



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

San Juan de Pasto, junio de 2017



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

Por:

GRUPO DE TRABAJO OBSERVATORIO PASTO

San Juan de Pasto, junio de 2017

CONTENIDO

Pág.

RESUMEN	13
INTRODUCCIÓN	16
1. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN GALERAS – MAYO DE 2017	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.....	31
1.3.3. Medición Electrónica de Distancias - EDM.....	38
1.4 ELECTROMAGNETISMO	38
1.5 GEOQUÍMICA	42
1.5.1 MUESTREO DE GASES DE ORIGEN VOLCÁNICO EN VOLCÁN GALERAS.....	42
1.5.1.1 Emisión del flujo de dióxido de azufre (SO₂) a la atmósfera - Estaciones SCANDOAS	42
1.6 Actividad superficial	44
1.7 CONCLUSIONES	46
2 ACTIVIDAD DEL VOLCÁN CUMBAL – MAYO DE 2017.....	47
2.1 RED DE VIGILANCIA	47
2.2 SISMOLOGÍA	49
2.3 DEFORMACIÓN.....	52
2.4 GEOQUÍMICA	54
2.5 ACTIVIDAD SUPERFICIAL.....	54
2.6 CONCLUSIONES	56
3. ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO MAYO DE 2017.....	57
3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	57
3.2 RED DE VIGILANCIA	57
3.3. SISMOLOGÍA	60
3.4. DEFORMACIÓN.....	62
3.5 GEOQUÍMICA	63
3.6 ACTIVIDAD SUPERFICIAL.....	63
3.7 CONCLUSIONES	63
4 ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES LAS ÁNIMAS, DOÑA JUANA Y AZUFRAL – MAYO DE 2017	65

4.1 ACTIVIDAD DEL VOLCÁN LAS ÁNIMAS	66
4.1.1 Ubicación Geográfica	66
4.1.2 Red de vigilancia	66
4.1.3 Sismología	68
4.1.4 Deformación	69
4.1.4.1. Inclinometría Electrónica.....	69
4.1.4.2. Estaciones GNSS Permanentes.....	69
4.1.5 Geoquímica	70
4.1.6 Actividad Superficial	70
4.1.7 Conclusiones	70
4.2 ACTIVIDAD DEL VOLCÁN DOÑA JUANA	71
4.2.1 Red de Vigilancia	71
4.2.2 Sismología	73
4.2.3 Deformación	73
4.2.3.1. Inclinometría Electrónica.....	73
4.2.3.2. Estaciones GNSS Permanentes.....	74
4.2.4 Geoquímica	74
4.2.5 Actividad Superficial	74
4.2.6 Conclusiones	75
4.3 ACTIVIDAD DEL VOLCÁN AZUFRAL	76
4.3.1 Red de vigilancia	76
4.3.2 Sismología	78
4.3.3 Deformación	80
4.3.3.1. Inclinometría Electrónica.....	80
4.3.3.2. Estaciones GNSS Permanentes.....	80
4.3.4 Electromagnetismo	82
4.3.5 Geoquímica	82
4.3.6 Actividad Superficial	82
4.3.7 Conclusiones	84
2.6 BIBLIOGRAFÍA	85

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización de las estaciones sísmicas y sensores de infrasonido que conformaron la red de vigilancia de Galeras en mayo de 2017.	18
Figura 2. Localización de las estaciones para el seguimiento de la deformación (inclinómetros, EDM y GNSS) que conformaron la red de vigilancia de Galeras en mayo de 2017.	19
Figura 3. Localización de las estaciones de campo magnético y eléctrico, Trampa Alcalina, ScanDOAS y fuentes termales que conformaron la red de vigilancia de Galeras en mayo de 2017.	21
Figura 4. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron las redes de monitoreo del volcán Galeras en mayo de 2017.	22
Figura 5. Número diario de eventos volcánicos por tipo, registrados en Galeras durante abril y mayo de 2017; el recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.	23
Figura 6. Número diario de eventos volcánicos por tipo, registrados en Galeras durante abril y mayo de 2017; el recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.	23
Figura 7. Energía diaria liberada en términos de su raíz cuadrática, de eventos volcánicos por tipo, registrados en Galeras durante abril y mayo de 2017; el recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.	25
Figura 8. Comparación de la energía de los sismos por tipo entre abril y mayo de 2017 y estadísticas de la energía sísmica por tipo para mayo de 2017.	25
Figura 9. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 30 de abril de 2017. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 3 km de profundidad respecto a la cima volcánica (4270 m).	26
Figura 10. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad) del inclinómetro electrónico Cráter, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de mayo de 2017.	27
Figura 11. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Cónдор, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 31 de mayo de 2017.	28
Figura 12. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad) del inclinómetro electrónico Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero 2011 y el 31 de mayo de 2017.	29
Figura 13. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Huairatola, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de mayo de 2017.	29
Figura 14. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Cobanegra, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de mayo de 2017.	30

