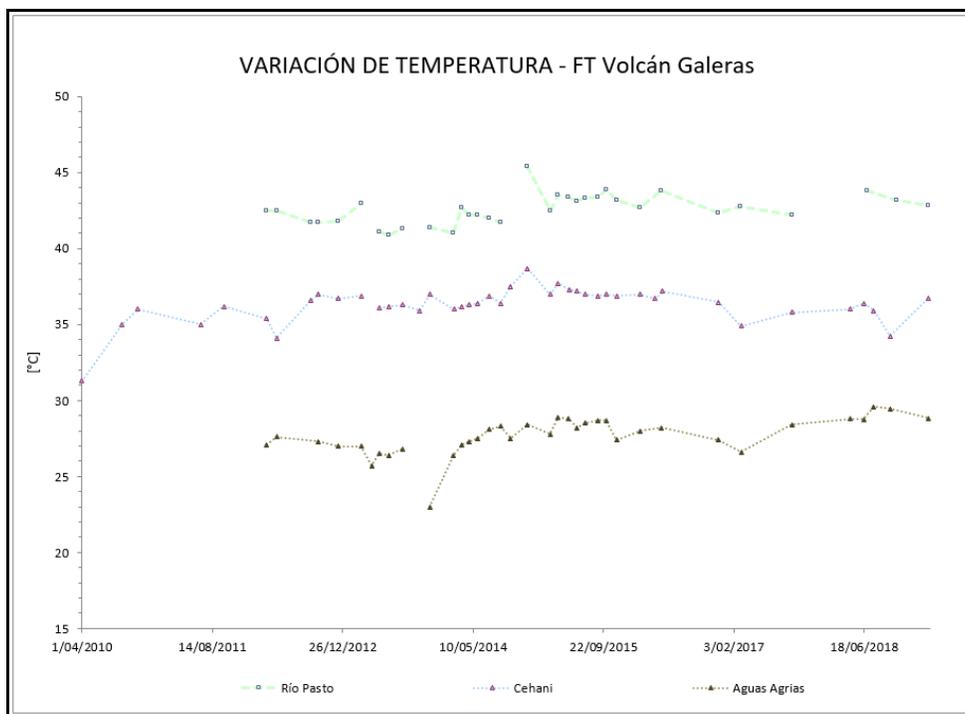


Figura 31. Variación temperatura FT - Volcán Galeras-febrero 2019.

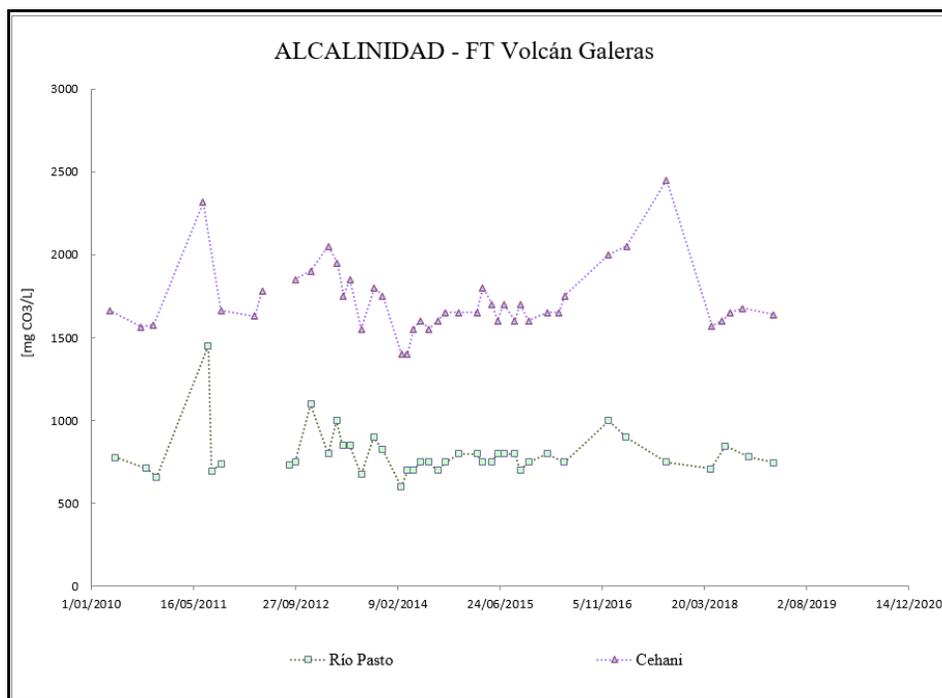


Figura 32. Variación alcalinidad FT – Volcán Galeras -febrero 2019.

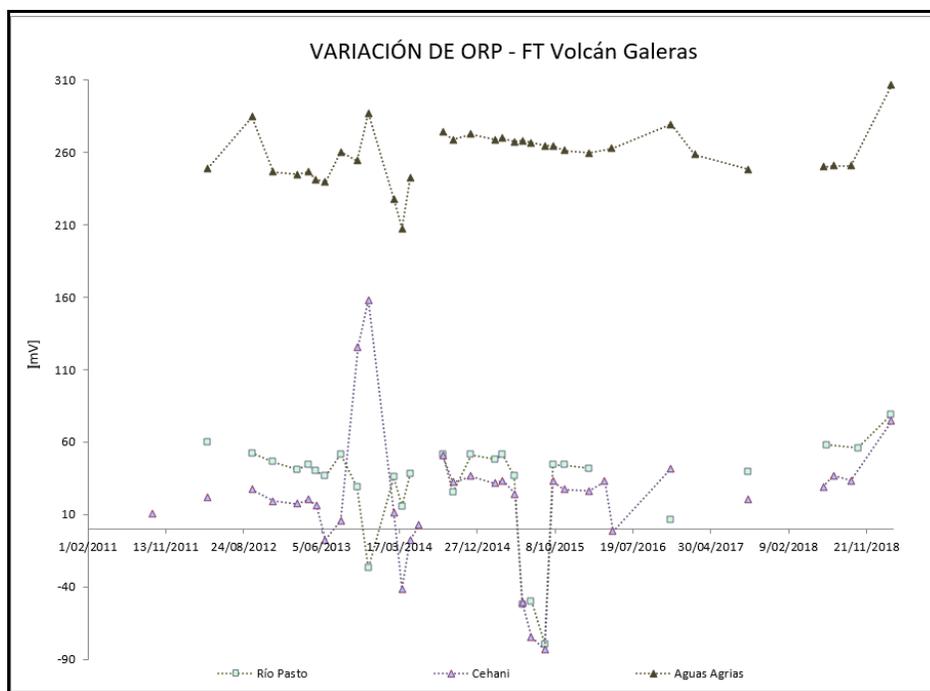


Figura 33. Variación Potencial de óxido-reducción FT- Volcán Galeras-febrero 2019.

1.5 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.

Durante los días del mes de febrero del 2019, 1, 2, 3, 6, 7, 11, 15, 16, 17, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24 y 25 se observó emisión de gases desde las cámaras web de Barranco y Bruma. Los principales focos de emisión se ubican en el cráter principal, campos fumarólicos El Paisita al norte del cono activo y el cráter secundario Las Chavas, al occidente del cono volcánico, son columnas de color blanco, poca altura y dispersión variable por acción del viento.

En las Figuras 34 a 46 se presentan algunas imágenes asociadas a procesos de emisión de gases de Galeras.

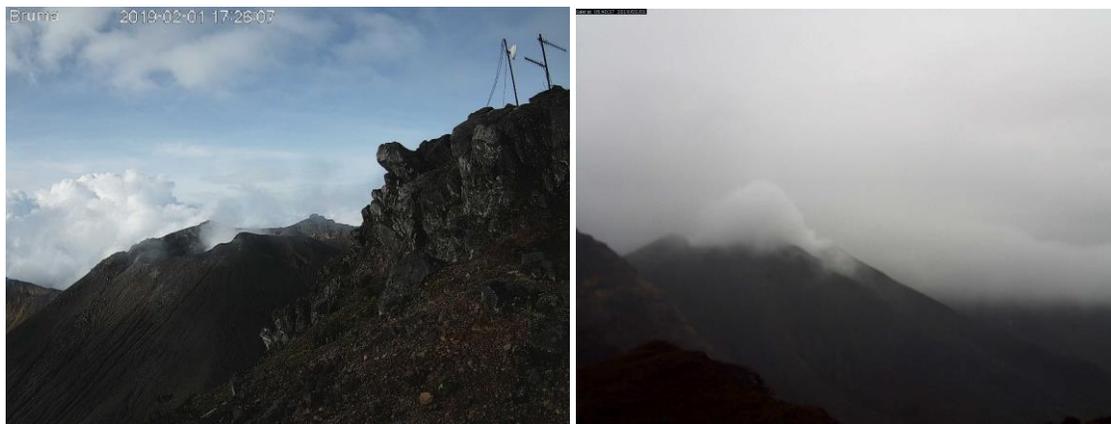


Figura 34. Registro fotográfico de la emisión de gases observada el 1 de febrero de 2019 desde las cámaras ubicadas en el sector de Bruma (izquierda) a las 05: 26 p.m., y Barranco (derecha) a las 06: 40 a.m.

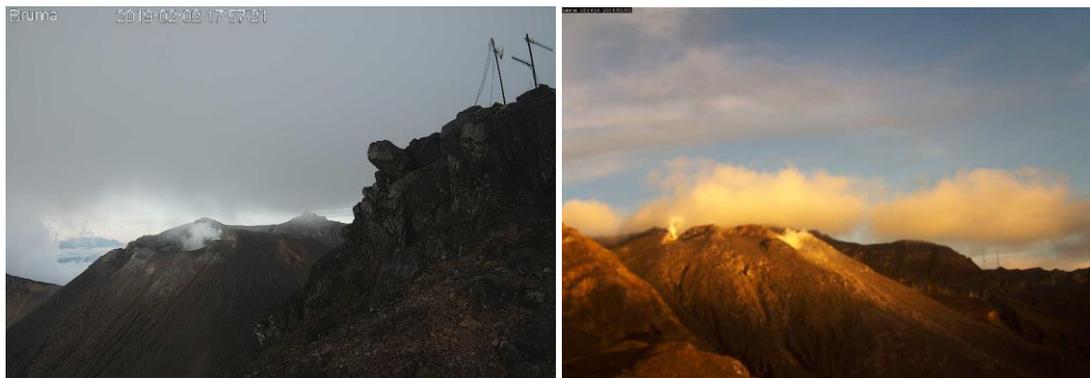


Figura 35. Registro fotográfico de la emisión de gases observada el 2 de febrero de 2019 desde las cámaras ubicadas en el sector de Bruma (izquierda) a las 05: 57 p.m., y Barranco (derecha) a las 06: 14 p.m.

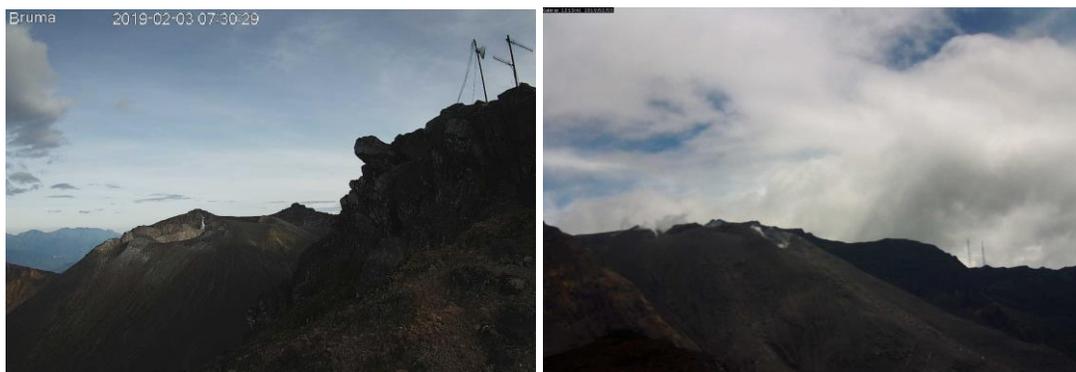


Figura 36. Registro fotográfico de la emisión de gases observada el 3 de febrero de 2019 desde las cámaras ubicadas en el sector de Bruma (izquierda) a las 07: 30 a.m., y Barranco (derecha) a las 12: 19 p.m.



Figura 37. Registro fotográfico de la emisión de gases observada el 6 de febrero de 2019 desde las cámaras ubicadas en el sector de Barranco (izquierda) a las 06: 12 p.m., y Bruma el día 07 de febrero de 2019 (derecha) a las 03: 27p.m.



Figura 38. Registro fotográfico de la emisión de gases observada el 8 de febrero de 2019 desde las cámaras ubicadas en el sector de Bruma (izquierda) a las 06: 38 p.m., y Barranco el día 11 de febrero de 2019 (derecha) a las 06: 09 a.m.



Figura 39. Registro fotográfico de la emisión de gases observada el 15 de febrero de 2019 desde la cámara ubicada en el sector de Barranco a las 02: 50 a.m., (izquierda) y a las 11: 29 a.m. (Derecha).

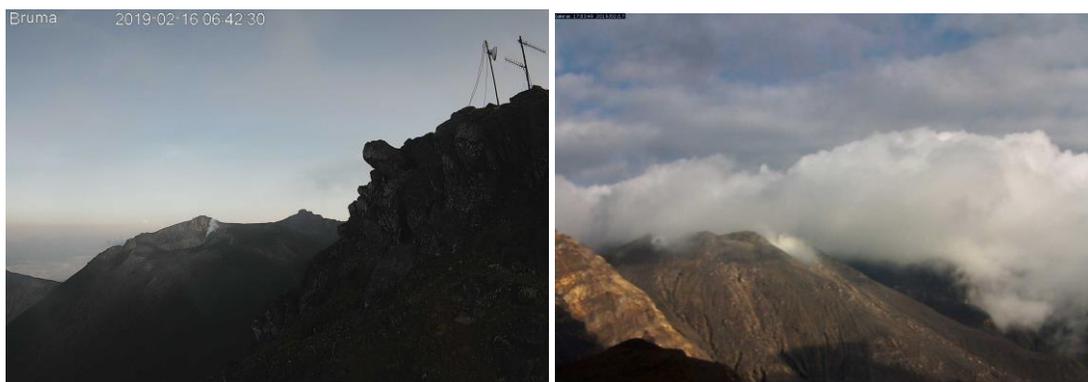


Figura 40. Registro fotográfico de la emisión de gases observada el 16 de febrero de 2019 desde las cámaras ubicadas en el sector de Bruma (izquierda) a las 06: 42 a.m., y Barranco el día 17 de febrero de 2019 (derecha) a las 05: 03p.m.



Figura 41. Registro fotogrametrico de emisiones de gases desde el crater principal y algunas fumarolas de la periferia del cono activo registrado desde Bruma, durante los días 17 de febrero de 2019 (izquierda) a las 04:25 p.m y 18 de febrero de 2019 (derecha) a las 03:37 p.m.



Figura 42. Registro fotográfico de la emisión de gases observada el 19 de febrero de 2019 desde la cámara ubicada en el sector de Barranco a las 03: 31 a.m., (izquierda) y a las 10: 51 a.m. (derecha).



Figura 43. Registro fotográfico de la emisión de gases observada el 20 de febrero de 2019 desde la cámara ubicada en el sector de Bruma a las 05:44 p.m., (izquierda) y Barranco a las 06:26 p.m. (derecha).

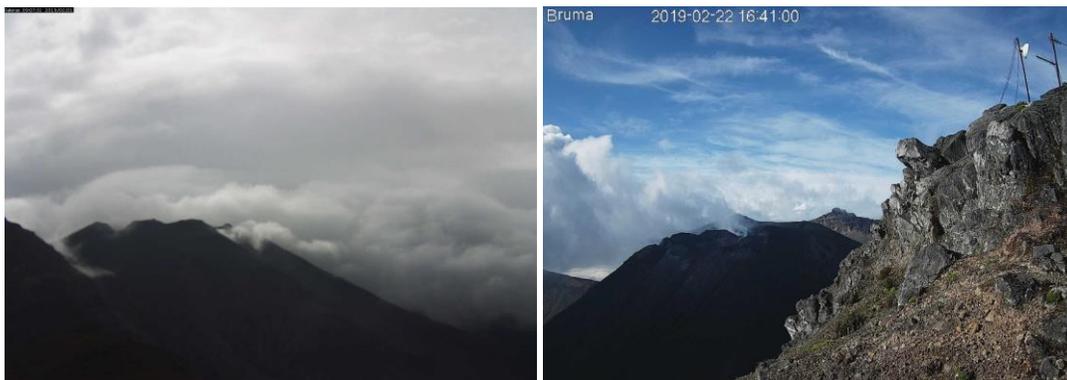


Figura 44. Registro fotogrametrico de emisiones de gases desde el crater principal y algunas fumarolas de la periferia del cono activo registrado desde Barranco (izquierda), el dia 21 de febrero de 2019 a las 09:07 a.m y Bruma (derecha) el 22 de febrero de 2019 a las 04:41 p.m.



Figura 45. Registro fotogrametrico de emisiones de gases desde el crater principal y algunas fumarolas de la periferia del cono activo registrado desde Barranco (izquierda), el dia 23 de febrero de 2019 a las 06:39 p.m y Bruma (derecha) el 24 de febrero de 2019 a las 08:24 a.m.

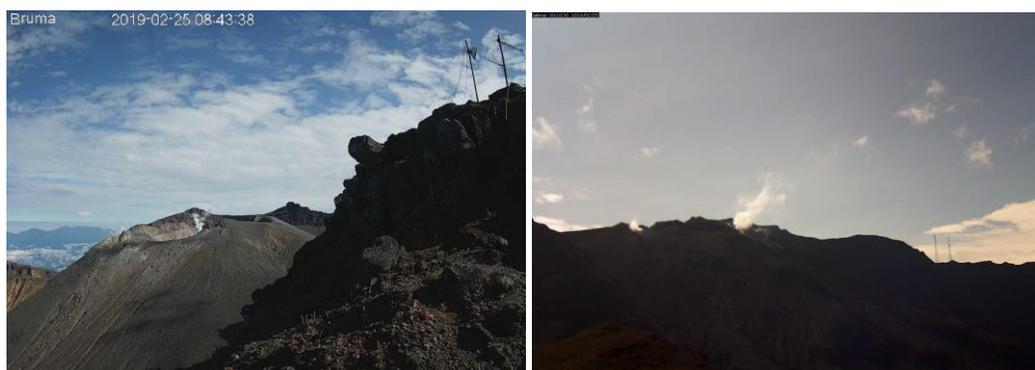


Figura 46. Registro fotográfico de la emisión de gases observada el 25 de febrero de 2019 desde la cámara ubicada en el sector de Bruma a las 08:43 a.m., (izquierda) y Barranco a las 09:10 a.m. (derecha).

1.6 Conclusiones

El radón emitido y registrado en febrero de 2019 desde la estación Parques mantiene un bajo nivel de concentración desde octubre de 2018, mientras que la estación Lirios, presenta un comportamiento similar en comparación con meses anteriores.

En la estación térmica Paisita se observa a final del periodo evaluado un decremento en el valor de temperatura en comparación con el comportamiento durante todo febrero.

Para el periodo evaluado en la estación Deformes, se evidencia tendencia de incremento en los valores de temperatura en comparación con semanas anteriores. Sin embargo, estos datos hacen parte de la línea base de comportamiento.

Se puede observar en las tres FT, que el pH no presenta variaciones importantes, la conductividad eléctrica presentó un leve comportamiento ascendente en la FT Río Pasto, como también las FT Cehani y Aguas Agrías presentan para febrero un valor más alto que el muestreo inmediatamente anterior. La temperatura no presentó cambios relevantes en ninguna de los tres manantiales, la alcalinidad se mantiene dentro de la línea base de información, mientras que los valores de ORP se ven incrementados en las tres FT.

Las variaciones descritas no corresponden a cambios en el sistema volcánico del Galeras, sin embargo, el área de geoquímica estará atento a posibles cambios relacionados.

En febrero de 2019, en el volcán Galeras se registró disminución tanto en la ocurrencia como en la energía de los sismos. Se mantuvo el predominio en ocurrencia y energía de la sismicidad asociada con fractura de roca al interior del volcán. La magnitud local máxima fue de 1.3 en la escala de Richter.

La evaluación de la actividad volcánica de Galeras en febrero de 2019 permitió mantener el nivel en **AMARILLO** ■ (III): **“Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.

2 ACTIVIDAD DEL VOLCÁN CUMBAL – FEBRERO DE 2019

2.1 Red de Vigilancia

En febrero de 2019 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 47, Tabla 14).
- Un sensor de presión acústico ubicado en el sitio de la estación sismológica La Mesa (Figura 47).
- 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 47).
- Un pluviómetro y un anemómetro instalados en el sitio donde se ubica la estación La Nieve (Figura 47).
- Cuatro inclinómetros electrónicos, dispuestos para el seguimiento de los cambios en superficie asociados a la deformación volcánica (Figura 48, Tabla 14).

Para este periodo las estaciones telemétricas tuvieron en promedio un porcentaje de funcionamiento del 96 % (Figura 49).

Tabla 14. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del complejo volcánico de Cumbal en febrero de 2019.