Figura 15. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Arlés, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de mayo de 2017.....	30
Figura 16. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de mayo de 2017.....	31
Figura 17. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Barranco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 15 de mayo de 2017.....	32
Figura 18. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cráter instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 4 de agosto de 2011 y el 15 de mayo de 2017.....	32
Figura 19. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS San Cayetano instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 15 de mayo de 2017.....	33
Figura 20. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Chiguaco instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 7 de mayo de 2014 y el 15 de mayo de 2017.....	33
Figura 21. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Ingenio instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de julio de 2014 y el 15 de mayo de 2017.....	34
Figura 22. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cóndor instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 15 de mayo de 2017.....	34
Figura 23. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cufiño instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre septiembre y mayo de 2017.	35
Figura 24. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Peladitos instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre septiembre y mayo de 2017.	35
Figura 25. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Peladitos instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre septiembre y mayo de 2017.	36
Figura 26. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Condor-2 instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre abril y mayo de 2017.	36
Figura 27. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cobanegra instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre abril y mayo de 2017.	37
Figura 28. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Quill instalada en el aeropuerto Antonio Nariño, en el Municipio de Chachagüí, Departamento de Nariño, para el periodo comprendido entre febrero de 2010 y el 15 de mayo de 2017.	37
Figura 29. Campo magnético total (F), registrado en las estación de Frailejón (arriba) y la estación Cráter (abajo), perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, entre los meses de febrero y mayo de 2017. La zona sombreada corresponde al mes evaluado, mayo de 2017. La escala de medición está dada en nano Teslas (nT). La estación cráter entró nuevamente en funcionamiento a partir del 8 de marzo de 2017.....	39

Figura 30. Campo magnético total (F), registrado en las estaciones de Kourou (Fucsia) y Frailejón (Negro), para el mes de mayo de 2017, donde se resalta la correspondencia en la ocurrencia de las tormentas magnéticas. La escala de medición para las dos series de tiempo está dada en nano Teslas (nT)..... 39

Figura 31. Campo magnético total (F), registrado en las estaciones de Kourou (Fucsia) y Cráter (Verde), para el mes de mayo de 2017, donde se resalta la correspondencia en la ocurrencia de las tormentas magnéticas. La escala de medición para las dos series de tiempo está dada en nano Teslas (nT). 40

Figura 32. Registro de las variaciones magnéticas residuales obtenidas en las dos estaciones de monitoreo magnético, en la zona de influencias del volcán Galeras (Frailejón - FRAV y Cráter - CRAV), y en la estación de referencia Kourou (KOUV-Guayana Francesa), para el mes de mayo de 2017..... 40

Figura 33. Variaciones de la componente horizontal del campo eléctrico en la estación Frailejón, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, para el periodo comprendido entre febrero y mayo de 2017. La escala de medición del campo eléctrico en mV. 41

Figura 34. Resultante horizontal del campo eléctrico (negro) para las estación Frailejón (Negro), en comparación con el comportamiento del régimen de lluvias (estación geónica en azul), en la zona de estudio, entre los meses de febrero y mayo de 2017. 41

Figura 35 Valores acumulados de lluvia, en los sensores de Geónica-Cráter (azul), ubicado en la cima del volcán; Mijitayo Alto (MJAP-verde), ubicado a nivel de media montaña y Mijitayo Bajo (MIJB-naranja), ubicado en la parte baja del volcán - mayo de 2017..... 42

Figura 36. Flujo de dióxido de azufre (SO₂) Volcán Galeras – Mayo de 2017..... 43

Figura 37. Flujo de dióxido de azufre (SO₂), velocidad y dirección del viento – Mayo de 2017. 43

Figura 38. Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas por la cámara Barranco (izquierda) y Bruma (derecha) el 10 de mayo de 2017 a las 6:53 a.m. 44

Figura 39. Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 12 de mayo de 2017 a las 7:45 a.m., capturada por la cámara Bruma. 45

Figura 40. Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde las cámaras ubicadas en el sector de Barranco (izquierda), Bruma (Derecha) el 13 de mayo de 2017 en horas de la mañana. 45

Figura 41. Registro Fotogrpfatico de la emisión de gases observada desde la cámara ubicada en el sector de Bruma el 14 de mayo de 2017 a las 5:56 a.m. 45

Figura 42. Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde las cámaras ubicadas en el sector de Barranco (izquierda), Bruma (Derecha) el 16 de mayo de 2017 en horas de la mañana. 46

Figura 43. Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde las cámaras ubicadas en el sector de Barranco (izquierda), Bruma (Derecha) el 28 de mayo de 2017 en horas de la mañana. 46