Estación	T. 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

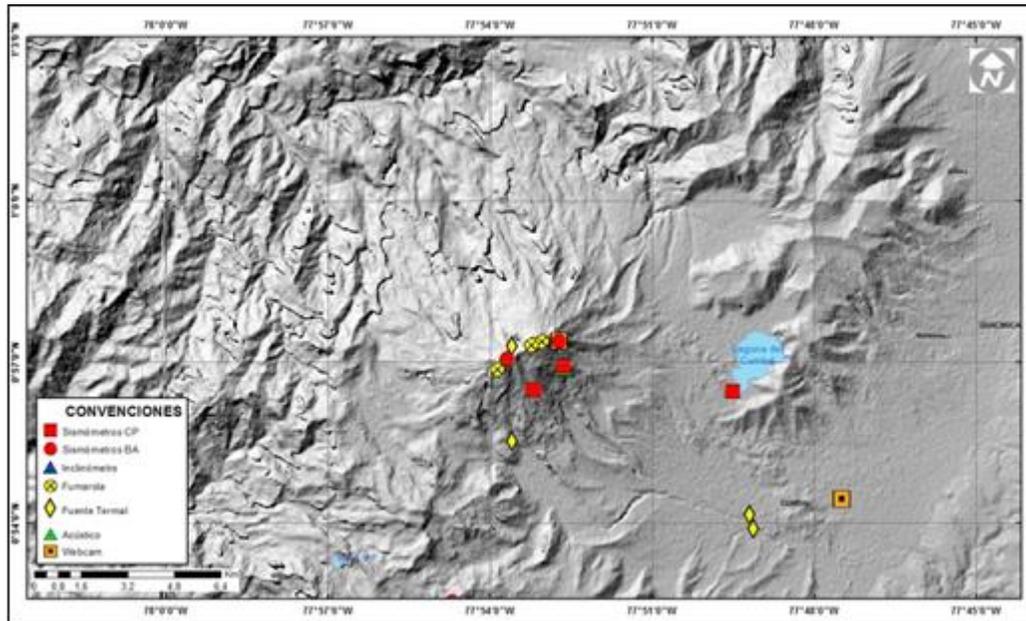


Figura 47. Mapa de localización de las estaciones telemétricas y no telemétricas que hacen parte de la red de monitoreo del complejo volcánico de Cumbal durante el mes de febrero de 2019.

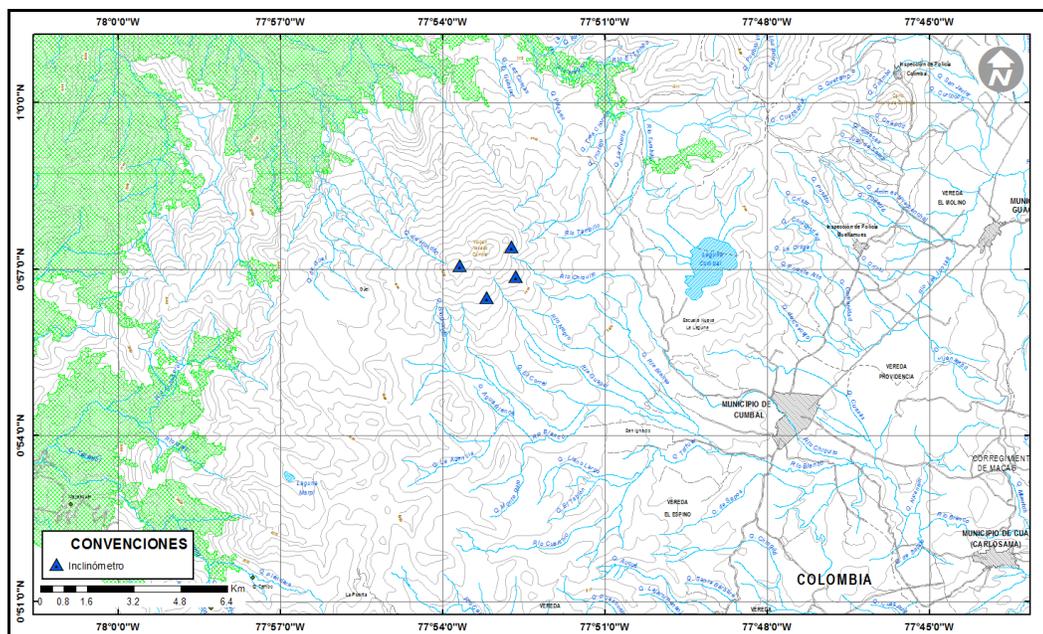


Figura 48. Mapa de localización de las estaciones de deformación volcánica, inclinómetros electrónicos que forman parte de la red de vigilancia del Complejo Volcánico de Cumbal para el mes de febrero de 2019.

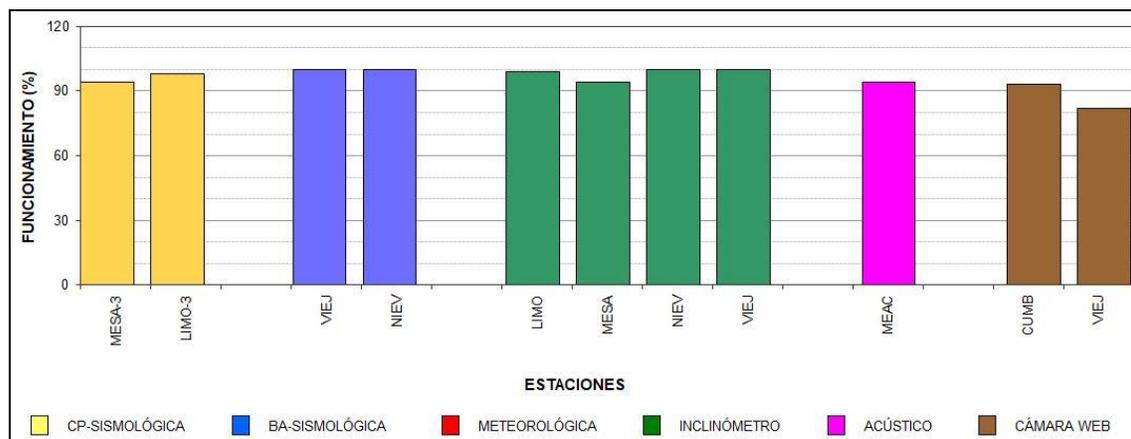


Figura 49. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico de Cumbal en febrero de 2019.

2.2 Sismología

La sismicidad de febrero de 2019 en el complejo volcánico de Cumbal (CVC) mostró incremento del 8% en su ocurrencia pasando de 1253 a 1359 eventos en comparación con enero. La sismicidad dominante fue la asociada con tránsito de fluidos de fuente transitoria al interior del volcán (LP) con 670 eventos, que equivalen al 49% del total, seguida de la sismicidad asociada con fractura de material cortical (VT), con 597 eventos que representan el 44%, también se registraron 91 eventos de tipo híbrido (HIB) y un episodio de tremor, con el 7% de la sismicidad (Tabla 15, Figuras 50 y 51). No se registraron eventos tipo VOL (señales que por sus bajos niveles energéticos no son fáciles de catalogar dentro de alguno de los tipos de sismicidad establecidos). El pico de ocurrencia sísmica se presentó el día 11 de febrero con 257 sismos (83 VT, 147 LP y 27 HIB).

Tabla 15. Número de sismos volcánicos por tipo, en el CVC, enero y febrero de 2019.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					
	VT	LPS	TRE	HIB	VOL	TOTAL
Enero de 2019	625	536	2	90	0	1253
Febrero de 2019	597	670	1	91	0	1359

Con respecto a los valores registrados en el mes anterior, los sismos de tipo VT disminuyeron un 5% pasando de 625 a 597 eventos, los LP se incrementaron un 25% pasando de 536 a 670 eventos, los episodios de TRE disminuyeron 50% al pasar de 2 eventos a 1 y los HIB mantuvieron casi estable su número (Tabla 15, Figuras 50 y 51).

Se registraron 5 eventos de tipo Tornillo (TOR), que se caracterizan por el decaimiento lento de su coda y espectro en frecuencia con uno o varios picos dominantes. En la Figura 52 se muestran los sismogramas y espectros en frecuencia de los eventos TOR de febrero de 2019 en las componentes verticales de las estaciones La Mesa y Limones del CVC. Los eventos del 5 y 7 de febrero presentaron picos dominantes en la frecuencia de 1.4 Hz y otros picos de menor amplitud en las frecuencias de 2.7 Hz, 4.4 Hz y alrededor de 5.7 Hz. Los eventos del 18, 19 y 21 de febrero presentaron picos en las frecuencias de 1.2 Hz, 2.4 Hz y 3.5 Hz. El evento del día 18 presentó adicionalmente otros picos en las frecuencias de 6.3 Hz, 7.5 Hz y 8.7 Hz.

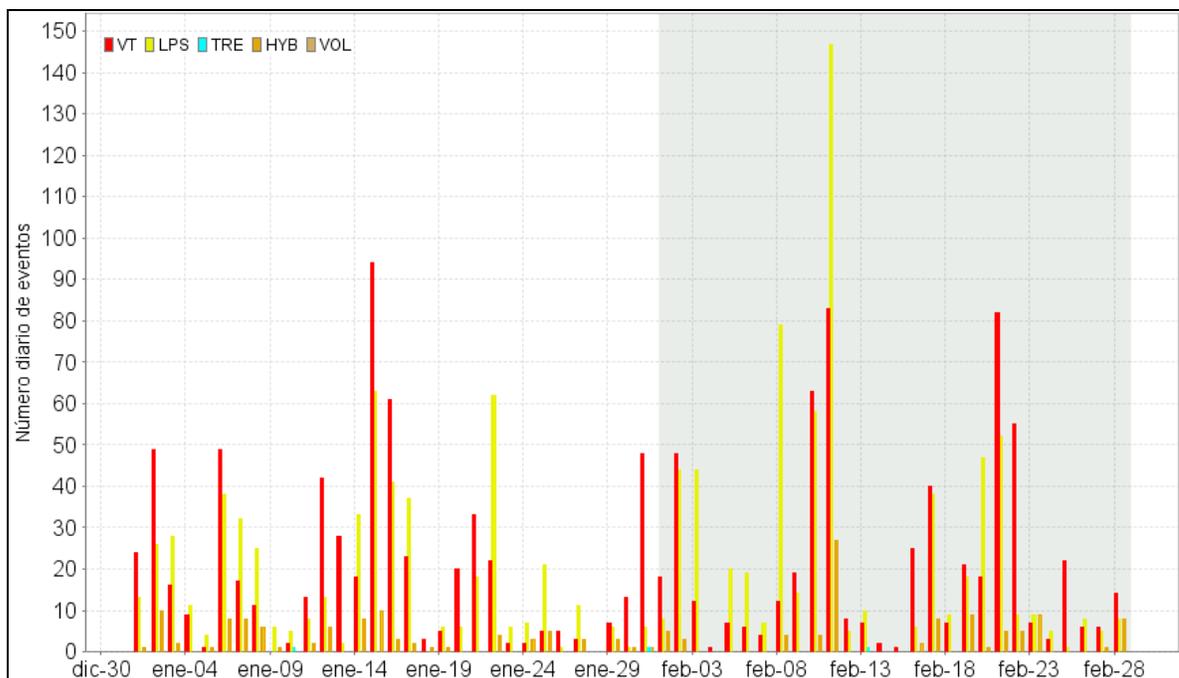


Figura 50. Ocurrencia diaria de sismos volcánicos por tipo en el CVC, durante enero y febrero de 2019. El recuadro gris resalta el periodo evaluado.

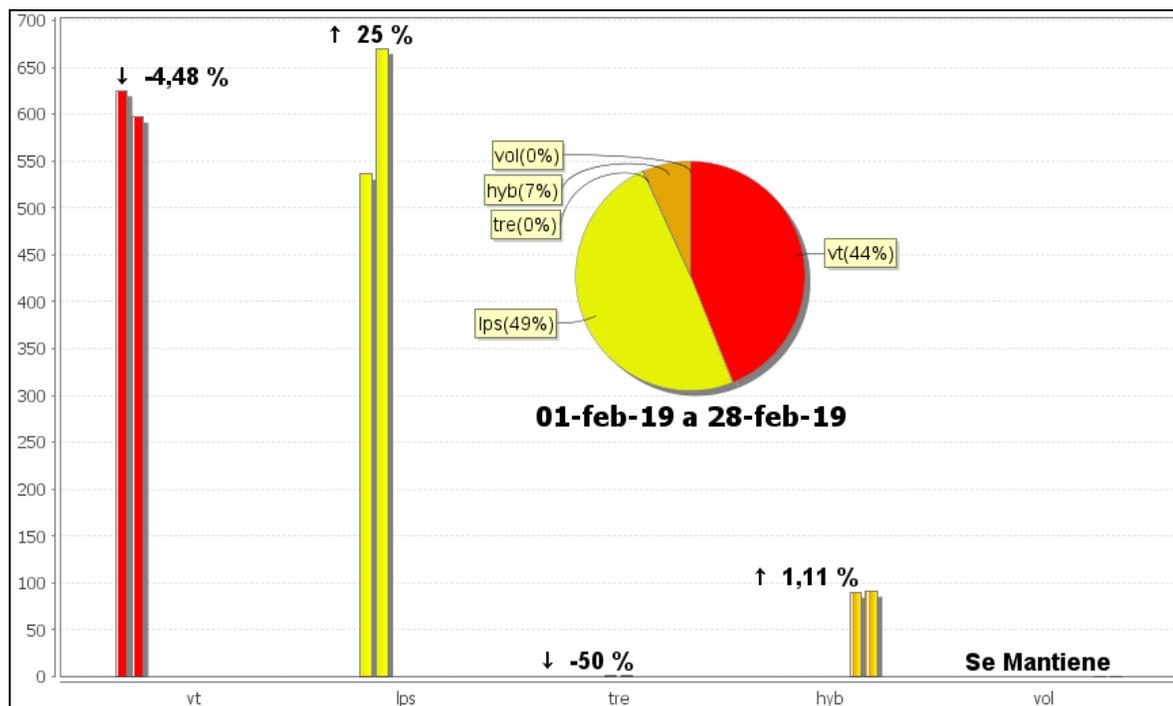


Figura 51. Comparación del número de sismos por tipo entre enero y febrero de 2019 y estadísticas del número de sismos por tipo para febrero de 2019.

Las señales sísmicas y los componentes espectrales de los eventos tipo TOR del CVC indican movimiento de fluidos que implican resonancia en los conductos volcánicos que los contienen 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 una correlación con procesos de presurización del sistema.

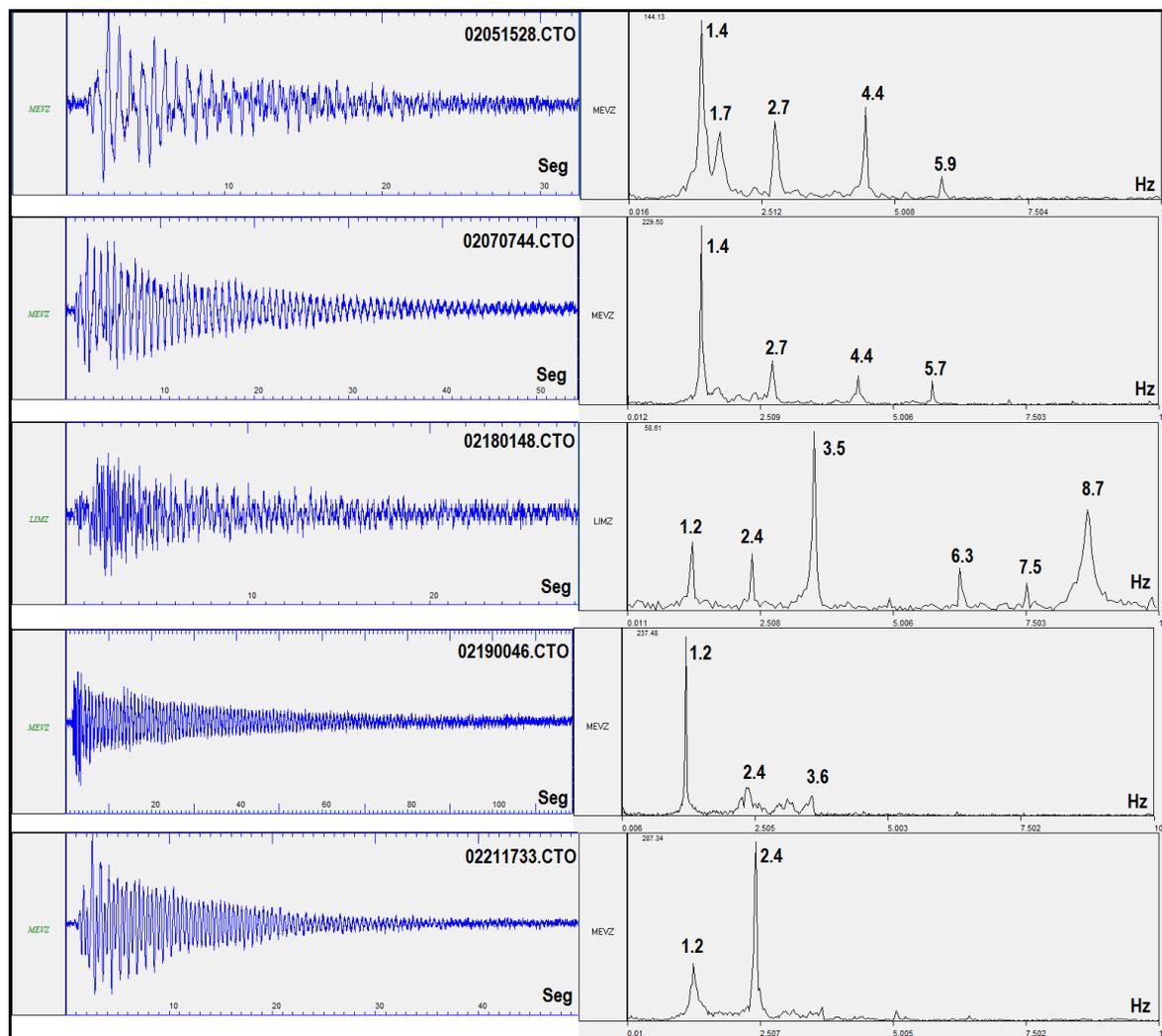


Figura 52. Sismogramas y espectros en frecuencia de los eventos TOR de febrero de 2019 en las componentes verticales de las estaciones La Mesa y Limones del CVC.

Se localizaron 33 sismos VT (Figura 53), la mayoría ubicados en inmediaciones de la cima del complejo volcánico hacia el sector norte, a distancias entre cero y 2.5 km, profundidades menores de 7 km con respecto al cráter La Plazuela (4700 m) y ML máxima de 0.7 en la escala de Richter; otros sismos se ubicaron de manera dispersa en la zona de influencia del complejo volcánico, en distancias hasta de 12 km, profundidades menores de 13 km y con ML máxima de 1.6 en la escala de Richter. La energía de los sismos localizados alcanzó un valor de 2.46×10^{14} ergios.

En general la magnitud local de los sismos es pequeña, pues son eventos de baja energía, se destacan 2 sismos VT con magnitud local igual o superior a 1.2 en la escala de Richter y en la Tabla 16 se consignan sus características de localización.

Tabla 16. Sismos con ML mayor o igual a 1.2 registrados en el CVC en febrero de 2019.

Fecha	Hora local	Latitud	Longitud	Prof. km	ML
03/02/2019	23:44	1-0.53	77-48.17	2.5	1.2
12/02/2019	02:05	1-1.01	77-55.58	12	1.6

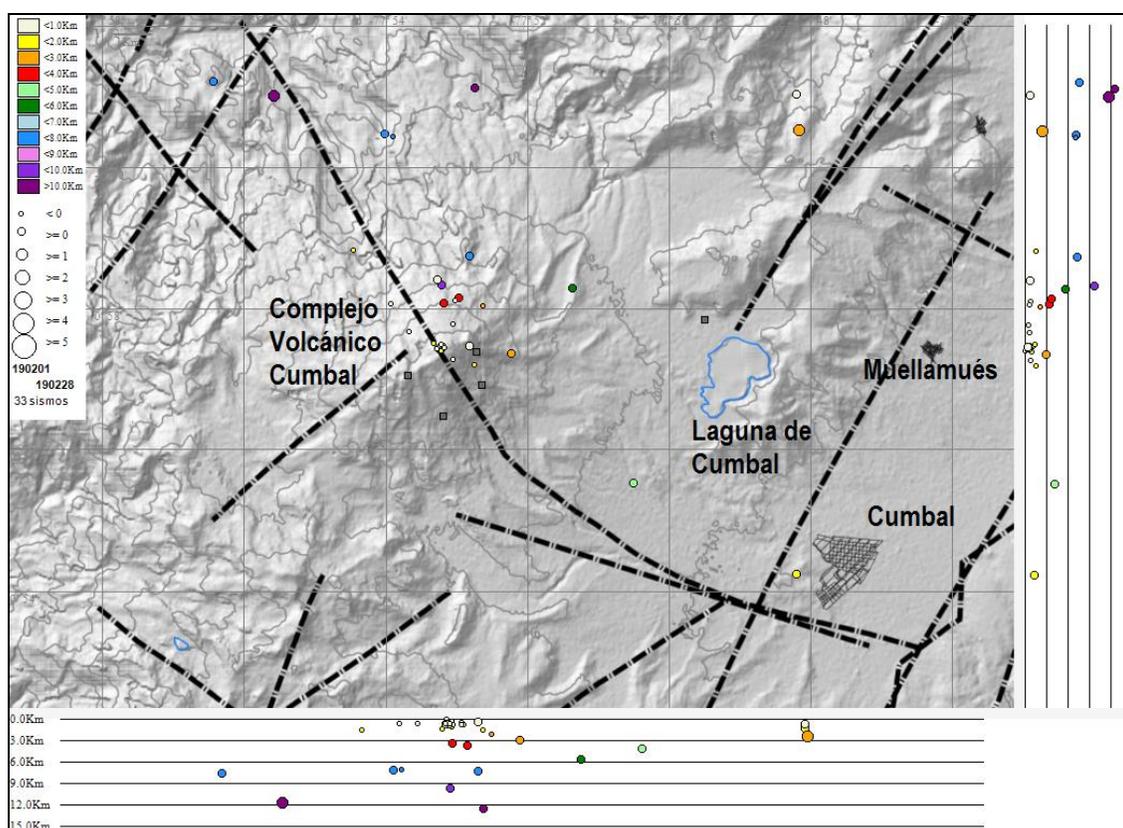


Figura 53. Localizaciones de VT registrados en febrero de 2019 en el CVC.