Figura 44. Mapa de localización de las estaciones telemétricas y no telemétricas que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico de Cumbal durante el mes de mayo de 2017..... 47

Figura 45. Mapa de localización de las estaciones de deformación volcánica, inclinómetros electrónicos que conformaron la red de vigilancia del Complejo Volcánico de Cumbal durante el mes de mayo de 2017. 48

Figura 46. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico de Cumbal en mayo de 2017. 48

Figura 47. Ocurrencia diaria de sismos por tipo de evento en el CVC, para el periodo comprendido entre el 1 de abril y el 31 de mayo de 2017. El recuadro gris resalta el periodo evaluado en este informe. 49

Figura 48. Relación porcentual de ocurrencia sísmica mensual por tipo de evento en el volcán Cumbal entre abril y mayo de 2017. En la Figura el valor de los porcentajes se aproxima a valores enteros..... 50

Figura 49. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 31 de mayo de 2017. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 3,0 Km de profundidad respecto a la cima volcánica (4760 m). 51

Figura 50. Componentes de inclinación Norte, Este y temperatura del inclinómetro electrónico La Mesa, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de mayo de 2017..... 52

Figura 51. Componentes de inclinación Norte, Este y temperatura del inclinómetro electrónico Limones, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de mayo de 2017..... 52

Figura 52. Componentes de inclinación Norte, Este y temperatura del inclinómetro electrónico Punta Vieja, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de mayo de 2017. 53

Figura 53. Componentes de inclinación Norte, Este y temperatura del inclinómetro electrónico La Nieve, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de mayo de 2017..... 53

Figura 54. Imágen de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal (sector El Verde), el 9 de mayo de 2017 a las 2:05 p.m., capturadas desde la cámara ubicada en la estación Punta Vieja..... 54

Figura 55. Imágen de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal (sector El Verde), el 10 de mayo de 2017 a las 8:09 a.m. (Izquierda) y a las 12:38 p.m. (Derecha). 54

Figura 56. Imágen de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal (sector El Verde), el 12 de mayo de 2017 a las 5:43 a.m. (Izquierda) y el 13 de mayo a las 11:45 a.m. (Derecha)..... 55

Figura 57. Imágen de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal (sector El Verde), el 14 de mayo de 2017 a las 7:05 a.m., capturadas desde la cámara ubicada en la estación Punta Vieja..... 55

Figura 58. Imágen de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal (sector El Verde), el 14 de mayo de 2017 a las 6:05 a.m., capturada desde la cámara ubicada en el casco urbano de Cumbal..... 55

Figura 59. Imágenes de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal presentada el 17 y 18 de Mayo de 2017, capturadas desde la cámara ubicada en el municipio de Cumbal. 56

Figura 60. Localización de los volcanes Chiles y Cerro Negro (izquierda) e imágenes de los mismos (derecha).....	57
Figura 61. Estaciones telemétrica y no telemétricas que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro en el mes de mayo de 2017.....	58
Figura 62. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro en mayo de 2017.....	60
Figura 63. Ocurrencia diaria de sismos volcánicos por tipo durante abril y mayo de 2017 en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro, el recuadro gris resalta el periodo evaluado en este informe.	60
Figura 64. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 31 de mayo de 2017. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 3,0 Km de profundidad respecto a la cima volcánica (4760 m)	61
Figura 65. Componentes de inclinación Norte y Este, registro de temperatura del inclinómetro electrónico Chiles, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de julio de 2014 y el 31 de mayo de 2017.....	62
Figura 66. Componentes de inclinación Norte y Este, registro de temperatura del inclinómetro electrónico Cerro Negro, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2016 y el 31 de mayo de 2017.	63
Figura 67. 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.	65
Figura 68. Localización del volcán Las Ánimas (izquierda) e imagen del costado occidental del volcán (derecha).....	66
Figura 69. Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante el mes de mayo de 2017. Adicionalmente se cuenta con una red de muestreo de aguas en fuentes termales y fuentes frías, resaltadas con rombos.....	67
Figura 70. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas en mayo de 2017.	68
Figura 71. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Las Ánimas, en el mes de mayo de 2017, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.	68
Figura 72. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro electrónico Altamira, instalado en el límite entre los volcanes Doña Juana y Las Ánimas, para el periodo comprendido entre enero de 2014 y mayo de 2017.	69
Figura 73. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS Pradera instalada sobre la superficie del volcán Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2016 y el 15 de mayo de 2017.	70
Figura 74. Localización de las estaciones que conforman la red de monitoreo de los volcanes Doña Juana y Las Animas.	72
Figura 75. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Doña Juana durante mayo de 2017.	72

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

Figura 76. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Lavas, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de mayo de 2017.....	73
Figura 77. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS La Palma instalada sobre la superficie del volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de marzo de 2016 y el 15 de mayo de 2017.	74
Figura 78. Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo sísmico y geoquímico del volcán Azufral durante el mes de mayo de 2017.....	76
Figura 79. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo en deformación y cámara web del volcán Azufral en el mes de mayo de 2017.....	77
Figura 80. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante mayo de 2017.....	78
Figura 81. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Azufral, en el mes de mayo de 2017, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo).En los cortes cada línea representa 2,0 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.	79
Figura 82. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro La Roca, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de julio de 2015 y el 31 de mayo de 2017.....	80
Figura 83. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS Roca instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de julio de 2015 y el 15 de mayo de 2017.....	81
Figura 84. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS Lobo instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 28 de mayo de 2016 y el 15 de mayo de 2017.....	81
Figura 85. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS Laguna instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 14 de junio de 2016 y el 15 de mayo de 2017.....	82
Figura 86. Imágenes de la emisión de gases del domo Mallama –Volcán Azufral, registradas el 12 de mayo de 2017 a las 6:05 a.m. (izquierda) y 13 de mayo de 2017 a las 7:09 a.m. (derecha), capturadas desde la cámara web ubicada al suroccidente del volcán.....	83
Figura 87. Imágenes de la emisión de gases del domo Mallama –Volcán Azufral, registradas el 16 de mayo de 2017 a las 5:54 a.m. (izquierda) y 17 de mayo de 2017 a las 10:09 a.m. (derecha) , capturadas desde la cámara web ubicada al suroccidente del volcán.....	83
Figura 88. Imágen que señala coloración blanca desde la fuente termal LV N°1 por posible remoción de material arenoso desde el fondo de la Laguna Verde en la zona-volcán Azufral, registrada el 19 de mayo de 2017 a las 9:54 a.m. capturada desde la cámara Web ubicada al suroccidente del volcán.	84
Figura 89. Imágenes de la emisión de gases del domo Mallama –Volcán Azufral, registradas el 23 de mayo de 2017 a las 2:29 p.m. (Izquierda) y 27 de mayo de 2017 a las 2:29 a.m.(derecha), capturadas desde la cámara web ubicada al suroccidente del volcán.	84

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Estaciones sísmicas y sensores acústicos de la red de monitoreo de Galeras en mayo de 2017.....	19
Tabla 2. Inclínómetros electrónicos telemétricos que conformaron parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras en mayo de 2017.....	20
Tabla 3. Estaciones GNSS telemétricas que conformaron parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras en mayo de 2017.....	20
Tabla 4. Estaciones que conforman la red de instrumentos ScanDOAS del proyecto NOVAC en el volcán Galeras en mayo de 2017.	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 ocurridos en el volcán Galeras entre el 1 de abril y el 31 de mayo de 2017.	23
Tabla 8. Energía sísmica liberada evaluada a partir de ondas de cuerpo para los diferentes tipos de eventos volcánicos entre el 1 de abril y el 31 de mayo de 2017.	24
Tabla 9. Sismos con Magnitud local mayor o igual a 1.0 grado en la escala de Richter, registrados en Galeras en mayo de 2017.....	26
Tabla 10. Emisión dióxido de azufre a la atmósfera volcán Galeras – mes de mayo 2017.	44
Tabla 11. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del complejo volcánico de Cumbal en mayo de 2017.	48
Tabla 12. Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el CVC entre el 1 de abril y el 31 de mayo de 2017.....	49
Tabla 13. Sismos con ML mayor o igual a 1.5 grado en la escala de Richter registrados en el CVC en mayo de 2017.....	51
Tabla 14. Estaciones que conforman la red de vigilancia de la actividad de los volcanes Chiles y Cerro Negro.....	58
Tabla 15. Ubicación geográfica (WGS84) de las fuentes termales y frías del área de influencia del volcán Chiles.....	59
Tabla 16. Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en abril y mayo de 2017 en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro.	61
Tabla 17. Sismos con magnitud local mayor o igual a 1.5 grados en la escala de Richter registrados en Chiles - Cerro Negro en mayo de 2017	62
Tabla 18. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Las Ánimas en mayo de 2017.....	67
Tabla 19. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Doña Juana en mayo de 2017.....	72

Tabla 20. Estaciones que conformaron la red de vigilancia del volcán Azufral en el mes de mayo de 2017.....	77
Tabla 21. Número de eventos volcánicos por tipo para el volcán Azufral ocurridos entre el 1 de abril y el 31 de mayo de 2017. Se resalta en verde el último mes objeto de evaluación.....	78
Tabla 22. Sismos con Magnitud local mayor o igual a 1.5 grados en la escala de Richter registrados en el volcán Azufral en mayo de 2017.	79

RESUMEN

Durante el mes de mayo de 2017, la ocurrencia sísmica registrada en el volcán Galeras aumentó levemente en comparación a los valores registrados en el mes de abril, mientras que la energía liberada registró un descenso en un orden de magnitud. Los sismos asociados con fracturamiento de material cortical (VT) seguidos por aquellos asociados con movimiento de fluidos (Eventos Tipo LPS) fueron los que aportaron el mayor número. Los eventos tipo VT fueron los que aportaron la mayor fracción de energía liberada.