2.3 Deformación

Para el periodo evaluado se observa estabilidad en las componentes de inclinación de las estaciones Punta Vieja y Limones (Figuras 54 y 55), en Punta Vieja las fluctuaciones observadas en los registros de las componentes se asemejan a lo registrado por el sensor de temperatura del equipo.

Desde el 24 de diciembre de 2018, se observa una ligera tendencia ascendente en la componente de inclinación Este del inclinómetro electrónico La Mesa, variación cercana a los 11 urad, es contraste se evidencia estabilidad en la componente Norte (Figura 56).

Hacia finales del mes de octubre de 2018, se recupera el registro de la estación La Nieve posterior a los mantenimientos realizados en campo, observando un comportamiento ascendente en las componentes del inclinómetro La Nieve, registrando 32 urad la Norte y 48 urad la Este (Figura 57).

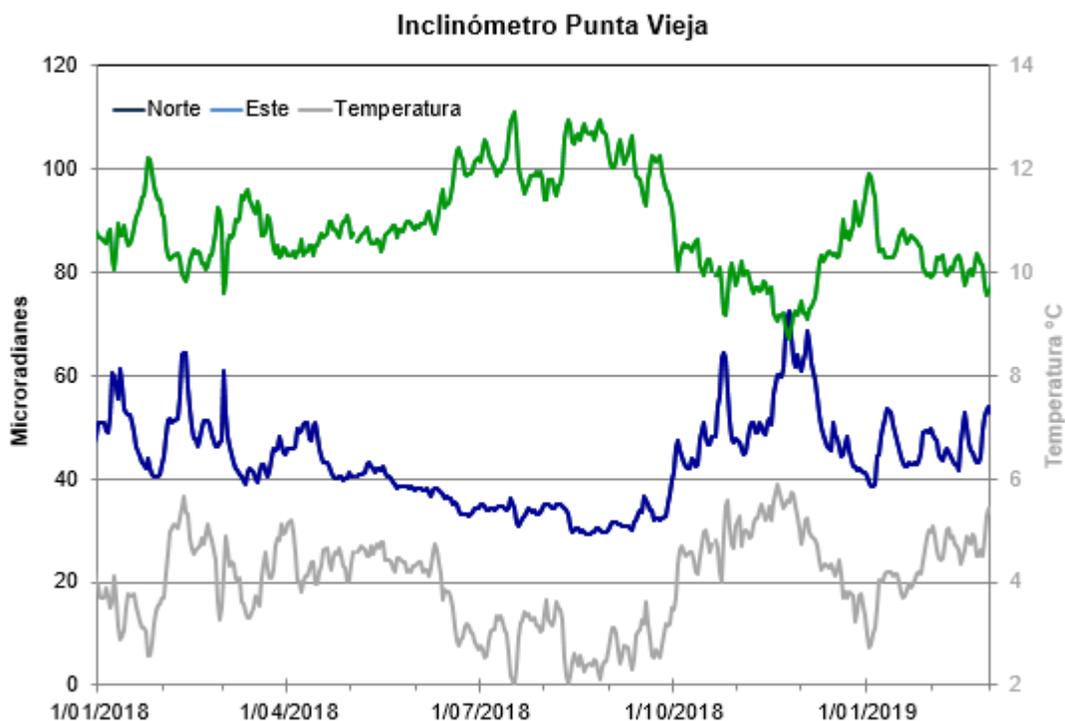


Figura 54. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Punta Vieja, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2018 y el 28 de febrero de 2019.

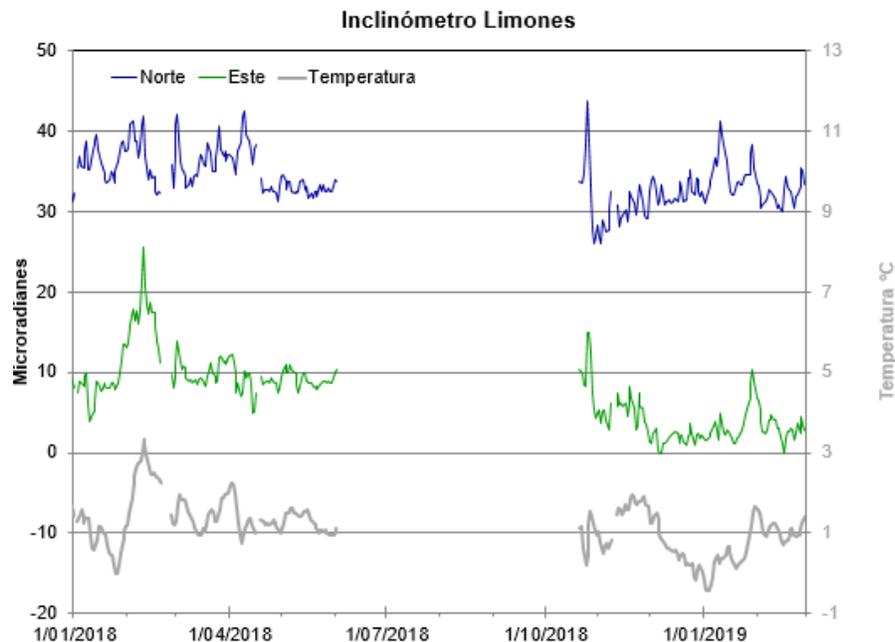


Figura 55. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Limones, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2018 y el 28 de febrero de 2019.

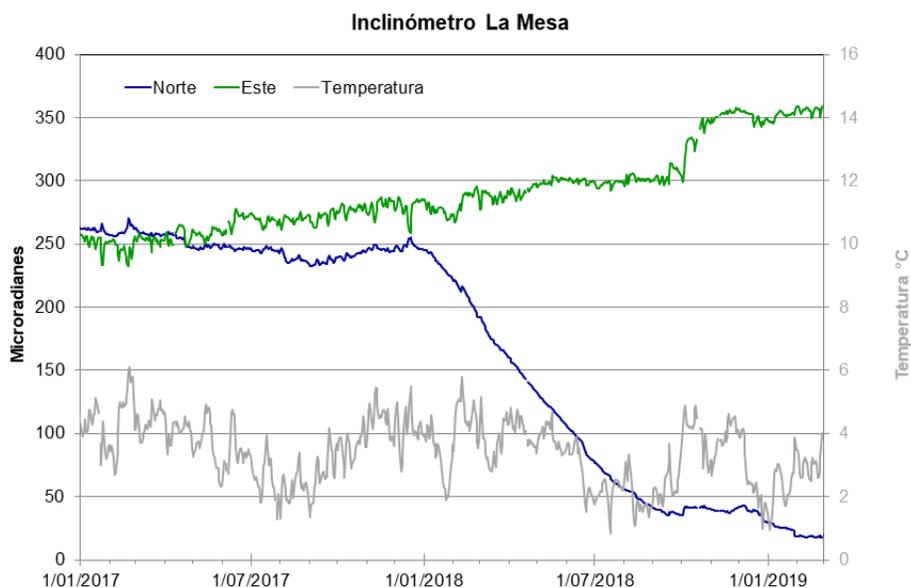


Figura 56. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico La Mesa, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2017 y el 28 de febrero de 2019.

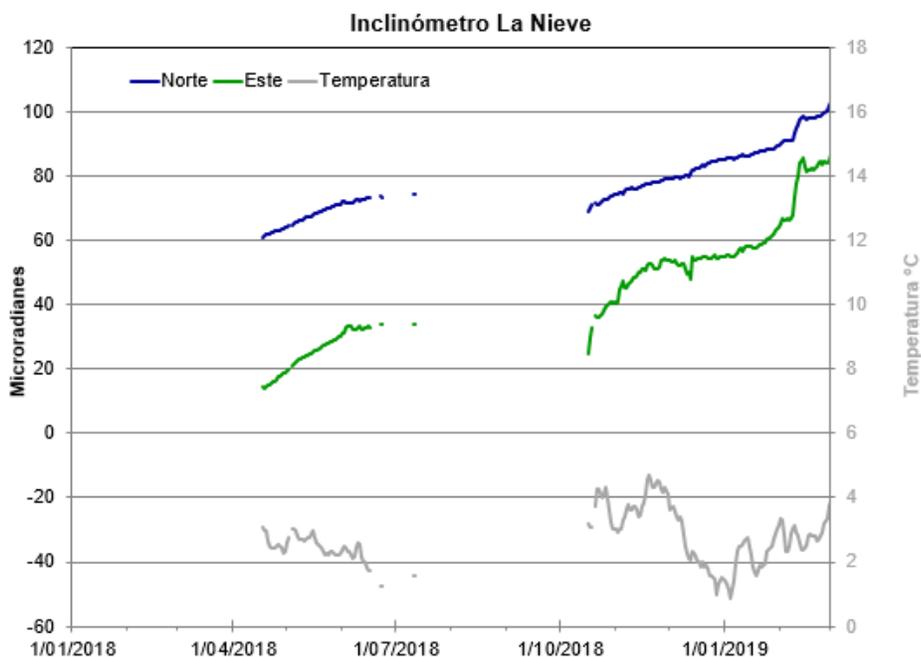


Figura 57. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico La Nieve, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre abril de 2018 y el 28 de febrero de 2019.

2.4 Geoquímica

2.4.1 Muestreo de aguas en fuentes termales-volcán Cumbal.

No se llevaron a cabo muestreo geoquímico en este volcán.

2.5 Actividad Superficial

Para los días 7, 8, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24 y 25 de febrero de 2019 con las cámaras web de Cumbal se observó emisiones de gases desde el campo fumarólico El Verde con pequeñas columnas de gas de color blanco, con dispersión variable por acción del viento.

En las Figuras 58 a 64 se presentan algunas imágenes asociadas a procesos de emisión de gases del complejo volcánico de Cumbal.



Figura 58. Imágenes de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal (sector El Verde), el 7 de febrero de 2019 a las 06:44 p.m., (Izquierda) y el 8 de febrero a las 05:10 p.m. (Derecha), capturadas desde la cámara ubicada en la estación Punta Vieja.



Figura 59. Imágenes de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal (sector El Verde), el 15 de febrero de 2019 a las 09:15 a.m., (Izquierda) y el 16 de febrero a las 00:22 a.m. (Derecha), capturadas desde la cámara ubicada en la estación Punta Vieja.



Figura 60. Registro fotogrametrico de emisiones de gases desde El Verde, registradas durante los días 16 de febrero de 2019 a las 07:38 p.m.(izquierda) y el 17 de febrero de 2019 a las 06:22 a.m (derecha) con la camara de Punta Vieja.



Figura 61. Imágenes de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal (sector El Verde), el 19 de febrero de 2019 a las 04 :00 a.m., (izquierda) y el 20 de febrero a las 11: 15 p.m. (derecha), capturadas desde la cámara ubicada en la estación Punta Vieja.



Figura 62. Imágenes de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal (sector El Verde), el 21 de febrero de 2019 a las 04 :21 a.m., (izquierda) y el 22 de febrero a las 05: 25 p.m. (derecha), capturadas desde la cámara ubicada en la estación Punta Vieja.

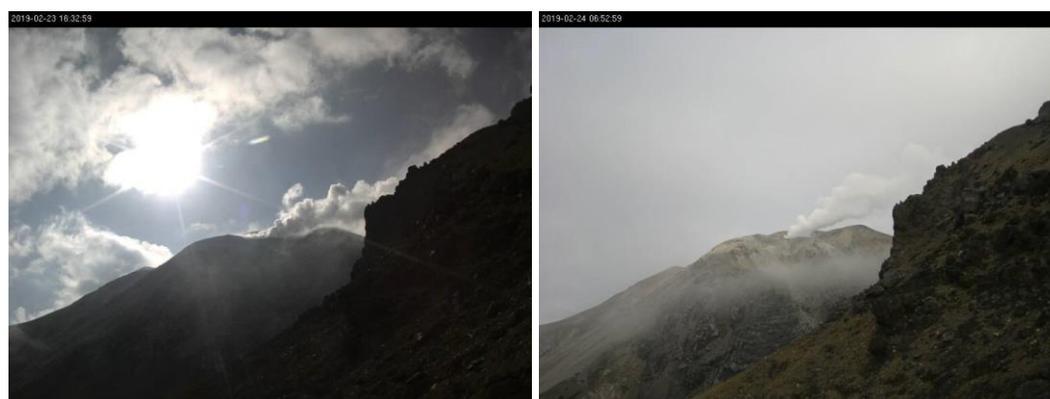


Figura 63. Imágenes de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal (sector El Verde), el 23 de febrero de 2019 a las 04 :32 p.m., (izquierda) y el 24 de febrero a las 06: 52 a.m. (derecha), capturadas desde la cámara ubicada en la estación Punta Vieja.



Figura 64. Imágenes de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal (sector El Verde), el 25 de febrero de 2019 a las 06 :18 a.m., (izquierda) y el 25 de febrero a las 04: 28 p.m. (derecha), capturadas desde la cámara ubicada en la estación Punta Vieja.

2.6 Conclusiones

En el Complejo Volcánico de Cumbal (CVC), en febrero de 2019 la sismicidad registró incremento en su ocurrencia y disminución en su energía, localizándose principalmente en inmediaciones de los dos conos activos del complejo, el cráter La Plazuela al nororiente y el cráter Mundo Nuevo al suroccidente, en profundidades menores de 13 km, con ML máxima de 1.6 en la escala de Richter. Los sismos de tipo TOR no evidencian presurización dentro del sistema.

La evaluación de la actividad volcánica del CVC en febrero de 2019 permitió mantener el nivel en **AMARILLO** ■ (III): **“Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.

3 ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO DE MAYASQUER – FEBRERO DE 2019.

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 65).

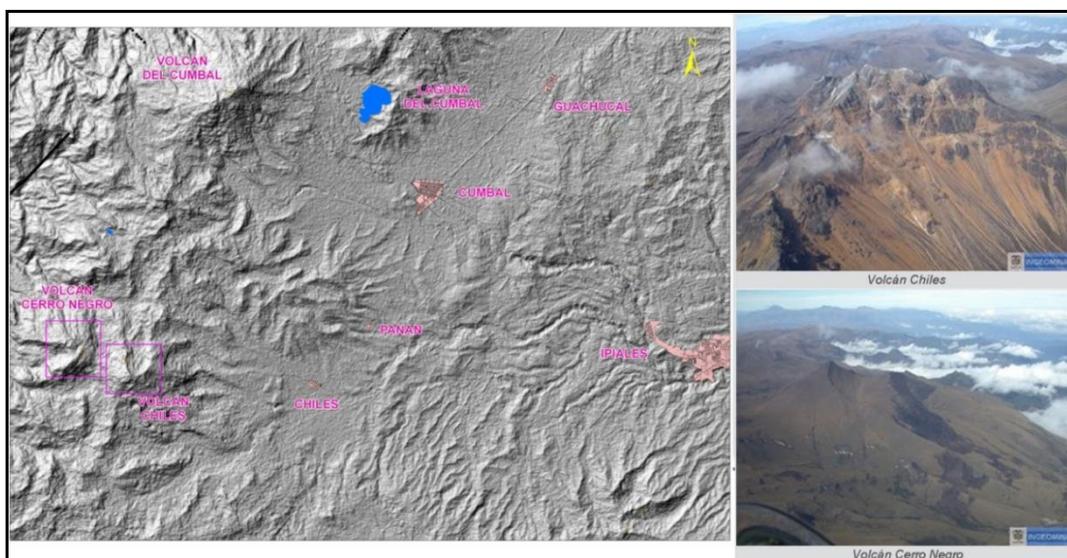


Figura 65. Localización de los volcanes Chiles y Cerro Negro (izquierda) e imágenes de los mismos (derecha).

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 en 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 nororiental denominada Canguil (sismómetro, Cámara web y sensor de infrasonido), otra al noroccidente en el volcán Cerro Negro (sismómetro e inclinómetro), la estación Panam, a 7,4 km al nororiente del volcán Chiles, la estación Laguna ubicada al nor-nororiente del volcán Chiles y la estación Termales (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 66, Tablas 17 y 18).

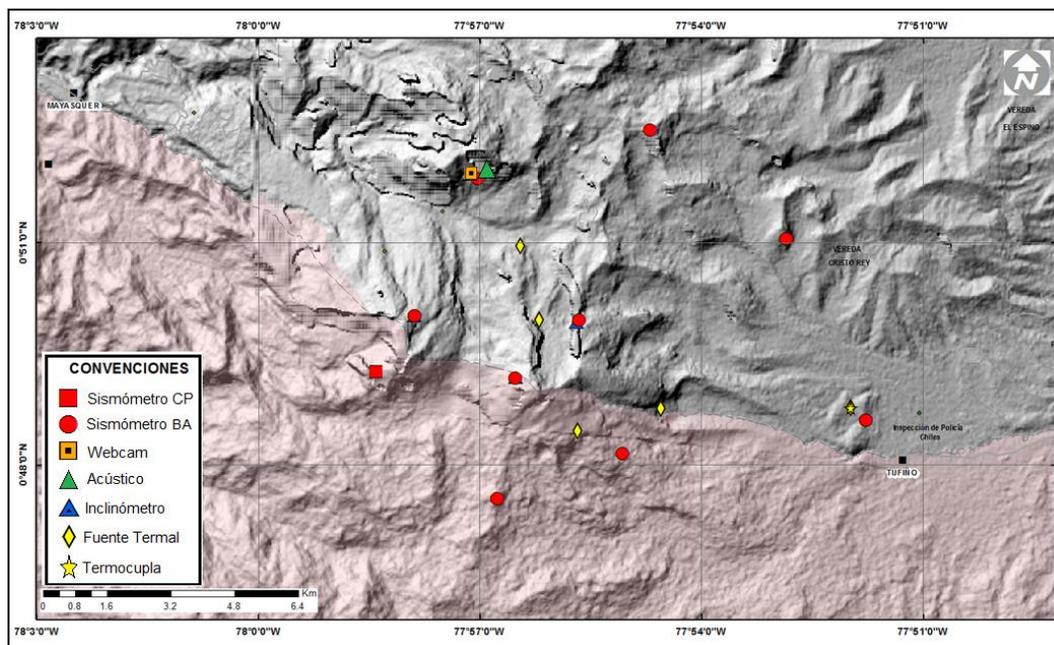


Figura 66. Estaciones telemétricas y no telemétricas que hacen parte de la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro en el mes de febrero de 2019.

Tabla 17. 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	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	1	WNW	4478
Cerro Negro	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	4	WNW	4216
I. C. Negro	Digital	Inclinómetro 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
Panam	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	7,4	NE	3750
Termales	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	9,3	E	3329

Tabla 18. 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

En el periodo evaluado, las estaciones de la red instalada para el monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro presentaron un funcionamiento promedio del 91 % (Figura 67).

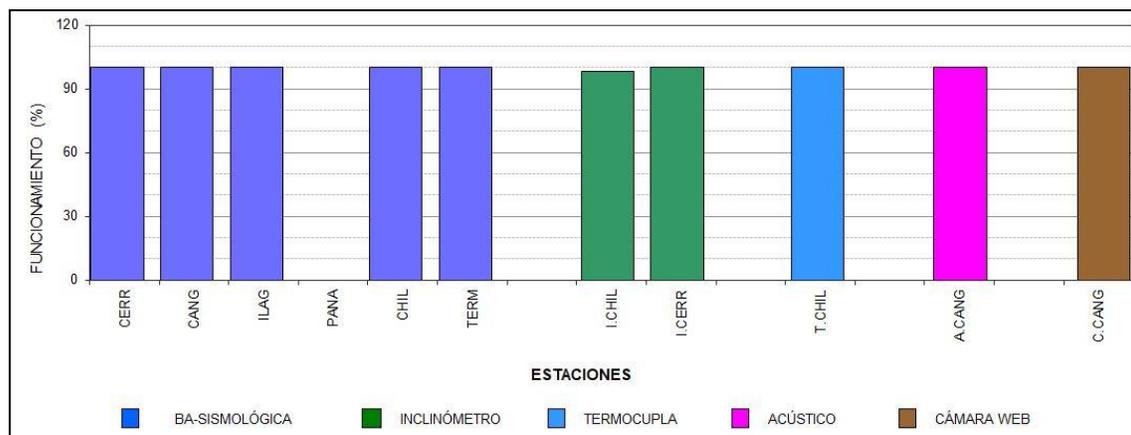


Figura 67. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que hacen parte de la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro en febrero de 2019.

3.3 Sismología

En febrero se registró incremento del 9.6% en la ocurrencia sísmica de los volcanes Chiles y Cerro Negro, pasando de 18276 a 20028 eventos. Se mantuvo el predominio de la sismicidad asociada con fractura de roca al interior del volcán (VT) con 19992 eventos, que representan el 99.8% de los sismos; también se registraron 17 eventos LP y 19 HIB que en conjunto representan el 0.2% del total. Los picos de ocurrencia sísmica se registraron en los días 1, 2, 14, 15 y 16 de febrero con 2521, 1372, 3195, 2170 y 1391 eventos VT, respectivamente (Tabla 19, Figura 68). La sismicidad VT también incrementó su ocurrencia 9.5%, pasando de 18260 eventos, los LP se incrementaron multiplicando 3.4 veces su valor, pasando de 5 a 17 eventos y los HIB se incrementaron 73%, pasando de 11 a 19 eventos.