Respecto a la localización de sismos relacionados con fracturamiento de roca (VT) e (HYB) se identifica que la mayoría de sismos se ubicaron de manera dispersa sobre el edificio volcánico, a distancias epicentrales menores a 19 km y profundidades superficiales por debajo de los 14 km respecto a la cima volcánica – 4276 msnm. Las magnitudes calculadas fueron menores a 1.5 en la escala de Richter.

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

En cuanto a la actividad superficial con base en la información que aportan las imágenes capturadas del cráter activo, fue posible evidenciar emisiones de gases durante todos el mes, exceptuando los días 24, 25 y 26 de mayo de 2017, en su mayoría de coloración blanca; los principales focos de emisión continúan ubicados en el sector norte y occidental de la cima del cono volcánico con dispersión variable debido a la acción de los vientos y con alturas relativamente bajas sobre la cima de Galeras.

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

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

Respecto a la localización de sismos VT e HYB, para el periodo evaluado fue posible localizar 81 sismos, que en su mayoría se ubicaron en inmediaciones del cráter La

Plazuela y Mundo Nuevo, a profundidades inferiores a 4 km respecto de la cima y distancias menores a 3 km. Las magnitudes locales de los eventos localizados estuvieron por debajo de 1,7 en la escala de Richter.

Los sensores que monitorean las deformaciones volcánicas muestran tendencias estables, con variaciones que probablemente están asociadas con la temperatura ambiente.

Condiciones de clima favorables durante la mayor parte del mes de mayo excepto los días 23, 24, 25, 26, 27, 28 y 29 permitieron a través de imágenes capturadas por las cámaras instaladas en el Municipio de Cumbal y el sector de Punta Vieja, observar emisiones de gases de color blanco de baja altura, provenientes principalmente desde los campos fumarólicos El Verde y Rastrojo

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

La ocurrencia sísmica de los Volcanes Chiles y Cerro Negro, en el mes de mayo de 2017 disminuyó en un 50% en comparación al mes de abril, pasando de 931 a 467 sismos. De esta sismicidad fue posible localizar 113 eventos, la mayoría de los cuales se ubicaron hacia el sector suroriental de la zona de influencia del volcán Chiles en territorio Ecuatoriano a distancias epicentrales menores a 16 km, y profundidades comprendidas entre 1,5 y 13 km respecto a la cima volcánica (4.700 msnm). La mayoría de eventos tuvo magnitudes por debajo de 1,5 en la escala de Richter.

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

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

En los volcanes Las Ánimas, Doña Juana y Azufral se tuvo registro de 3, 2 y 16 eventos sísmicos respectivamente, todos ellos asociados con fractura de roca al interior del volcán (VT), los cuales fueron de bajo nivel energético. Los eventos registrados en el volcán Las Ánimas se ubicaron al nor y suroccidente del edificio volcánico, con magnitudes menores a 0,9 en la escala de Richter. Para el volcán Doña Juana no fue posible localizar los sismos debido al bajo nivel energético de estos. Para el volcán

Azufral se registraron 14 eventos de los cuales se localizaron 13, ubicados dispersos hacia la zona norte de la zona de influencia volcánica, a distancia de hasta 13 km respecto al centro de la Laguna Cratéica, con profundidades entre 1,6 y 10 km respecto a la cima y con magnitudes locales menores a 2,5 en la escala de Richter.

Con base en el análisis de la información suministrada por las redes de vigilancia, instaladas alrededor de los volcanes monitoreados, se concluye que el nivel de actividad de los volcanes Las Ánimas, Doña Juana y Azufral, se mantiene en **NIVEL VERDE ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”**.

INTRODUCCIÓN

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

El estado y características de un volcán pueden variar a través del tiempo y es por ello que surge el monitoreo volcánico, el cual consiste en la vigilancia y estudio de los cambios ocurridos en diferentes fases de un volcán, mediante la aplicación de una serie de disciplinas geofísicas y geoquímicas. Cambios en el comportamiento de la actividad son el reflejo de distintos procesos al interior del sistema volcánico y que pueden ser provocados por procesos hidrotermales o magmáticos que conllevan a variaciones de presión-temperatura en el sistema volcánico, cambios en el estado de esfuerzos de la corteza, movimiento de material fluido (magma, volátiles o gases) desde niveles más profundos a reservorios más someros o a la superficie misma.

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

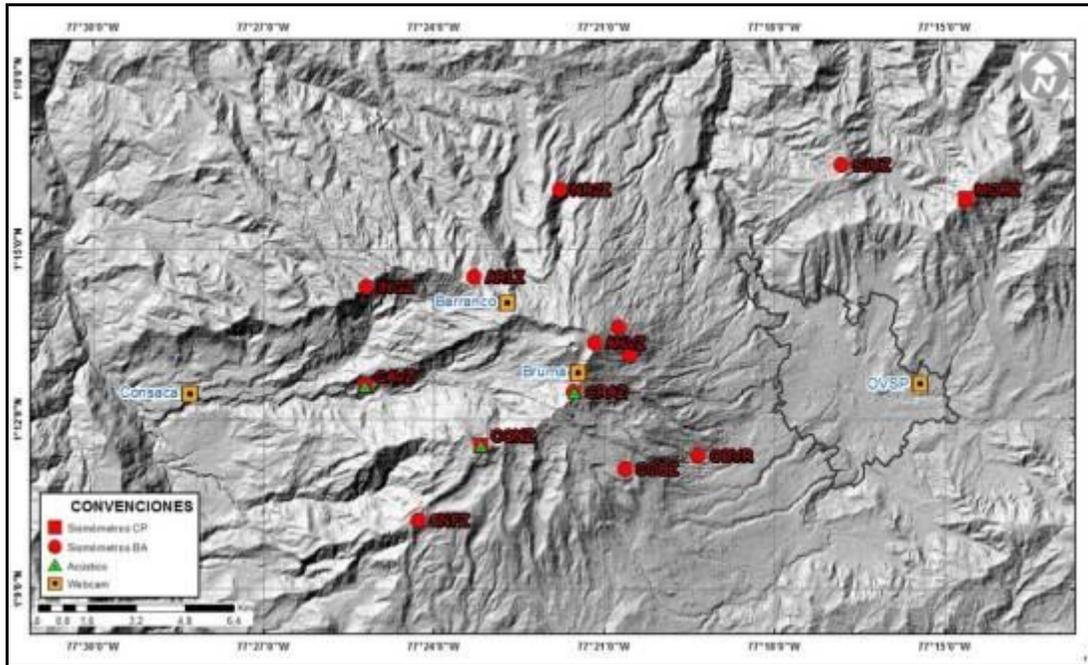
1. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN GALERAS – MAYO DE 2017

1.1 RED DE VIGILANCIA

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

- Catorce estaciones sísmicas telemétricas triaxiales: tres de corto periodo y once de banda ancha (Figura 1, Tabla 1).
- Tres sensores de infrasonido, ubicados en los sitios de las estaciones sísmicas Calabozo al occidente, Cráter-2 y Cóndor al sur - suroccidente (Figura 1, Tabla 1).
- Cuatro cámaras de video telemétricas para registro de la actividad superficial, una instalada en la sede del OVSP, otra en la población de Consacá al occidente, otra al noroccidente en Barranco Alto y Bruma al sur del cono activo (Figura 1).
- Ocho inclinómetros electrónicos con transmisión telemétrica (Figura 2, Tabla 2)
- Once estaciones GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite) telemétricas, la última instalada en el sector de Caba Negra al suroriente del volcán Galeras, instalada entre el 24 y 25 de abril. (Figura 2, Tabla 3).
- Cinco bases de EDM (Medición Electrónica de Distancias) y 8 prismas reflectores (Figura 2).
- Una estación meteorológica, conformada con sensores para medición de velocidad y dirección del viento, pluviometría, radiación solar, presión atmosférica, humedad relativa, punto de rocío y temperatura ambiente localizada al sur del cono activo (Figura 2).
- Dos estaciones telemétricas para monitoreo de flujos de lodos, compuestas por un geófono y un pluviómetro, instaladas en la cuenca del río Mijitayo (Figura 2).
- Tres estaciones DOAS telemétricas para detección de dióxido de azufre (SO₂) localizadas en el cuadrante noroccidental del edificio volcánico (Figura 3, Tabla 4).
- Tres estaciones de medición de campo Magnético, Cráter, Frailejón y Barranco y dos estaciones de medición de campo eléctrico en Frailejón y Barranco (Figura 3, Tabla 5).

- Tres estaciones telemétricas para la medición de emisiones del isótopo de gas Radón ($Rn-222$) proveniente del suelo denominadas Lavas 1, Parques y Lirios ubicadas hacia el sector oriental del volcán (Figura 3, Tabla 6).