Tabla 19. Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en enero y febrero de 2019 en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro de Mayasquer.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					TOTAL
	VT	LPS	TRE	HIB	VOL	
Enero de 2019	18260	5	0	11	0	18276
Febrero de 2019	19992	17	0	19	0	20028

La energía sísmica también mostró un incremento importante de un orden de magnitud, multiplicando 23 veces su valor, pasando de 2.77×10^{16} ergios a 6.44×10^{17} ergios. Los picos de energía se presentaron en los días 14, 15 y 17 de febrero, con 5.58×10^{17} ergios, 3.84×10^{16} ergios y 3.36×10^{16} ergios, respectivamente (Tabla 20, Figura 69).

Tabla 20. Energía de eventos VT, ocurridos en enero y febrero de 2019 en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro de Mayasquer.

Periodo Evaluado	Energía VT
Enero de 2019	2.77E+16
Febrero de 2019	6.45E+17

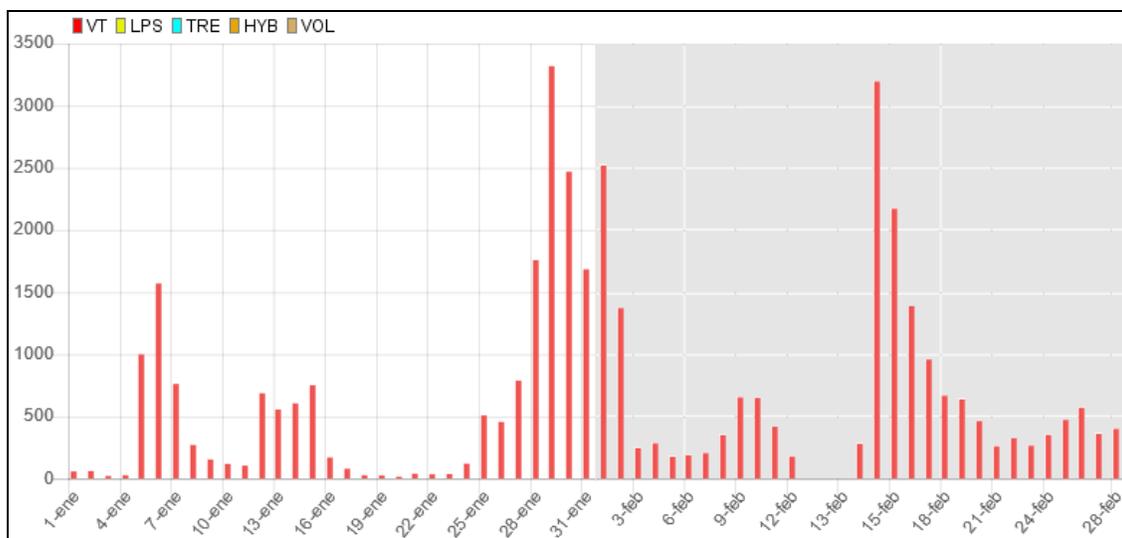


Figura 68. Número diario de sismos en enero y febrero de 2019 en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro de Mayasquer, el recuadro gris resalta el periodo evaluado.

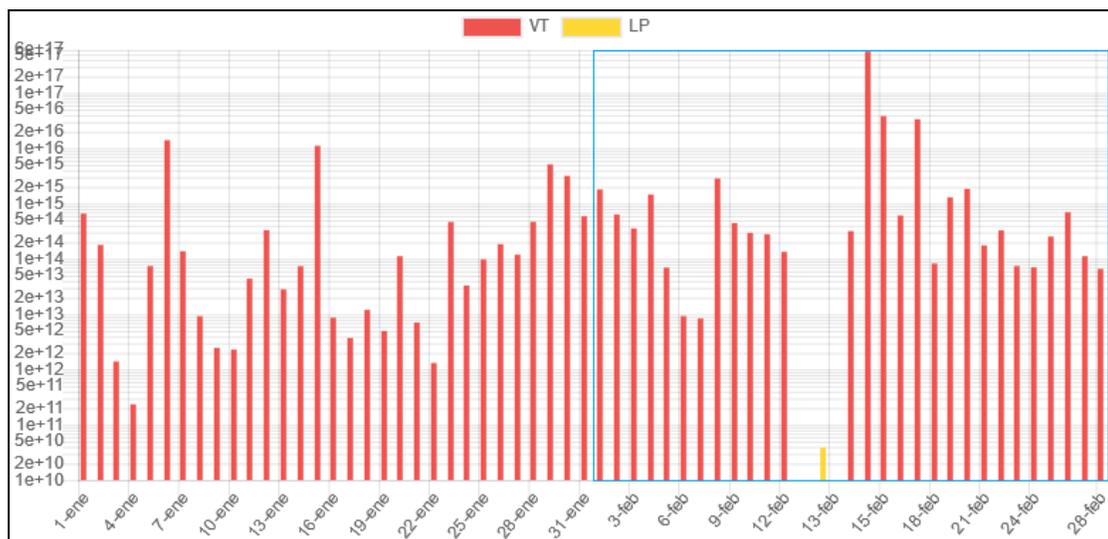


Figura 69. Energía diaria de sismos durante enero y febrero de 2019 en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro de Mayasquer, el contorno azul resalta el periodo evaluado.

Fueron localizados 2218 VT, los cuales respecto a la cima de Chiles (4700 m) fueron ubicados en tres fuentes, la primera suroccidental cercana, a distancias entre cero y 4 km, con profundidades entre 0.2 y 7 km; la segunda fuente suroriental intermedia, en distancias entre 4 y 10 km, con profundidades entre 6 y 11 km y la tercera suroriental lejana, en distancias entre 11 y 14 km, con profundidades entre 1.5 y 9.0 km (Figura 70).

Se resalta la ocurrencia de un enjambre de sismos VT, entre el 13 y el 20 de febrero, el cual alcanzó un número de 9777 eventos, correspondiente al 49% del total, con una energía de 6.35×10^{17} ergios, correspondiente al 98% de la energía de febrero. Durante el enjambre se reportaron 10 eventos como sentidos, con magnitud local entre 2.2 y 4.9 en la escala de Richter, profundidades entre 3.6 y 16.5 y distancias entre 0.7 y 16 km con respecto a la cima de Chiles (4700 m), la energía de los eventos reportados como sentidos alcanzó un valor de 5.65×10^{16} ergios, correspondiente al 88% de la energía sísmica de febrero.

Durante el mes se registraron 47 sismos con ML entre 2.0 y 4.9 en la escala de Richter, 32 de ellos durante el enjambre mencionado (Figura 70). El sismo más energético del mes registrado durante el enjambre, ocurrió el día 14 de febrero a la 01:24 de la madrugada, se ubicó a 15.7 km al suroriente de Chiles, con profundidad de 16.5 km y magnitud local de 4.9 en la escala de Richter, se reportó sentido en Ipiales, Córdoba, Puerres, Potosí, Cumbal, en Colombia, Tulcán, Tufiño, Maldonado en Ecuador y en otros poblados de la zona epicentral en los dos países. En Ecuador se reportaron daños en muros y techos de edificaciones y pequeños deslizamientos, asociados con este sismo.

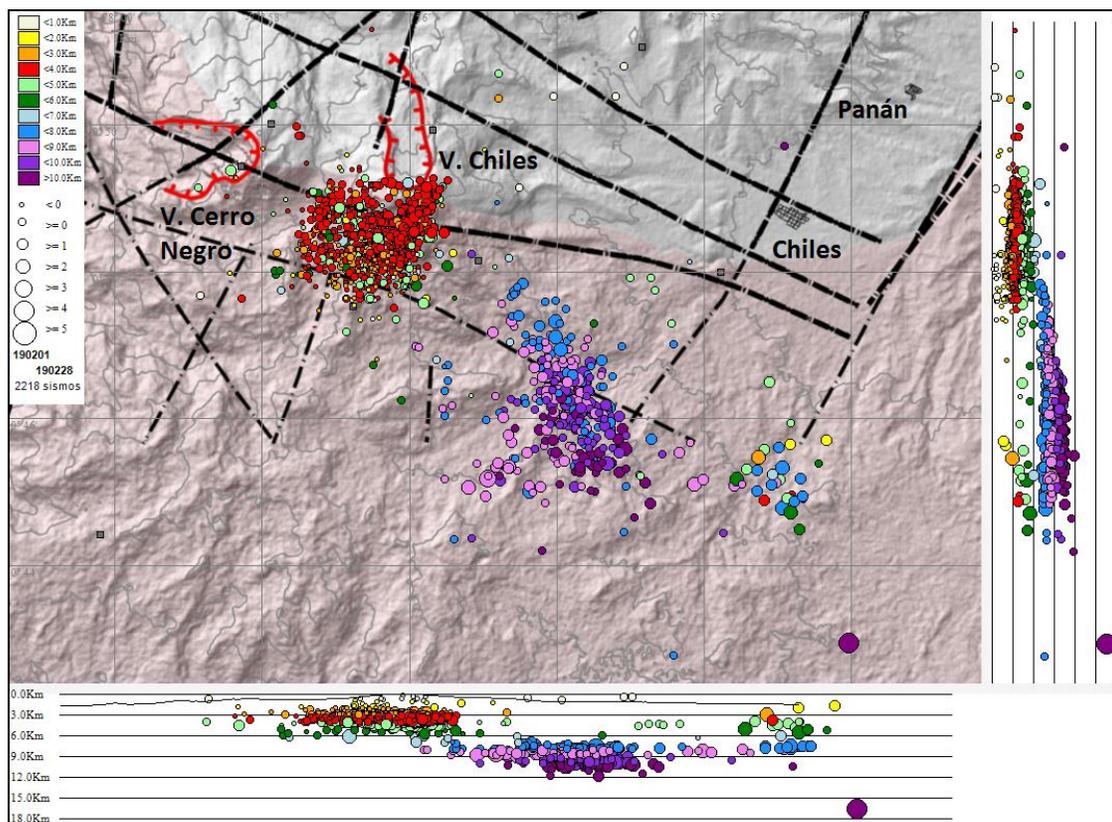


Figura 70. Localizaciones de sismos VT registrados en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro de Mayasquer en febrero de 2019.

Se destaca el registro de 10 sismos VT que se reportaron sentidos en la zona de influencia de Chiles y Cerro Negro en Colombia y Ecuador, en la Tabla 21 se consignan sus características de localización y la distancia con respecto al volcán Chiles.

Tabla 21. Sismos VT sentidos en Chiles - Cerro Negro, febrero de 2019.

Fecha	Hora local	Latitud	Longitud	Prof. km	ML	Distancia
13/02/2019	16:13	0-46.02	77-53.30	9	2.9	7.4 SE
14/02/2019	01:24	0-42.96	77-50.05	16	4.9	15.7 SE
14/02/2019	01:30	0-45.89	77-53.71	9	2.5	7.1 SE
14/02/2019	01:44	0-46.28	77-53.44	8	2.6	7.0 SE
14/02/2019	01:49	0-46.37	77-54.09	9	4.0	6.0 SE
14/02/2019	10:38	0-45.75	77-54.09	10	3.1	7.1 SE
14/02/2019	23:47	0-46.55	77-53.73	8	2.2	6.2 SE
15/02/2019	08:41	0-48.66	77-56.15	4	3.2	0.7 S
15/02/2019	09:05	0-46.21	77-53.85	9	3.7	6.5 SE
17/02/2019	09:13	0-48.68	77-56.33	5	2.9	0.9 SW

3.4 Deformación

Para el inclinómetro electrónico de Chiles es de resaltar el comportamiento ascendente registrado desde el 25 de enero de 2019, alcanzando 17 urad (Figura 71).

El inclinómetro instalado en la superficie del Volcán Cerro Negro, muestra estabilidad, la componente Norte desde abril de 2018 y la Este desde junio de 2018 (Figura 72).

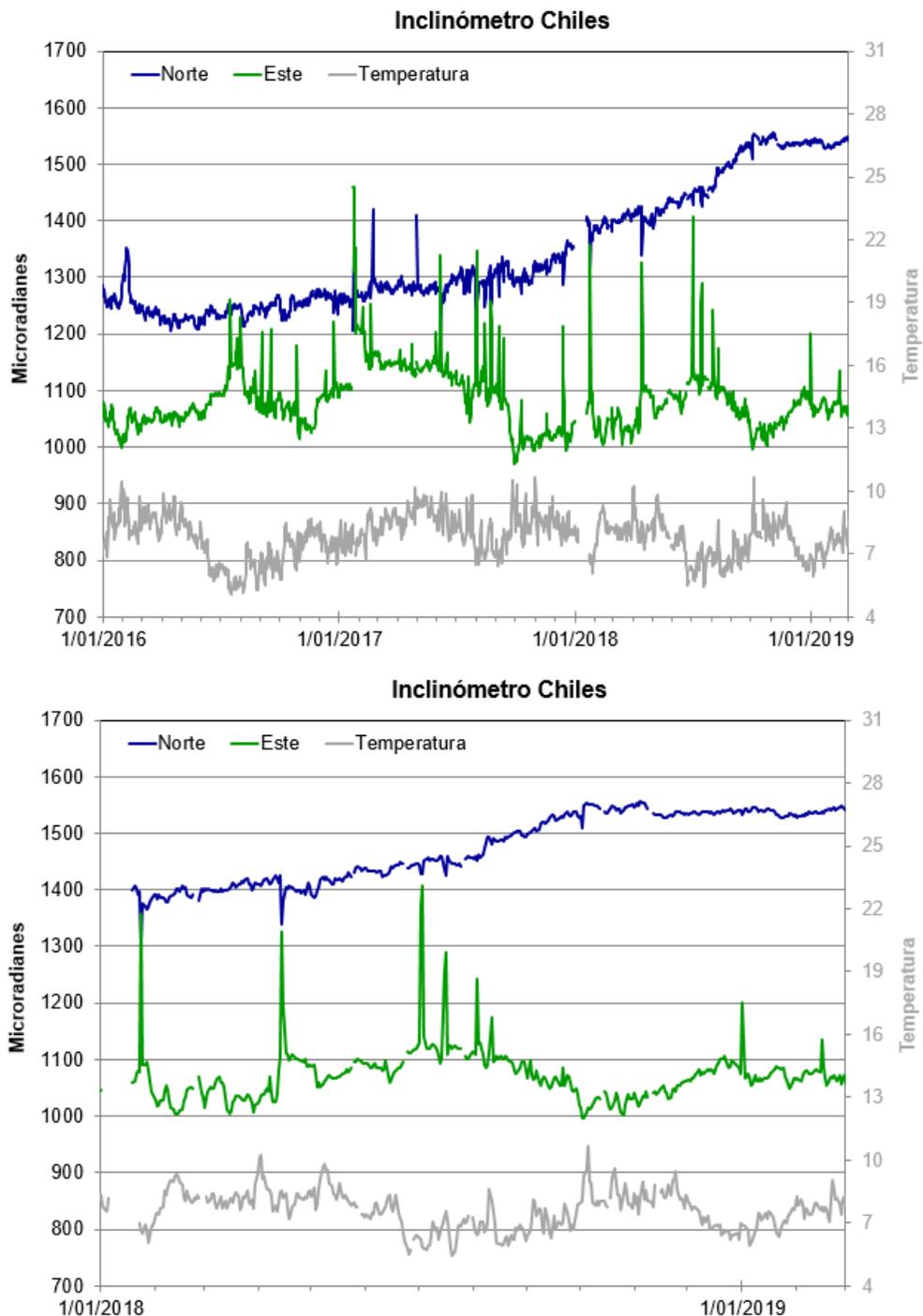


Figura 71. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Chiles, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2016 y el 28 de febrero de 2019 (superior) y desde enero de 2018 hasta febrero de 2019 (inferior).

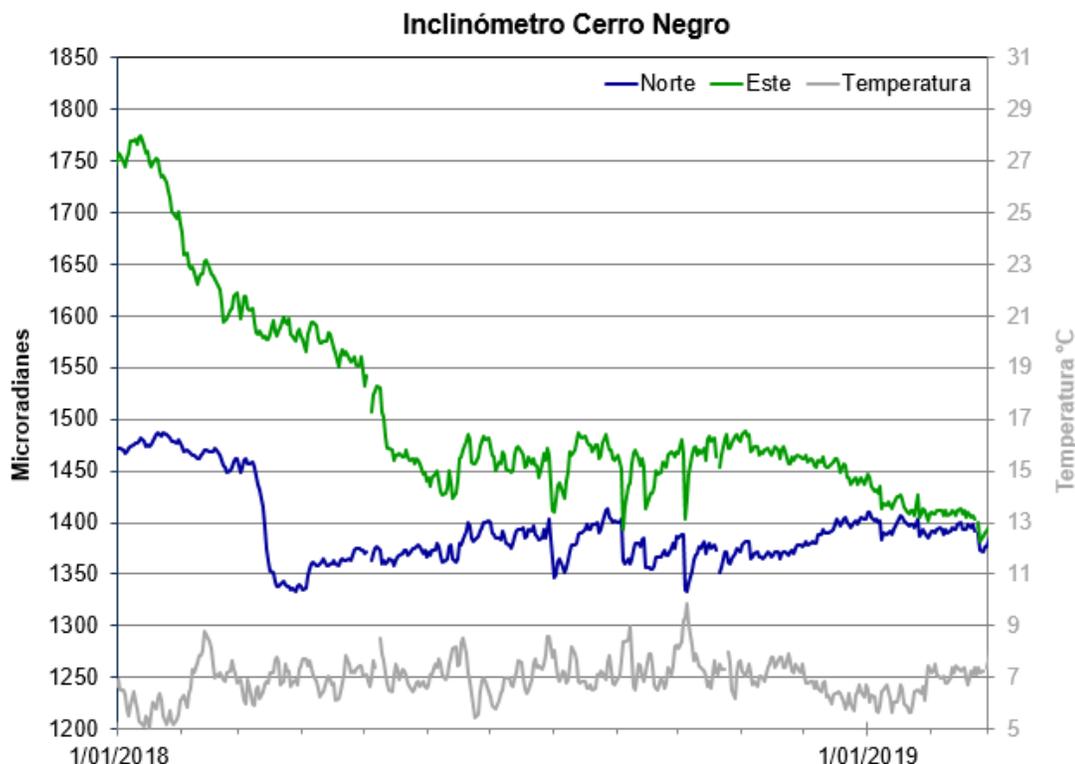


Figura 72. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Cerro Negro, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2018 y el 28 de febrero de 2019.

3.5 Geoquímica

3.5.1 Registro de temperatura – Estaciones térmica Termal 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 periódicamente muestreos geoquímicos (Figura 66, Tabla 18 en red de vigilancia).

En la Figura 73 se registran las variaciones en el tiempo, presentando un valor máximo de $43,4^{\circ}\text{C}$ (Tabla 22). Estas variaciones corresponden a la línea base de información y no están relacionadas con actividad volcánica. El grupo de Geoquímica del OVS Pasto continua con el monitoreo de esta variable, registrando el comportamiento y operación de la estación para detectar cambios que puedan estar relacionados con la actividad del volcán.

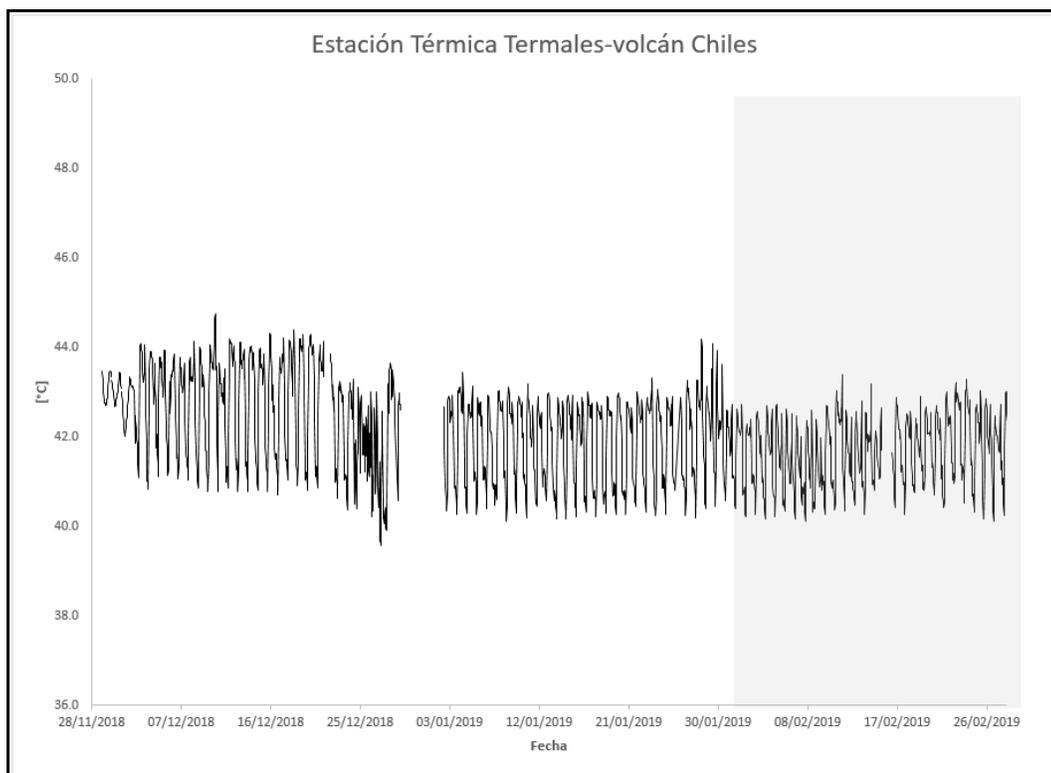


Figura 73. Temperatura estación térmica Baño Grande-Volcán Chiles-febrero 2019.

Tabla 22. Valores de temperatura en FT Baño Grande en el área de influencia del volcán Chiles – febrero 2019.

Temperatura	[°C]
Promedio	41.72
Máximo	43.40
Mínimo	40.11

3.5.2. Muestreo de aguas en fuentes termales - Volcán Chiles

No se llevó a cabo el muestreo de fuentes termales.