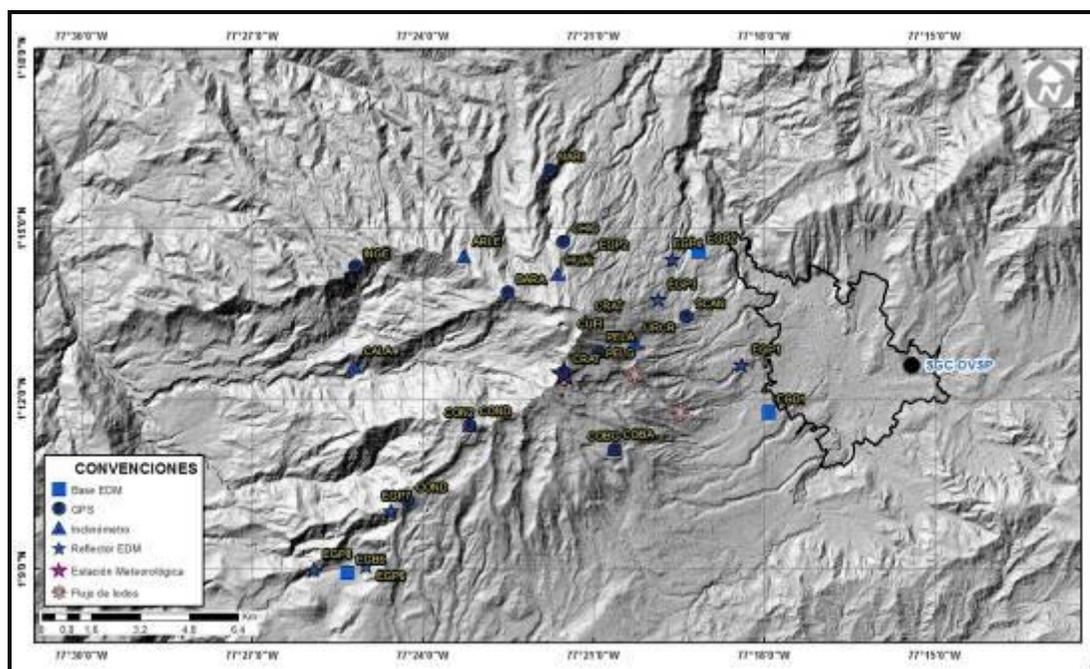


Figura 2. Localización de las estaciones para el seguimiento de la deformación (inclinómetros, EDM y GNSS) que conformaron la red de vigilancia de Galeras en mayo de 2017.

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

Estación	Código	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia al Cráter (Km)	Dirección Respecto al Cráter	Altitud (msnm)
Cóndor	COND	Digital	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	4,4	SW	3977
Calabozo	CAVZ	Digital	Sismómetro Corto Periodo	Triaxial	6,9	WSW	2313
Morasurco	MORZ	Digital	Sismómetro Corto Periodo	Triaxial	13,7	ENE	3504
Anganoy	ANGV	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	0,7	E	4227
Cufiño	CUVZ	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	1,4	ENE	3828
Cráter	CRAZ	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	1,5	S	4032
Urcunina	URCR	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	2,4	ESE	3494
Arlès	ARLZ	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	4	WNW	3450
Cobanegra	COB3	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	4,3	SSE	3625
Nariño-2	NR22	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	5,2	NNW	2856
Obonuco	OBVR	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	5,4	SE	3021
Ingenio	INGZ	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	7	WNW	2890
San Felipe	SNFZ	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	7,6	SW	3491
San Juan	SJUZ	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	10,6	ENE	2898
Cóndor	CONA	Digital	Sensor de Presión Acústica	4 Entradas	4,4	SW	3977
Cráter	CRAC	Digital	Sensor de Infrasonido	4 Entradas	1,5	S	4032
Calabozo	CAMI	Digital	Sensor de infrasonido	4 Entradas	6,9	WSW	2313