3.6 Actividad Superficial

En el mes de febrero de 2019 no se observó, ni se tuvo reportes asociados con actividad superficial de estos volcanes.

3.7 Conclusiones

- Las variaciones de temperatura en el tiempo que corresponden a día-noche, sin cambios relevantes. En el periodo evaluado se registra un valor máximo de 83.4°C.
- En febrero de 2019 la sismicidad en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro de Mayasquer mostró incremento tanto en su ocurrencia como en su energía, con predominio de los sismos asociados con fractura de roca al interior del volcán (VT). Se destacó el registro de 47 sismos VT con ML entre 2.0 y 4.9 en la escala de Richter, 10 de los cuales se reportaron sentidos. El evento de ML 4.9 se reportó sentido en varios municipios y centros poblados tanto en Colombia como en Ecuador. En Ecuador se reportaron daños en muros, techos y pequeños deslizamientos en carreteras de la zona epicentral, asociados con este sismo.
- La sismicidad registrada desde finales de 2013 hasta la fecha se asocia con una posible intrusión magmática en profundidad, que hasta el momento no ha mostrado manifestaciones en superficie. A pesar de la estabilidad de los otros parámetros medidos, ocasionalmente se presentan enjambres de sismos VT, con sismos sentidos por los habitantes de la zona, que elevan los niveles de energía y ocurrencia, lo cual indica que los volcanes Chiles y Cerro Negro aún no han retornado a un estado de equilibrio. Por lo anterior, se mantiene la probabilidad de que se registren sismos con magnitudes importantes que podrían ser sentidos por los habitantes de su zona de influencia, similares a los ocurridos en febrero de 2019.

La evaluación de la actividad de los volcanes Chiles y Cerro Negro de Mayasquer durante febrero de 2019 permitió mantener el nivel **AMARILLO** ■ (III): **“Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.

4 ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES LAS ÁNIMAS, DOÑA JUANA Y AZUFRAL – FEBRERO DE 2019.

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 74).

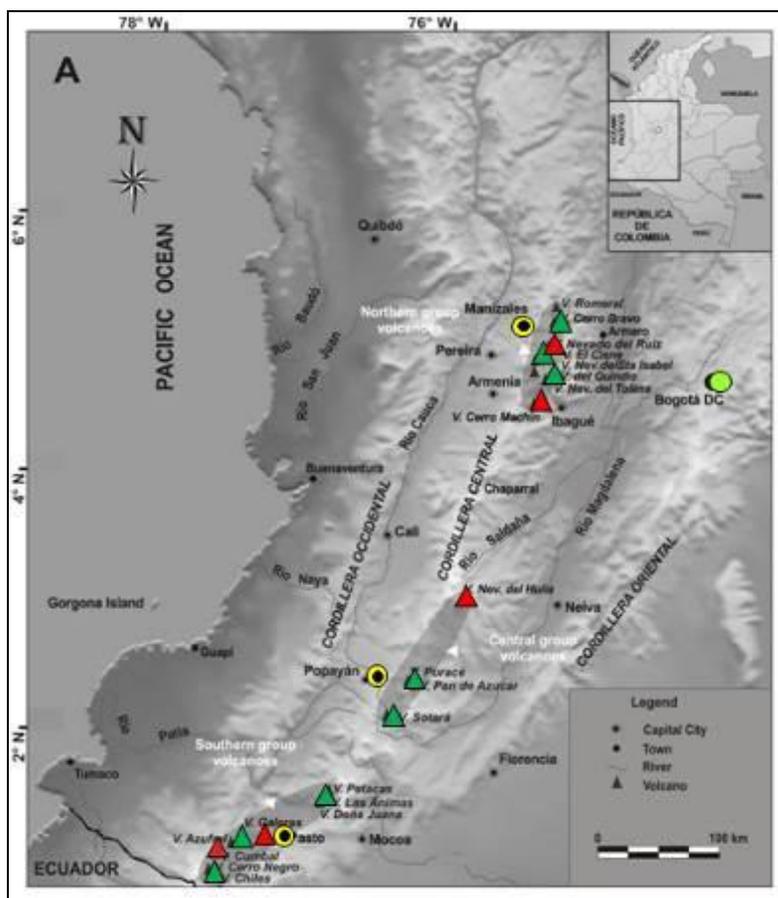


Figura 74. Localización de algunos volcanes del sur de Colombia, entre ellos están Galeras, Doña Juana, Azufral, Cumbal, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro monitoreados por el OVSP - Servicio Geológico Colombiano

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 de los Volcanes Doña Juan y las Ánimas.

4.1.1 Red de Vigilancia

La red de monitoreo de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas está distribuida de la siguiente manera: tres estaciones sísmicas, dos inclinómetros electrónicos localizados en las zonas conocidas como Altamira, Petroglifo y El Troje sobre el costado occidental del volcán Las Ánimas. En el volcán Doña Juana se tiene instalado tres estaciones sísmicas telemétricas triaxiales, tres inclinómetros localizados en cada una de las estaciones sísmicas, dos GNSS Permanentes. Es de resaltar que la estación multiparámetro Altamira (sísmica y deformación), se encuentra ubicada en los límites de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas (Tabla 23, Figura 75). Adicionalmente se tiene la señal de la estación sísmica La Cruz que pertenece a la Red Sismológica Nacional de Colombia, RSNC (Tabla 23, Figura 75).

En el periodo evaluado, las estaciones de la red instalada para el monitoreo de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas tuvieron un funcionamiento del 93 % (Figura 76). La estación Florida esta fuera de funcionamiento ya que fue objeto de saqueo.

Tabla 23. Estaciones que forman parte de la red de vigilancia de la actividad de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas en febrero de 2019.

Estación	Trans. de Datos	Tipo de Sensor	Comp.	Dist. a Doña Juana (Km)	Dir. respecto a Doña Juana	Dist. a Las Ánimas (Km)	Dir. respecto a Las Ánimas	Altitud
								(msnm)
Páramo	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	2.1	S	12.3	SW	3533
I. Páramo	Digital	Inclinómetro Electrónico	Triaxial	2.1	S	12.3	SW	3533
Florida	Digital	Sismómetro Corto Periodo	Triaxial	2.3	W	13	SW	3140
I. Florida	Digital	Inclinómetro Electrónico	Triaxial	2.3	W	13	SW	3140
Lavas	Analógica	Sismómetro Corto Periodo	Triaxial	4.1	SW	15.5	SW	3145
I. Lavas	Analógica	Inclinómetro Electrónico	Triaxial	4.1	SW	15.5	SW	3145
Lavas	Digital	GNSS	Triaxial	4.1	SW	15.5	SW	3145
La Palma	Digital	GNSS	Triaxial	2.7	N	9	SW	3477
Altamira	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	4.1	NE	7,9	SW	3137
I. Altamira	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	4.1	NE	7,9	SW	3137
Petroglifo	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	8.9	NE	4,6	W	2905
I. Petroglifo	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	8.9	NE	4,6	W	2905

Informe mensual de actividad de los volcanes Galeras, Cumbal, Chiles – Cerro Negro, Las Ánimas, Doña Juana y Azufra - febrero 2019

Troje	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	9.6	NE	6,2	NW	2726
Pradera	Digital	GNSS	Triaxial	7.53	NW	4	WSW	2995
La Cruz	Digital	Sismómetro Corto Periodo	Uniaxial	7.5	NNW	10.3	W	2761
Animas I	No Telemétrica	Fuente Termal		8,8	NE	6,9	NW	2586
Animas II	No Telemétrica	Fuente Termal		9,7	NE	7	NW	2486
Animas III	No Telemétrica	Fuente Termal		9,1	NE	6,6	NW	2578
El Silencio	No Telemétrica	Fuente Termal		5,5	SW	16,9	SW	2458
La Vega	No Telemétrica	Fuente Termal		6,8	SW	18,5	SW	2432
Tajumbina	No Telemétrica	Fuente Termal		9,7	NW	9,5	NW	2500

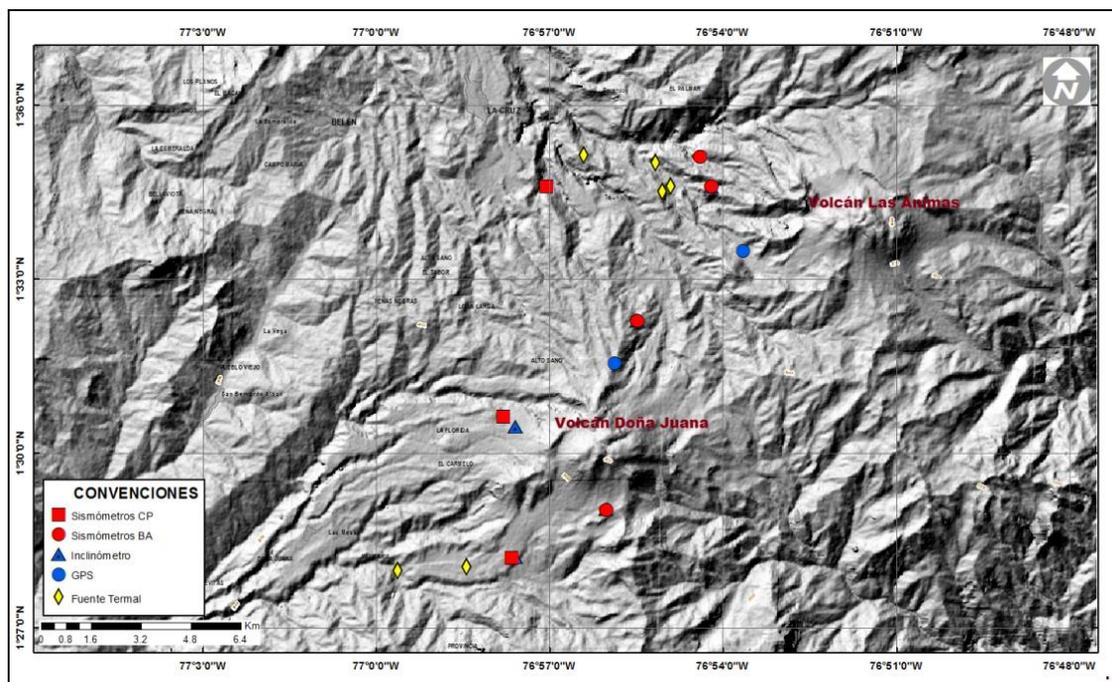


Figura 75. Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas durante el mes de febrero de 2019.

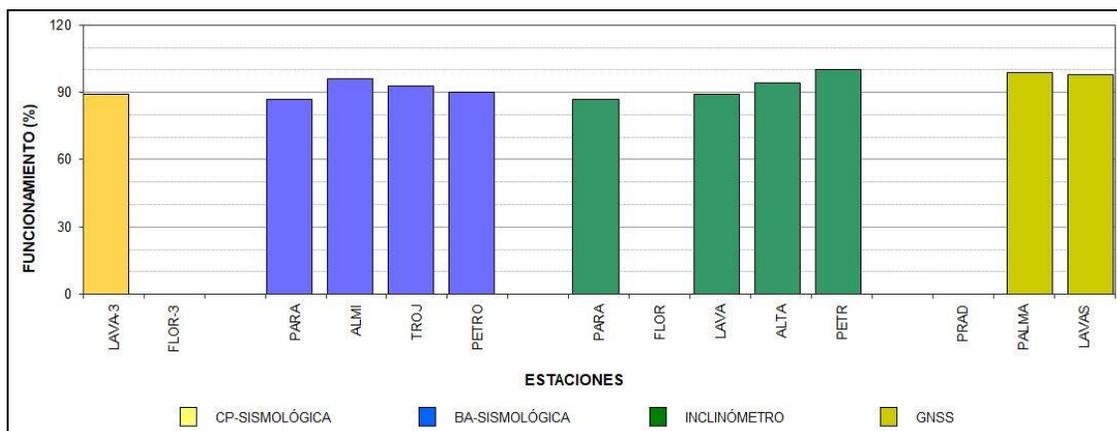


Figura 76. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que hacen parte de la red de monitoreo de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas en febrero de 2019.

4.1.2 Sismología

La sismicidad en esta región volcánica fue muy baja, indicando una disminución del 60% en la ocurrencia, al pasar de 10 a solamente 4 eventos, todos ellos asociados con fractura de roca (VT); no se registraron eventos de tipo HIB, ni eventos asociados con tránsito de fluidos al interior de los conductos volcánicos (LP y TRE), tampoco se registraron eventos tipo VOL (señales que por sus bajos niveles energéticos no son fáciles de catalogar dentro de alguno de los tipos de sismicidad establecidos) (Tabla 24, Figura 77). Se localizaron 3 VT que se ubicaron hacia el suroccidente de la zona de influencia del volcán Las Ánimas (Figura 78), en distancias entre 1.3 y 3.5 km, con profundidades entre 5 y 9 km con respecto a la cima de Las Ánimas (4300 msnm) y ML máxima de 1.0 en la escala de Richter. La energía de los sismos localizados alcanzó un valor de 7.54×10^{12} ergios.

Tabla 24. Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en enero y febrero de 2019 en la región de influencia de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					
	VT	LPS	TRE	HIB	VOL	TOTAL
Enero de 2019	10	0	0	0	0	10
Febrero de 2019	4	0	0	0	0	4

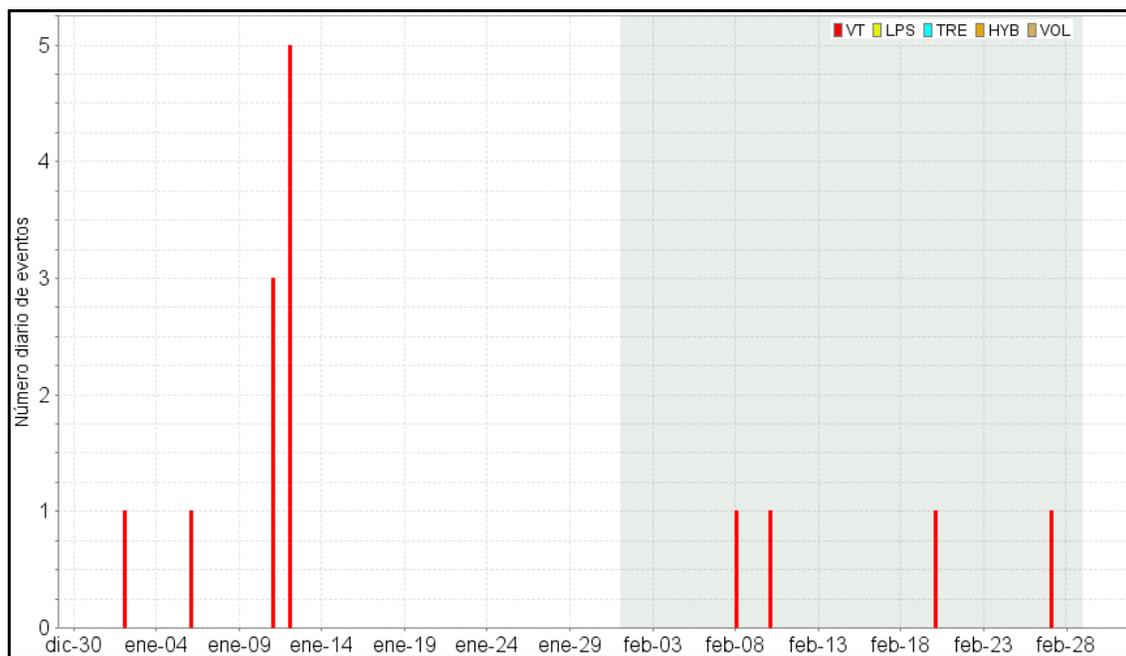


Figura 77. Ocurrencia diaria de sismos por tipo en la zona de influencia de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas, durante enero y febrero de 2019. El recuadro gris resalta el periodo evaluado.

La magnitud local de la mayoría de los sismos es pequeña, pues son eventos de baja energía, solamente un VT alcanzó una magnitud local de 1.0 en la escala de Richter y en la Tabla 25 se consignan sus características de localización.

Tabla 25. Sismo con ML 1.0 registrado en febrero de 2019 en la zona de influencia de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas.

Fecha	Hora local	Latitud	Longitud	Prof. km	ML
08/02/2019	13:25	1-32.54	76-52.68	5.0	1.0

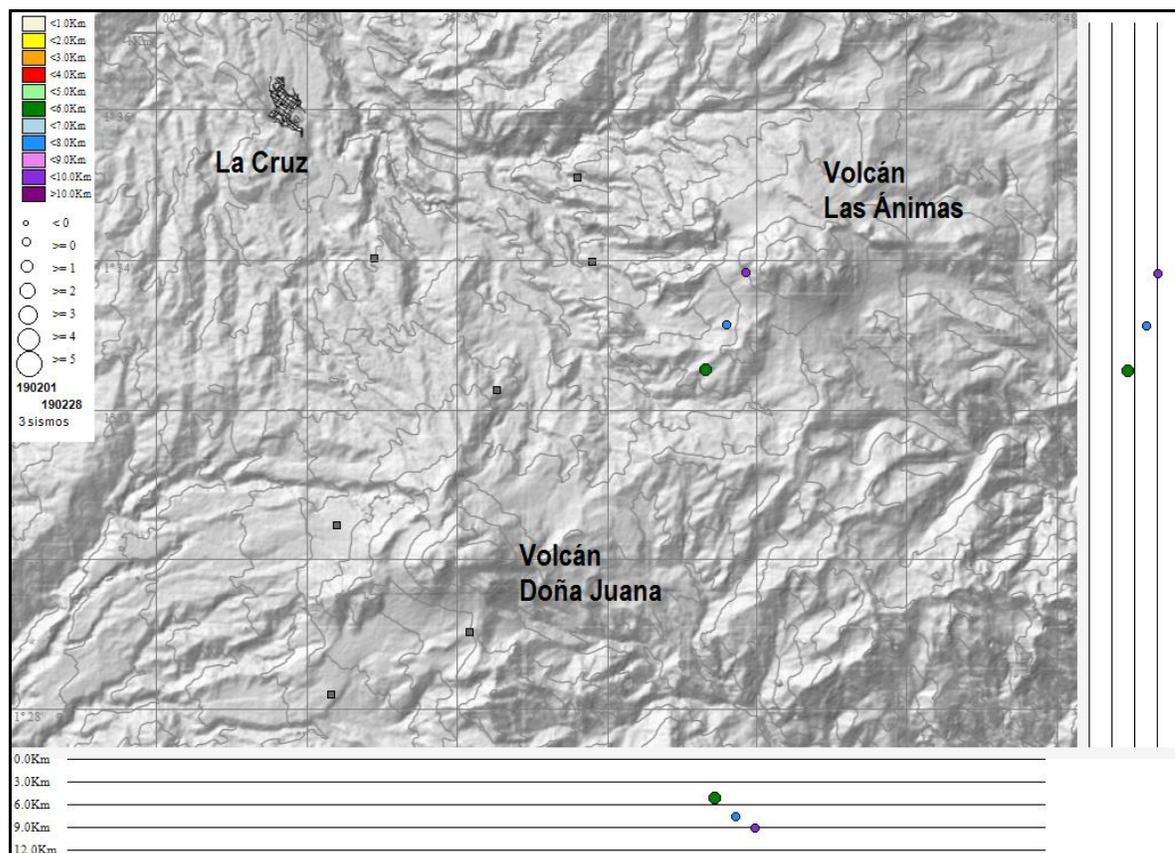


Figura 78. Sismos VT localizados en la región de influencia de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas, en febrero de 2019.

4.1.3 Deformación

4.1.3.1 Inclínometría Electrónica

Las componentes del inclinómetro electrónico Altamira mantienen la tendencia estable, la Norte desde noviembre de 2016 y la Este, desde el mes de febrero de 2017 (Figura 79). Para la estación Petroglifo, el inclinómetro electrónico en la componente Este presenta estabilidad desde finales de marzo de 2018, en la Norte se distingue una tendencia descendente hacia finales del periodo evaluado (Figura 80).

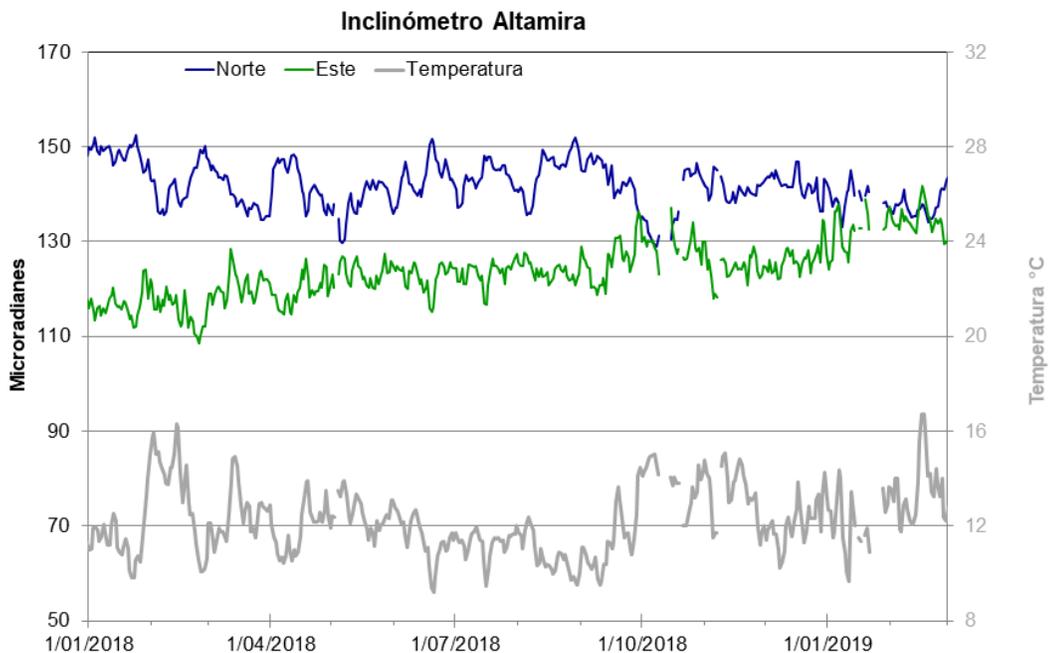


Figura 79. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Altamira, instalado en el límite entre los volcanes Doña Juana y Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2018 y el 28 de febrero de 2019.

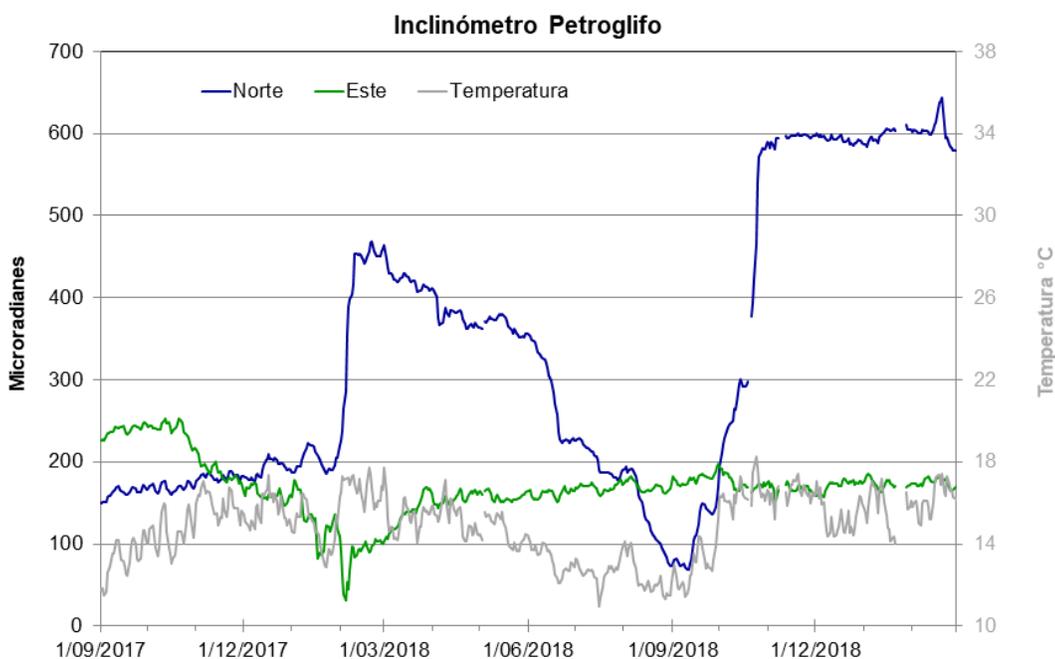


Figura 80. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Petroglifo, instalado en el volcán Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de septiembre de 2017 y el 28 de febrero de 2019.

En cuanto al volcán Doña Juana, continúan las tendencias descendentes en las componentes de inclinación de la estación Páramo, comportamientos presentados desde el pasado mes de noviembre de 2018, acumulando, la Norte cerca de 1000 urad y la Este, de 802 urad (Figura 81).

De igual manera continúan los comportamientos descendentes en las componentes del inclinómetro electrónico Lavas (Figura 82).

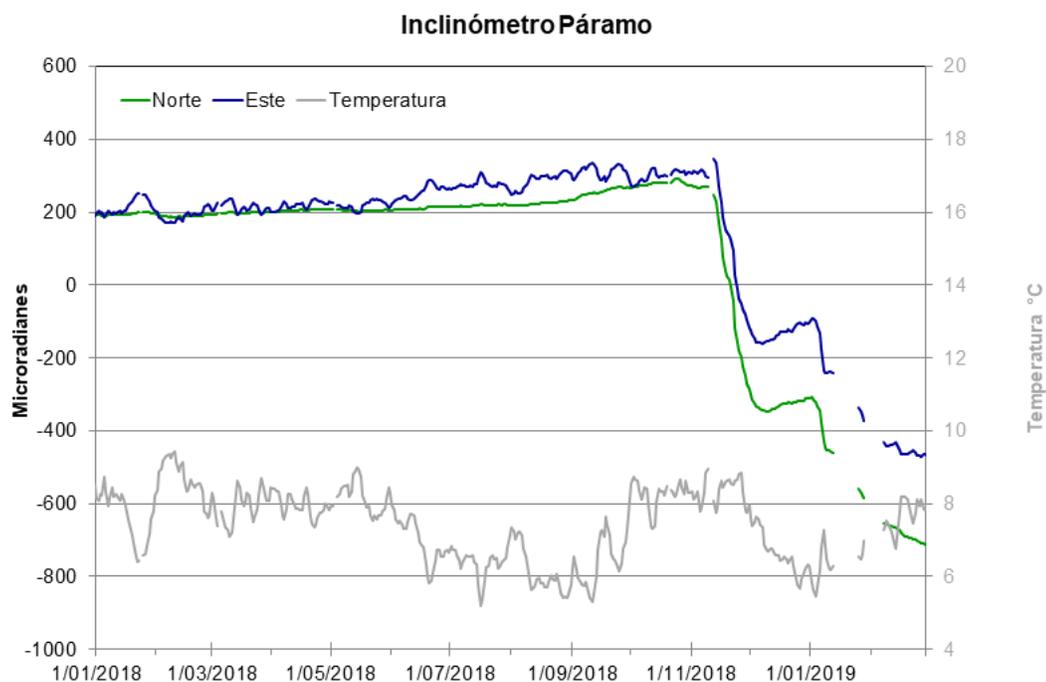


Figura 81. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Páramo, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2018 y el 28 de febrero de 2019.

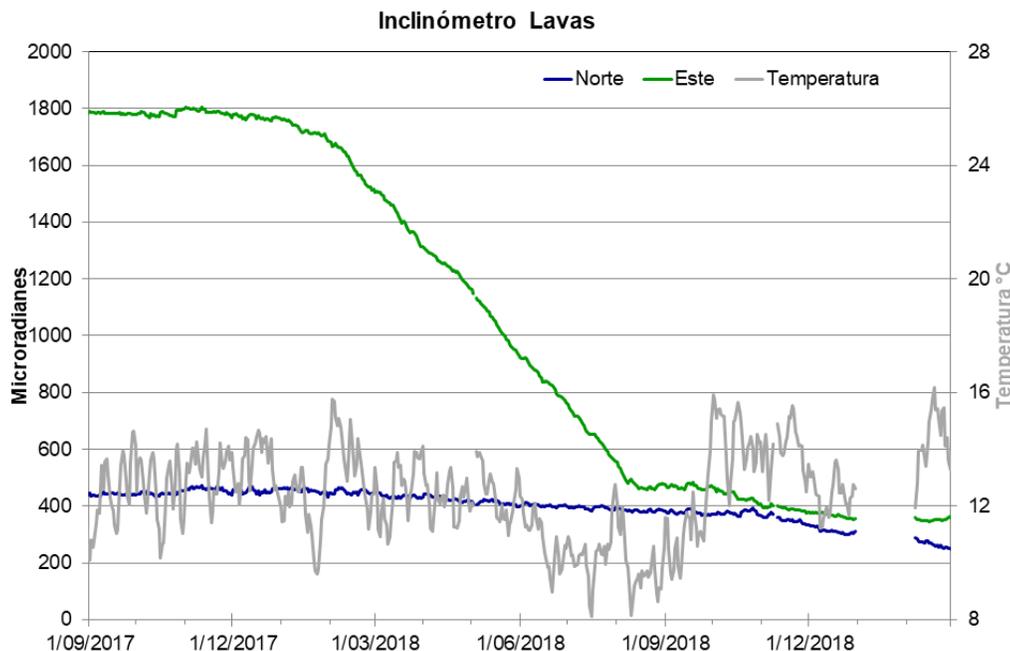


Figura 82. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Lavas, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de septiembre de 2017 y el 28 de febrero de 2019.

4.1.3.2 Estaciones GNSS Permanentes

La estación GNSS Pradera fue saqueada el 30 de noviembre de 2017 y hurtados algunos de sus equipos, hasta el momento no se ha recuperado esta estación.

En el volcán Doña Juana, para el análisis se contempló un procesamiento diferencial ejecutado con el software Trimble 4D Control V.3.0, la estación de referencia para la red de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas es el GNSS QUILL, ubicado fuera del edificio volcánico, en el aeropuerto Antonio Nariño, en el Municipio de Chachagui (N), equipo instalado por el Proyecto GeoRED, del Servicio Geológico Colombiano.

Para el procesamiento se configuro el software para que utilice las efemérides finales, correcciones que nos indican la posición de los satélites corregidas, por lo cual las series temporales se presentan con 15 días de retraso. En la Figura 83 se muestra el registro de los GNSS La Palma y Lavas, mostrando un comportamiento estable en el desplazamiento de las direcciones Norte, Este y Altura.



Figura 83. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de las estaciones GNSS Permanentes La Palma y Lavas instaladas sobre la superficie del volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de marzo de 2018 y el 15 de febrero de 2019.

4.1.4 Geoquímica

4.1.4.1 Muestreo de aguas en fuentes termales – Volcanes Las Ánimas y Doña Juana

Para el periodo evaluado, no se llevó a cabo muestreo de fuentes de aguas termales.

4.1.5 Actividad Superficial

Durante el mes de febrero de 2019 no se tuvo reportes relacionados con actividad superficial en los volcanes Doña Juana y Las Ánimas.

4.1.6 Conclusiones

En febrero de 2019 disminuyó la ocurrencia sísmica, que en su totalidad fue asociada con fractura de roca. Los eventos se localizaron hacia el suroccidente de la zona de influencia del volcán Las Ánimas, con ML máxima de 1.0 en la escala de Richter.

La evaluación de la actividad de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas durante febrero de 2019 permitió mantener el **NIVEL VERDE ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”**.

4.2 Actividad del Volcán Azufral.

4.2.1 Red de Vigilancia

En la Figura 84 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 26 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 medida de radiación solar. Como complemento a la red de vigilancia 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 4 bases y 12 prismas reflectores. Para el periodo evaluado se cuentan con cuatro estaciones GNSS Permanentes, La Roca, Lobo, Laguna y Ventana (Figura 85).

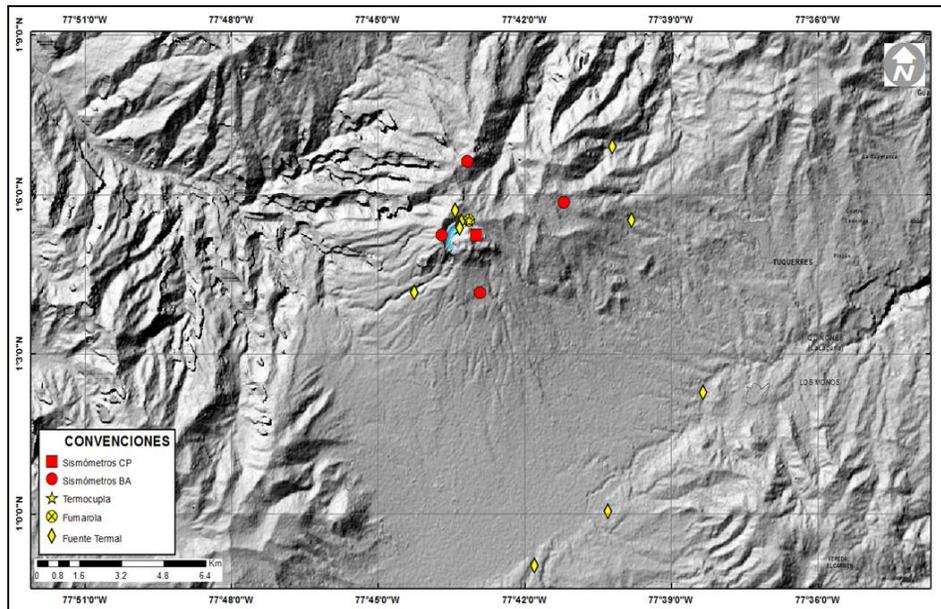


Figura 84. Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo sísmico y geoquímico del volcán Azufral durante el mes de febrero de 2019.

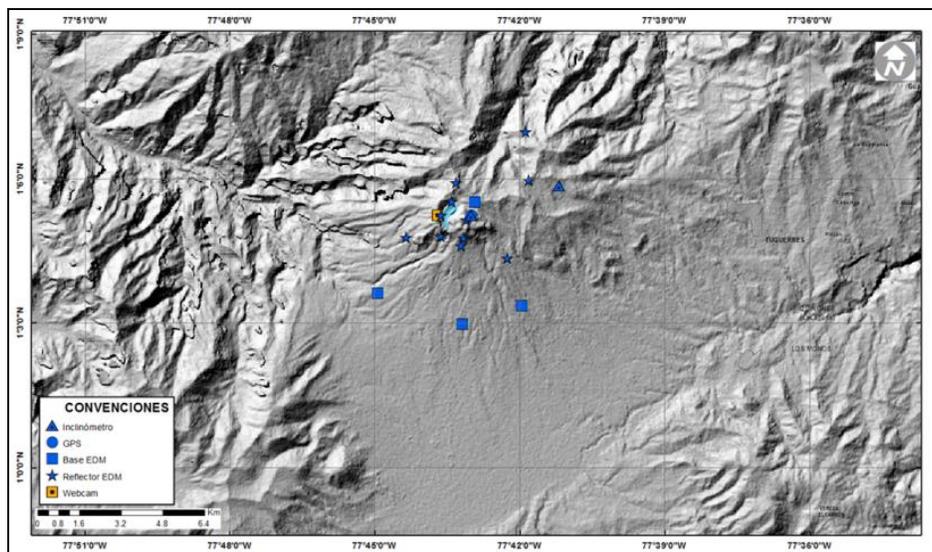


Figura 85. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo en deformación y cámara web del volcán Azufral en el mes de febrero de 2019.

Tabla 26. Estaciones que conformaron la red de vigilancia del volcán Azufral en el mes de febrero de 2019.

Estación	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Dist. 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 92 % para este mes (Figura 86).

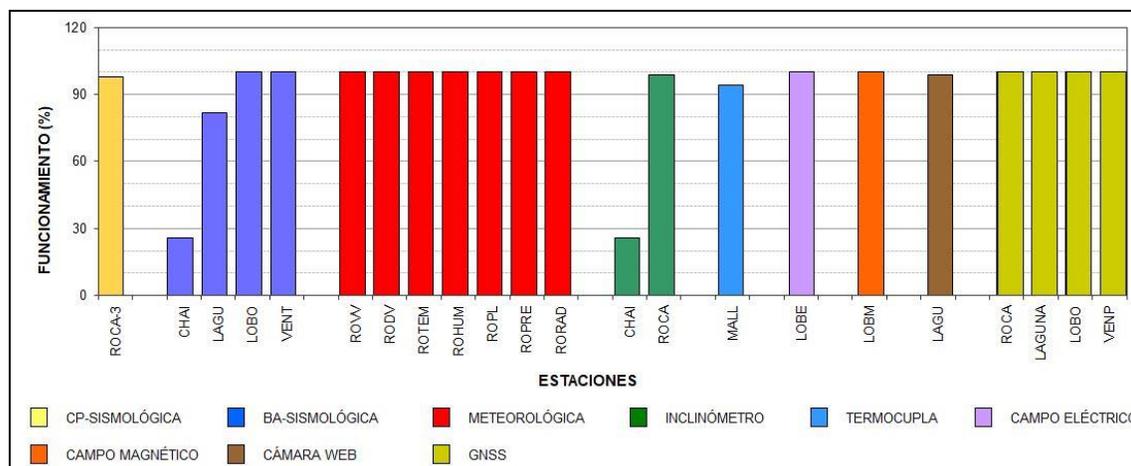


Figura 86. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante febrero de 2019.

4.2.2 Sismología

Dentro de niveles bajos de actividad, se observó incremento del 56% en la ocurrencia sísmica, pasando de 18 a 28 eventos. La sismicidad dominante fue la asociada con fractura de material cortical (VT) con 24 sismos que corresponden al 86% del total, también se registraron eventos asociados con tránsito de fluidos al interior de los conductos volcánicos, 2 de fuente transitoria (LP) y 2 de fuente permanente o episodios de tremor (TRE), equivalentes al 7%, respectivamente. El día 3 de febrero se

presentó el pico de ocurrencia sísmica con 5 eventos VT (Tabla 27, Figura 87, Figura 88). Fueron localizados 12 VT, ubicados de manera dispersa, en distancias entre 0.6 y 12 km, profundidades entre 1 y 17 km con respecto a la cima (4200 m) y con ML entre 0.7 y 3.0 en la escala de Richter (Figura 89). La energía de los sismos localizados alcanzó un valor de 1.99×10^{15} ergios. Se destaca el sismo de magnitud local 3.0, ocurrido el día 12 de febrero a las 13:59 hora local, ubicado a 8.7 km al suroriente de la cima de AzufraI, con profundidad de 16.4 km, el cual fue reportado como sentido en el sector de Potrerillos del municipio de Túquerres (Figura 89).

Tabla 27. Número de eventos volcánicos por tipo, volcán AzufraI, febrero de 2019.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					
	VT	LPS	TRE	HIB	VOL	TOTAL
Enero de 2019	17	0	0	1	0	18
Febrero de 2019	24	2	2	0	0	28

La magnitud local de la mayoría de los sismos es pequeña, pues son eventos de baja energía, se destacan 2 sismos VT con magnitud local mayor o igual a 2.5 y en la Tabla 28 se consignan sus características de localización.

Tabla 28. Sismos con ML mayor o igual a 2.5 registrados en febrero de 2019 en la zona de influencia del volcán AzufraI.

Fecha	Hora local	Latitud	Longitud	Prof. km	ML
03/02/2019	20:44	1-04.70	77-43.64	7	2.5
12/02/2019	13:59	1-02.18	77-39.91	16	3.0

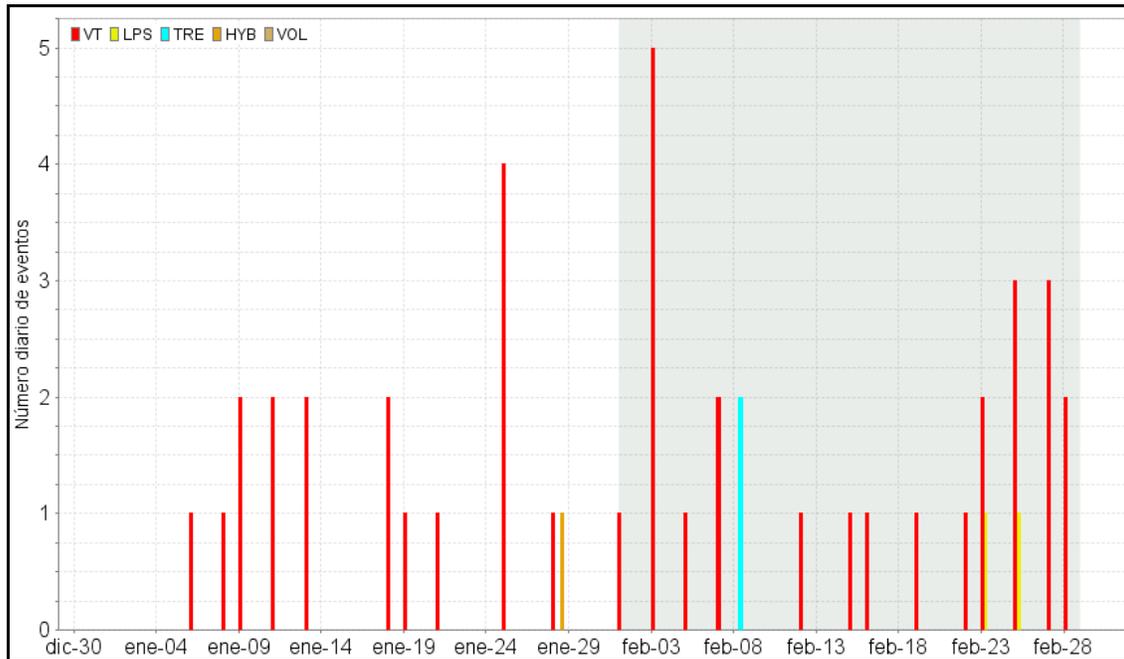


Figura 87. Ocurrencia diaria de sismos por tipo en Azufral, durante enero y febrero de 2019. El recuadro gris resalta el periodo evaluado.

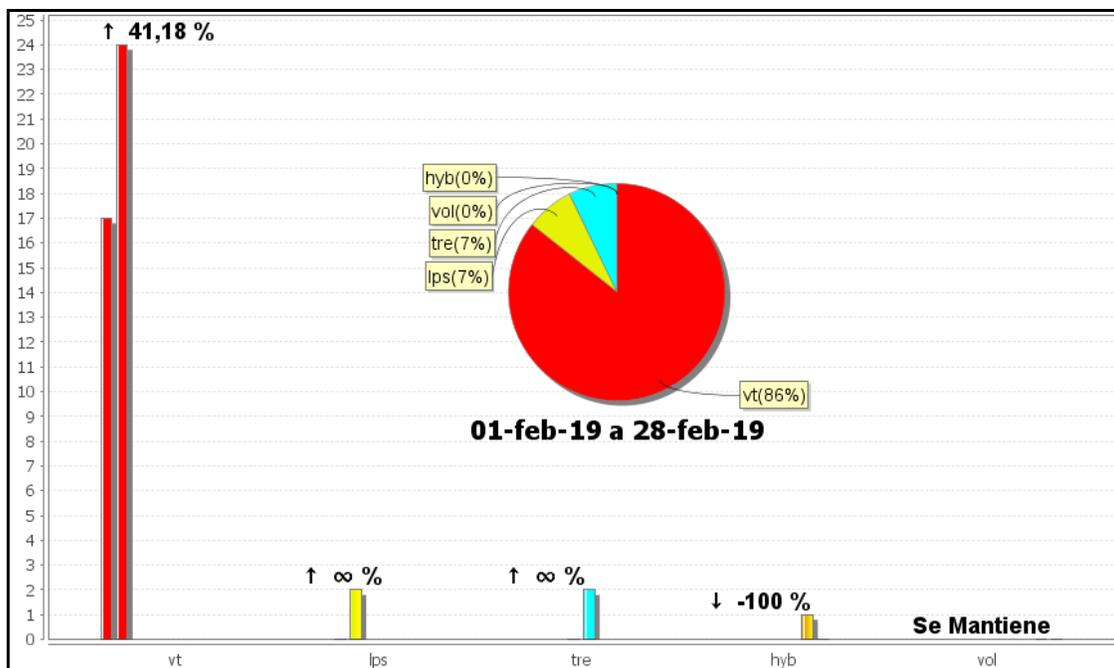


Figura 88. Comparación del número de sismos por tipo entre enero y febrero de 2019 y estadísticas del número de sismos por tipo para febrero de 2019.

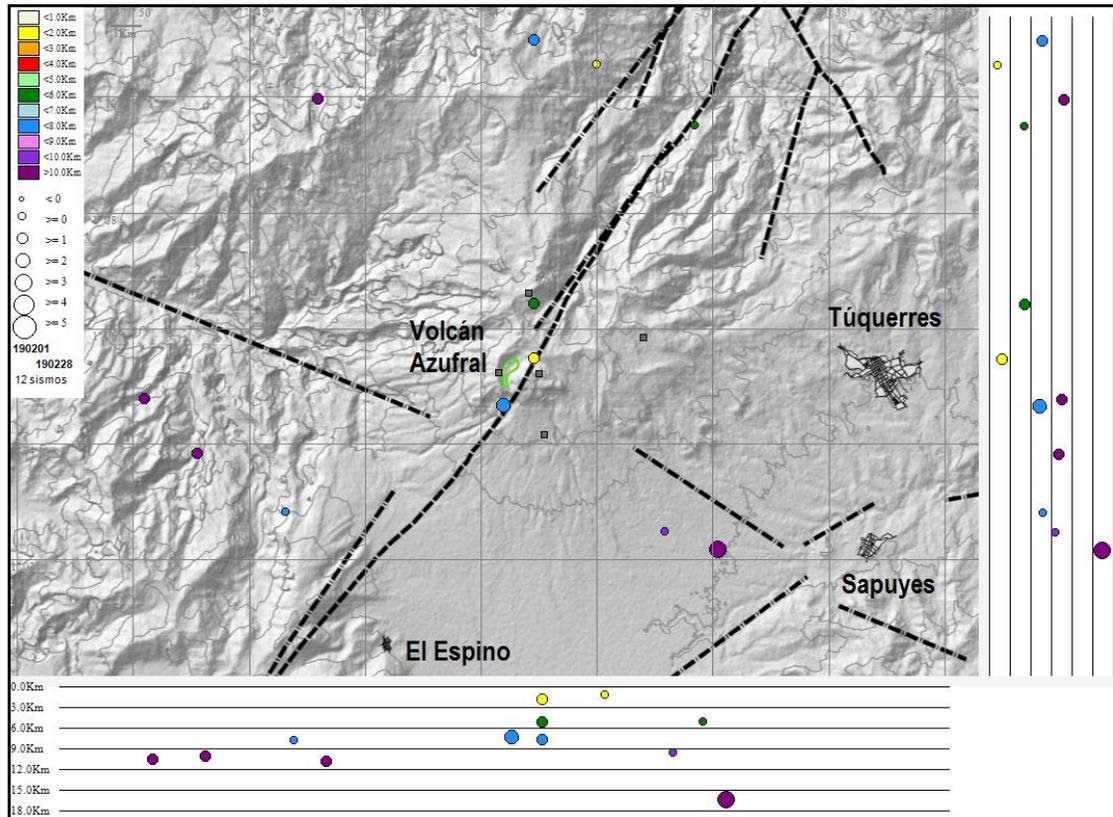


Figura 89. Localizaciones de sismos VT registrados en Azufral, en febrero de 2019.

4.2.3 Deformación

4.2.3.1 Inclínometría Electrónica

Desde el 22 de noviembre de 2018 se observan tendencias ascendentes en los registros del inclinómetro electrónico La Roca, la Norte alcanza 28 urad y la Este, cerca de 26 urad (Figura 90).

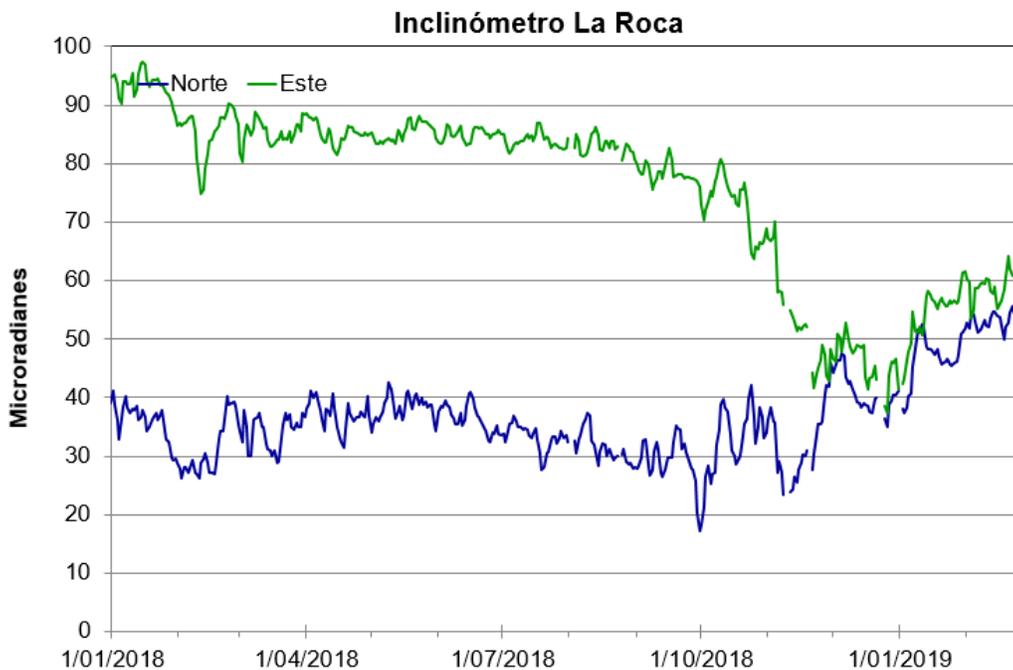


Figura 90. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro La Roca, instalado en el volcán Azufraal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2018 y el 28 de febrero de 2019.

4.2.3.2 Estaciones GNSS Permanentes

Para el periodo evaluado se tienen sobre la superficie del Volcán Azufraal, cuatro estaciones GNSS Permanentes, La Roca, Laguna, Lobo y Ventana.

Para el análisis se contempló un procesamiento diferencial ejecutado con el software Trimble 4D Control V.3.0, la estación de referencia para la red del volcán Azufraal es el GNSS QUILL, ubicado fuera del edificio volcánico, en el aeropuerto Antonio Nariño, en el Municipio de Chachagui (N), equipo instalado por el Proyecto GeoRED, del Servicio Geológico Colombiano.

Para el procesamiento se configuro el software para que utilice las efemérides finales, correcciones que nos indican la posición de los satélites corregidas, por lo cual las series temporales se presentan con 15 días de retraso. En la Figura 91 se muestra el registro de los GNSS La Roca y Lobo, mostrando un comportamiento estable en el desplazamiento de las direcciones Norte, Este y Altura.



Figura 91. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de las estaciones GNSS Permanentes La Roca y Lobo instaladas sobre la superficie del volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de marzo de 2018 y el 15 de febrero de 2019.

4.2.3.3 Medición Electrónica de Distancias – EDM

En el periodo evaluado no se realizó ocupación de las bases de medición.

4.2.4 Electromagnetismo

En febrero de 2019, la información electromagnética registrada para el volcán Azuftral, se analizó con los datos provenientes de la estación de monitoreo continuo Lobo, que cuenta con sensor magnético tipo fluxgate de tres componentes. El campo magnético total (F) entre enero y febrero de 2019 resalta variaciones seculares día-noche y dos intervalos con variaciones más pronunciadas, asociadas con tormentas magnéticas externas registradas los días los días 1 y 27 de febrero, las cuales se resaltan en cuadros azules (Figura 92). El valor promedio del CMT en la estación Lobo es de alrededor de 25.840 nT con comportamiento muy similar al observado por la estación de Kourou la cual tuvo para el mes de febrero un valor promedio de campo total de alrededor de los 28.730 nT.

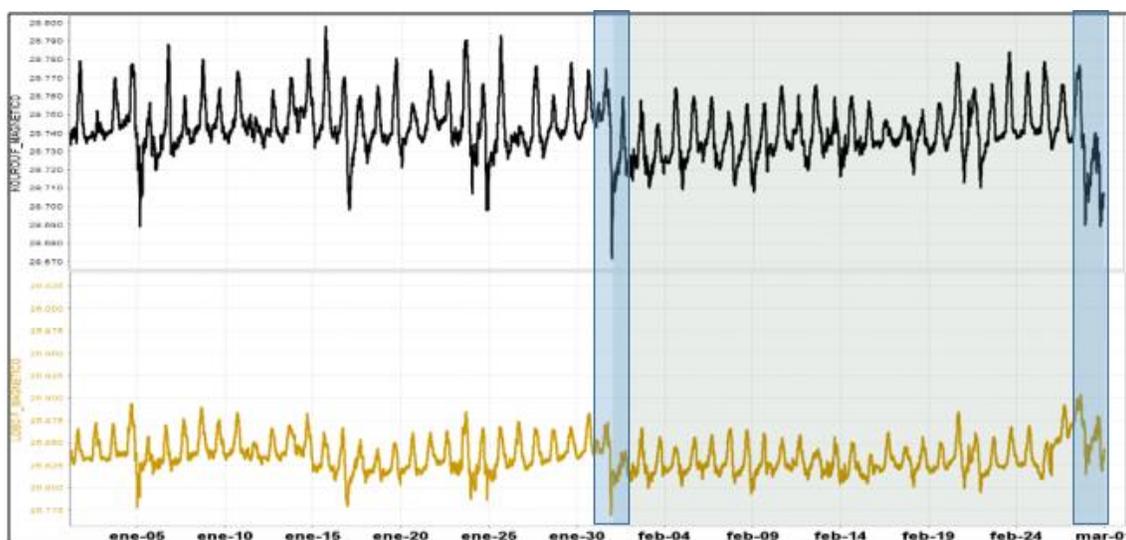


Figura 92. Registro de la componente total del Campo Magnético Terrestre Total (F), en la estación de monitoreo magnético en Azuftral, Kourou (negra) y Lobo (naranja) entre enero y febrero de 2019. La escala de medición del CMT (F) está dada en nano Teslas (nT).

El comportamiento del CMT-F de la estación de Lobo, en el mes de febrero de 2019, registró un comportamiento estable, resaltando principalmente las variaciones día-noche, en un rango de alrededor de ± 40 nT, y variaciones mayores asociadas con las perturbaciones debidas a tormentas magnéticas solares, las principales ocurrieron los

días 1 y 27 de febrero con un índice máximo Kp de 5 para el día 1, que generó una variación del CMT en Lobo, de alrededor de 70 nT. Los valores de predicción de tormentas magnéticas solares se toman del Centro de Predicción Espacial del Clima (SWPC-Space Weather Prediction Center), perteneciente a la Administración Nacional del Océano y Atmósfera (NOOA- National Oceanic and Atmospheric Administration) (Figura 93).

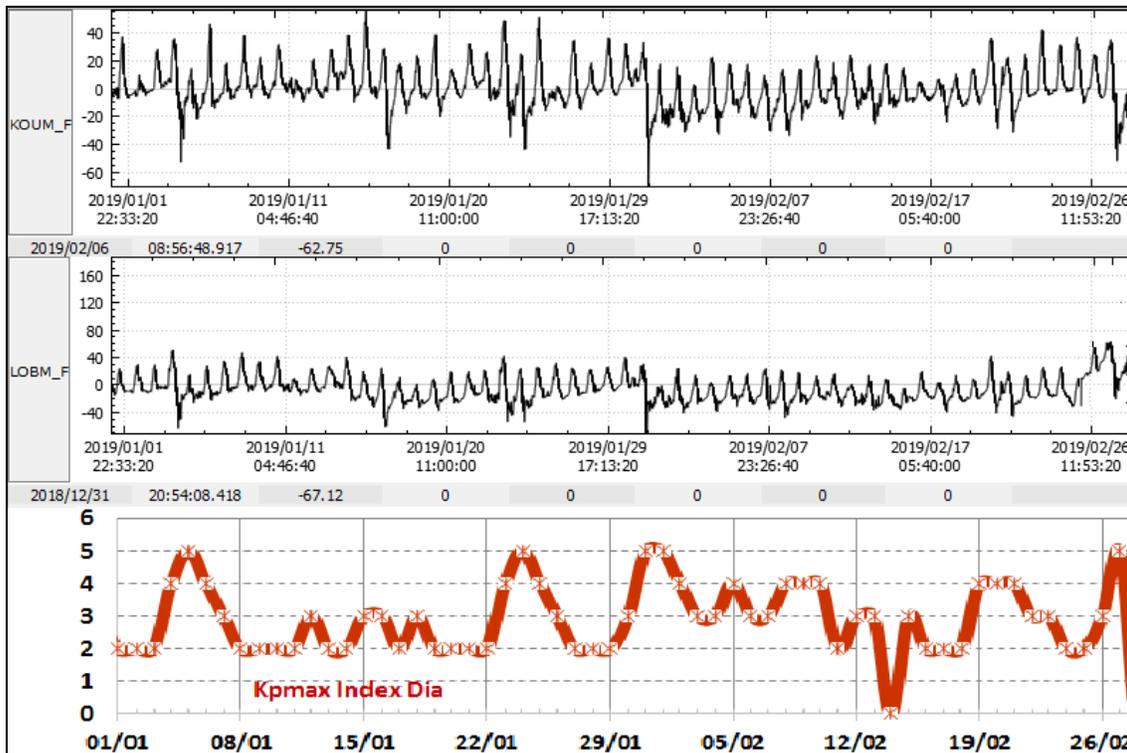


Figura 93. CMT-F, en las estaciones Kourou y Lobo, entre enero y febrero de 2019, comparadas con los valores máximos diarios de alerta de tormentas solares, denominados índices Kp (rojo), del SWPC, para el mismo periodo.

Se realizó un análisis espectral de los registros magnéticos y se identificaron frecuencias dominantes con periodo máximo mayor a 17 días, y dominantes de un día, 12 horas y 8 horas (Figura 94), asociado con variaciones del campo magnético externo. Estos máximos de frecuencia se identificaron tanto en la estación de monitoreo magnético de Azuftral como en la estación de referencia Kourou, por lo cual se concluye que corresponden a variaciones externas y que se deben filtrar de los registros.

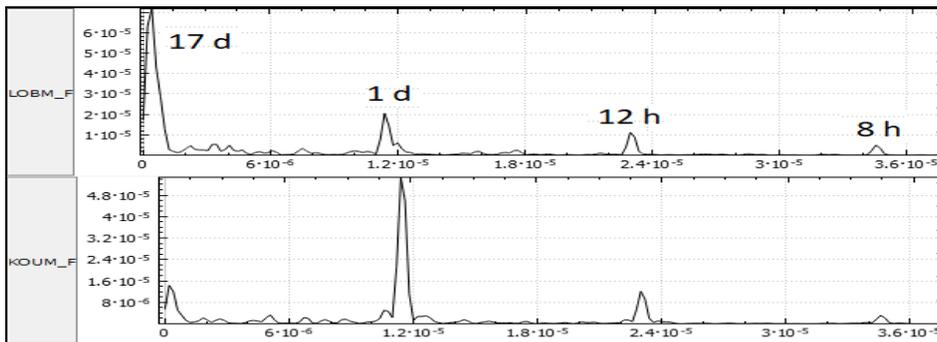


Figura 94. Frecuencias dominantes de los registros magnéticos, donde se identifican las frecuencias Variaciones del CMT-F, filtrando las frecuencias de 4.5 días, un día, 1 horas y 8 horas, en las estaciones de Lobo y Kourou.

Eliminando estas frecuencias asociadas a las variaciones seculares externas, se obtuvieron los registros de las variaciones propias del campo en la zona, dando como resultado variaciones de ± 20 nT tanto en Lobo como en Kourou, que corresponden a variaciones dentro del rango bajo, para zonas volcánicas con baja actividad (Figura 95). Estas variaciones se incrementaron en las fechas donde se presentaron las tormentas solares.

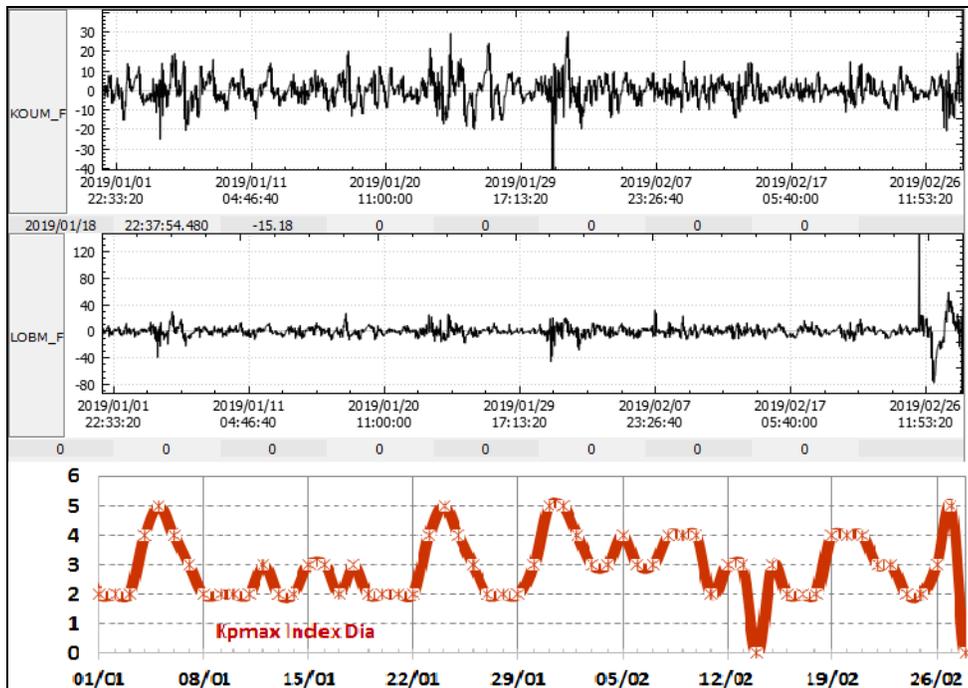


Figura 95. CMT-F, filtrando las frecuencias de 4.5 días, un día, 1 horas y 8 horas, en las estaciones de Lobo y Kourou, en enero y febrero de 2019, comparadas con los valores máximos diarios de alerta de tormentas solares, Kp (rojo), emitidas por el SWPC, para el mismo periodo.

En cuanto a las variaciones del Campo Eléctrico Horizontal (CEH), tomando el periodo entre enero y febrero de 2019, Lobo mostró un comportamiento relativamente estable, con un valor del campo de alrededor de 115 mV (Figura 96). Aunque la estación registra pulsos inducidos por condiciones de ruido en la estación, se identifica el comportamiento propio del campo en estos registros. Para febrero de 2019 se observan variaciones del campo de alrededor de ± 10 mV (Figura 97).

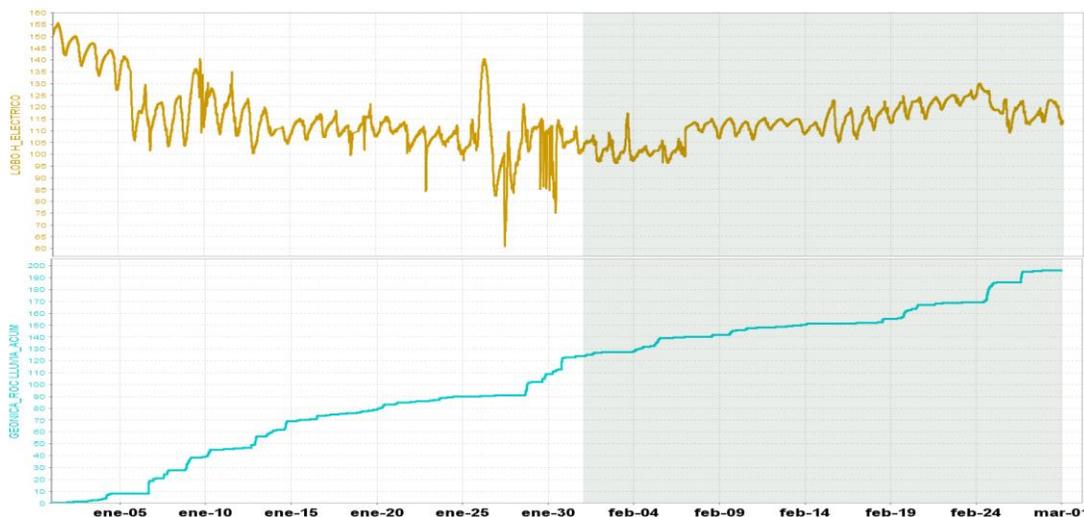


Figura 96. CEH, en la estación Lobo (naranja), para el periodo entre enero y febrero de 2019, en comparación con el comportamiento de las lluvias en la zona del volcán Azufraal (Pluviómetro – azul). La escala de medición de Lobo está en milivoltios (mV) y del pluviómetro en mm.

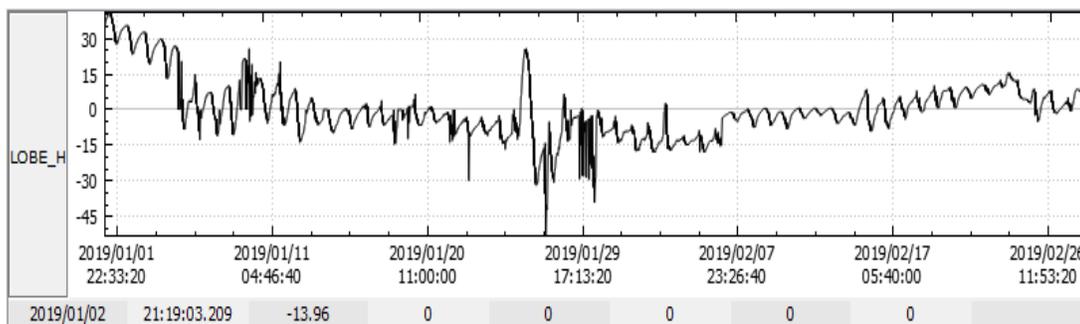


Figura 97. Variaciones del CEH, en la estación de Lobo, para el mes de enero y febrero de 2019. La escala de medición está dada en milivoltio (mV).

El análisis espectral mostró que el registro eléctrico de Lobo tiene frecuencias dominantes mayores a 6 días y de alrededor de un día (Figura 98). Eliminando estas frecuencias dominantes, asociadas con variaciones seculares, se obtuvo las variaciones eléctricas propias de la estación Lobo, entre ± 5 mV, en los periodos donde no se

presentaron interferencias externas (Figura 99). Estos valores son bajos, y usualmente se asocian con niveles de actividad volcánica estable.

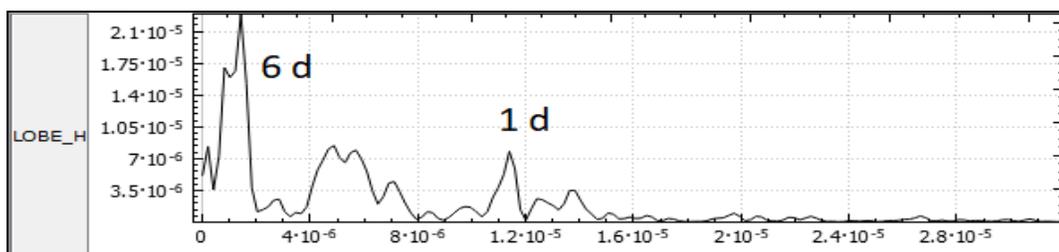


Figura 98. Frecuencias dominantes del registro eléctrico de la estación Lobo, en el volcán Azuftral.

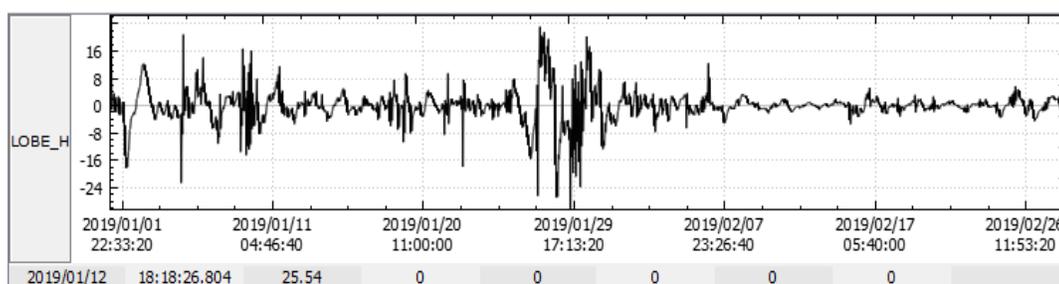


Figura 99. Variaciones propias del CEH, en las estaciones de monitoreo eléctrico Lobo, en el volcán Azuftral. La escala de medición del CEH está dada en milivoltio (mV).

4.2.5 Geoquímica

4.2.5.1 Estación Térmica Mallama Volcán Azuftral

Los datos sobre la variación de temperatura en el campo fumarólico “Domo Mallama” del volcán Azuftral, se obtienen a partir de una estación telemétrica (Figura 84 en red de vigilancia).

En la Figura 100 se registra el comportamiento de la temperatura en el tiempo que corresponden a variaciones día-noche, sin cambios relevantes en comparación con meses anteriores. En el periodo evaluado se registra un valor máximo de 87°C (Tabla 29). El grupo de Geoquímica del OVS Pasto continua con el monitoreo de esta variable, registrando el comportamiento y operación de la estación.

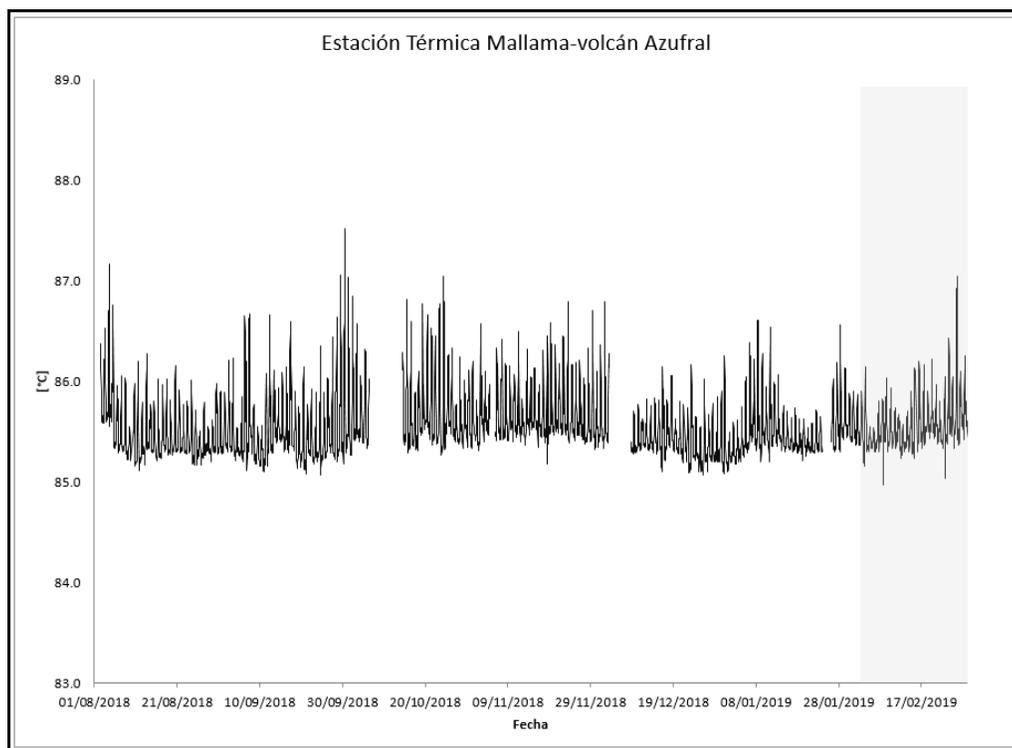


Figura 100. Temperatura Domo Mallama-Estación térmica perteneciente a la zona de influencia del Volcán AzufraI – febrero 2019.

Tabla 29. Valores de temperatura en la estación térmica Domo Mallama perteneciente a la zona de influencia del volcán AzufraI – febrero 2019.

Temperatura [°C]	
Promedio	85.6
Máximo	87.0
Mínimo	85.0

4.2.5.2 Estación Climatológica La Roca

De la estación climatológica La Roca ubicada en el volcán AzufraI se obtienen datos de las variables: velocidad del viento, dirección del viento, temperatura del aire, humedad relativa, punto de rocío, presión atmosférica, radiación solar y precipitación (Figura 84 en red de vigilancia).

Para el mes de febrero se observan variaciones a final del periodo en los parámetros dirección del viento y precipitación. El comportamiento de las demás variables se

mantiene estable. La gráfica temporal y los datos pueden observarse en la Figura 101, Tabla 30.

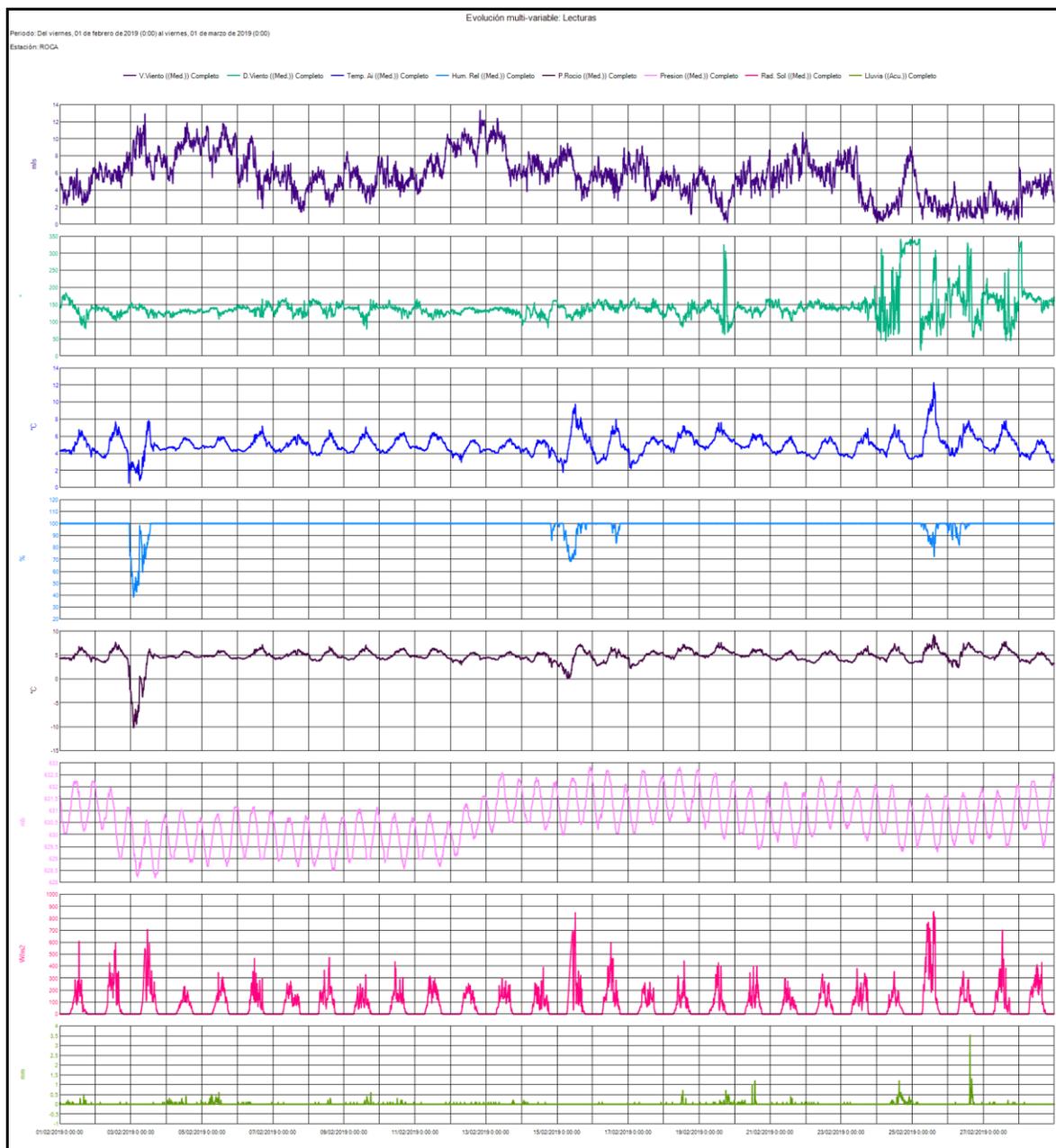


Figura 101. Variaciones parámetros estación climatológica La Roca Volcán Azufraal – febrero 2019.

Tabla 30. Datos parámetros estación climatológica La Roca - febrero 2019.

	V.Viento (Med.) (m/s)	D.Viento (Med.) (°)	Temp. Ai (Med.) (°C)	Hum. Rel (Med.) (%)	P.Rocio (Med.) (°C)	Presion (Med.) (mb)	Rad. Sol (Med.) (W/m2)	Lluvia (Acu.) (mm)
Med.	5,7	142,1	4,9	98,7	4,7	630,6	74,6	--
Máx.	13,3	341,9	12,3	100,0	9,2	632,8	857,1	3,5
Acu.	--	--	--	--	--	--	--	72,8

4.2.6 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 cratérica observar emisiones de gases de color blanco de baja altura provenientes del domo Mallama ubicado en el nororiente de la Laguna Verde para los días 1, 3, 7, 8, 10, 11, 15, 16, 19, 22 y 23 de febrero de 2019.

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 Azufral.

En las Figuras 102 a 107 se ilustra imágenes relacionadas con procesos de emisión de gases en el volcán Azufral.

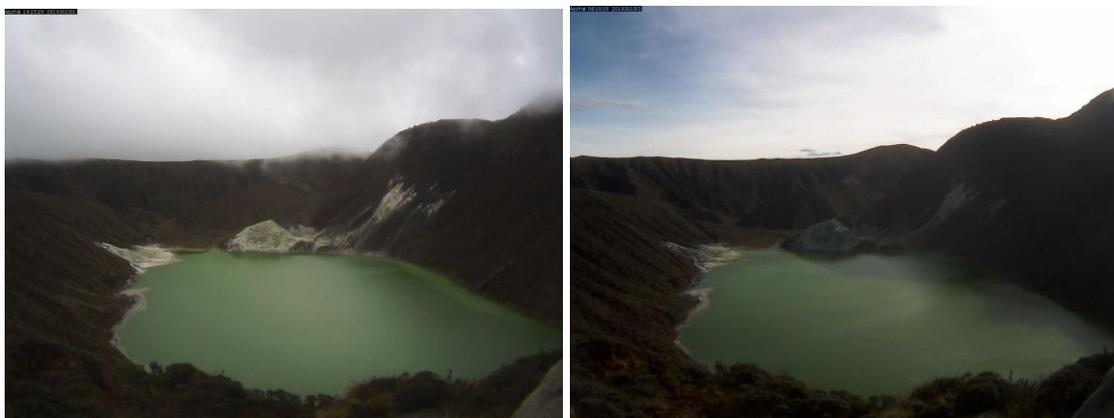


Figura 102. Imágenes de emisión de gases del domo Mallama - volcán Azufral registrada el 1 de febrero de 2019 a las 02: 15 p.m., (izquierda) y el 3 de febrero de 2019 a 08: 10 a.m. (derecha), capturada desde la cámara WEB ubicada al suroccidente del volcán.



Figura 103. Imágenes de emisión de gases del domo Mallama - volcán Azufral registrada el 7 de febrero de 2019 a la 01: 35 p.m., (izquierda) y el 8 de febrero de 2019 a las 03: 10 p.m. (derecha), capturada desde la cámara WEB ubicada al suroccidente del volcán.



Figura 104. Imágenes de emisión de gases del domo Mallama - volcán Azufral registrada el 10 de febrero de 2019 a las 04: 00 p.m., (izquierda) y el 11 de febrero de 2019 a las 11: 45 a.m. (derecha), capturada desde la cámara WEB ubicada al suroccidente del volcán.

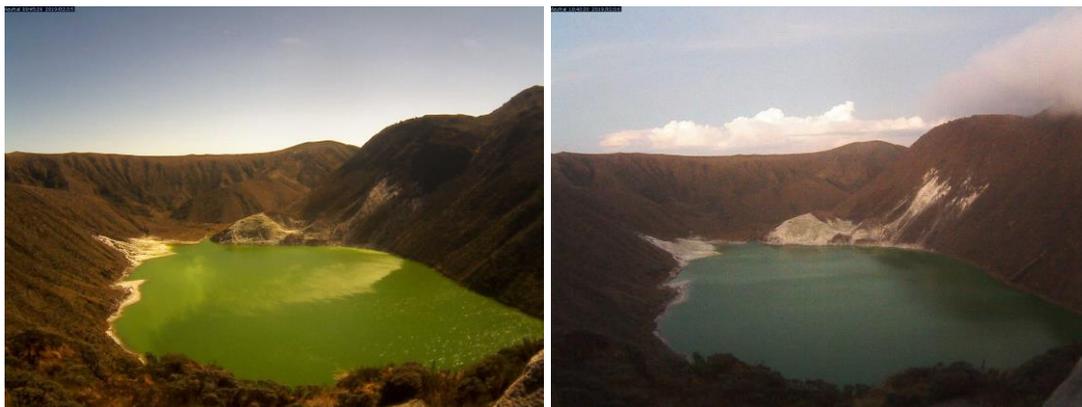


Figura 105. Imágenes de emisión de gases del domo Mallama - volcán AzufraI registrada el 15 de febrero de 2019 a las 09: 45 a.m., (izquierda) y el 16 de febrero de 2019 a las 06: 40 p.m. (derecha), capturada desde la cámara WEB ubicada al suroccidente del volcán.

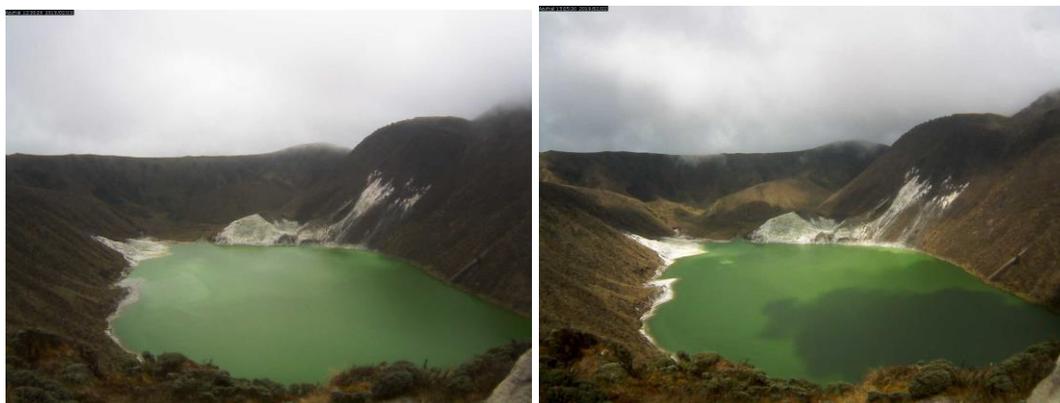


Figura 106. Imágenes de emisión de gases del domo Mallama - volcán AzufraI registrada el 19 de febrero de 2019 a las 12: 30 p.m., (izquierda) y el 22 de febrero de 2019 a las 03: 25 p.m. (derecha), capturada desde la cámara WEB ubicada al suroccidente del volcán.

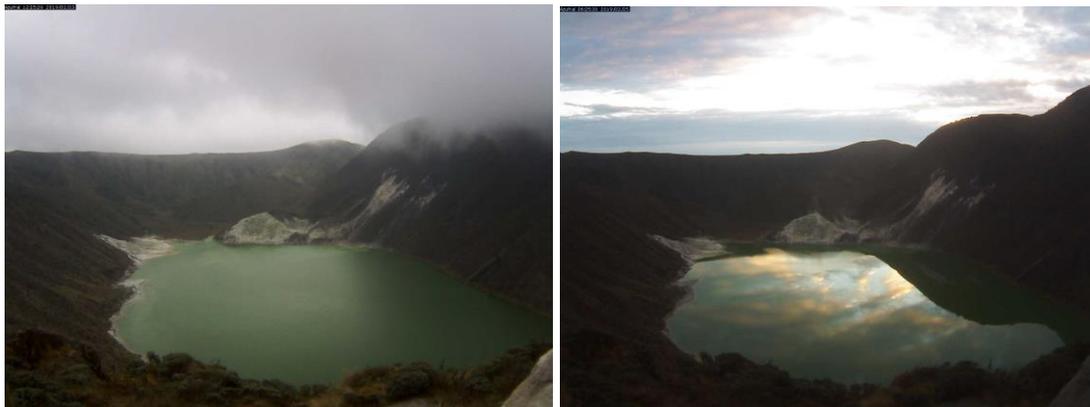


Figura 107. Imágenes de emisión de gases del domo Mallama - volcán Azufral registrada el 23 de febrero de 2019 a las 12: 25 p.m., (izquierda) y 25 de febrero de 2019 a las 06: 25 a.m. (derecha), capturada desde la cámara WEB ubicada al suroccidente del volcán.

4.2.7 Conclusiones

- Las variaciones de temperatura en el tiempo que corresponden a día-noche, sin cambios relevantes. En el periodo evaluado se registra un valor máximo de 87°C.
- Dentro de niveles bajos, en febrero de 2019 la sismicidad registrada en la zona de influencia del volcán Azufral incrementó su ocurrencia y energía. La sismicidad mayoritariamente fue asociada con fractura de material cortical (VT), con ML máxima de 3.0 en la escala abierta de Richter. El sismo VT de magnitud local 3.0 se reportó sentido en el sector de Potrerillos del Municipio de Túquerres (N).

La evaluación de la actividad volcánica de Azufral durante febrero de 2019 permitió mantener el **NIVEL VERDE ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”**.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Servicio Geológico Colombiano – SGC (2019). Boletín mensual e informes semanales de actividad del Volcán Galeras y de los Volcanes Doña Juana, Las Ánimas, Azufral, Cumbal, Chiles y Cerro Negro de Mayasquer y Bases de datos internas del SGC-OVSP. Meses de enero y febrero de 2019. Varios autores. Informes inéditos. Pasto.

Información complementaria puede ser consultada en la página web del Servicio Geológico Colombiano en:

<https://www.sgc.gov.co/Publicaciones/Paginas/informes-tecnicos.aspx>