Servicio Geológico Colombiano

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

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

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

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

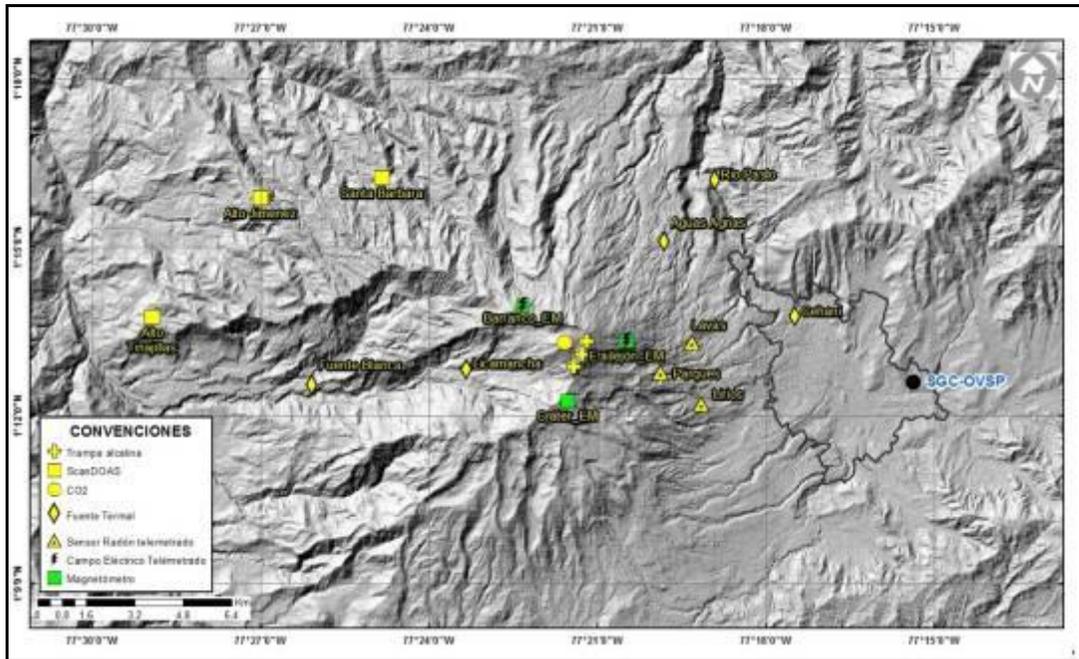


Figura 3. Localización de las estaciones de campo magnético y eléctrico, Trampa Alcalina, ScanDOAS y fuentes termales que conformaron la red de vigilancia de Galeras en mayo de 2017.

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

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
Cráter	Digital	Magnético	Triaxial	1,9	SSE	4001

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

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

Durante mayo de 2017, la operatividad de la red instrumental de Galeras fue del **89,3 %**, garantizando la obtención de información confiable para la evaluación de la actividad volcánica. La Figura 4, muestra el histograma con el porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo volcánico.

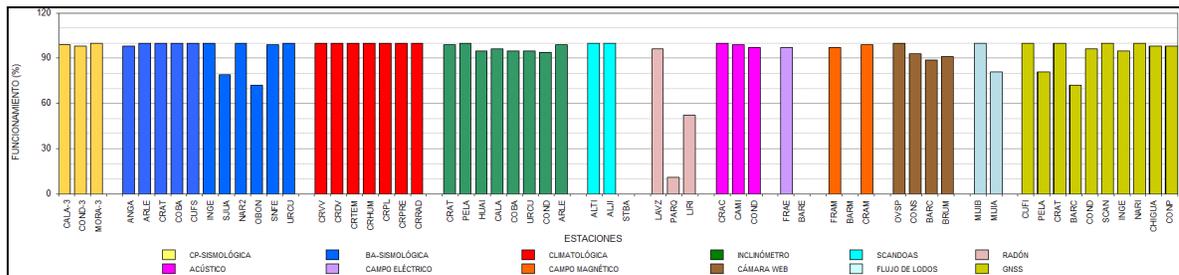


Figura 4. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron las redes de monitoreo del volcán Galeras en mayo de 2017.

1.2 SISMOLOGÍA

El número total de sismos volcánicos registrados en mayo de 2017 en Galeras mostró un incremento del 10%, pasando de 40 a 44 eventos, en comparación con los datos del mes de abril. Se mantuvo el predominio de la sismicidad asociada con fractura de roca al interior del volcán (VT) con 30 sismos que representan el 68% del total, seguida por la sismicidad asociada con tránsito de fluidos de fuente transitoria (LP) con 8 sismos que representan el 18% y finalmente los eventos de tipo híbrido (HIB) que involucran fractura de roca seguida por tránsito de fluidos, registraron 6 eventos que representan el 14%. No se registraron sismos asociados con tránsito de fluidos de fuente permanente o episodios de tremor (TRE). Los sismos de tipo VT incrementaron su número un 20% pasando de 25 a 30 eventos, los sismos de tipo LP incrementaron su número un 33% pasando de 6 a 8 eventos y los sismos de tipo HIB disminuyeron su número un 25% pasando de 8 a 6 eventos. El número máximo de sismos diario fue de 5, todos ellos de tipo VT y se registró el 29 de mayo (Tabla 7, Figura 5 y Figura 6).

Tabla 7. Número de eventos volcánicos por tipo ocurridos en el volcán Galeras entre el 1 de abril y el 31 de mayo de 2017.

Periodo	Número de eventos por tipo				
Evaluado	VT	LPS	TRE	HIB	TOTAL
Abril de 2017	25	6	1	8	40
Mayo de 2017	30	8	0	6	44

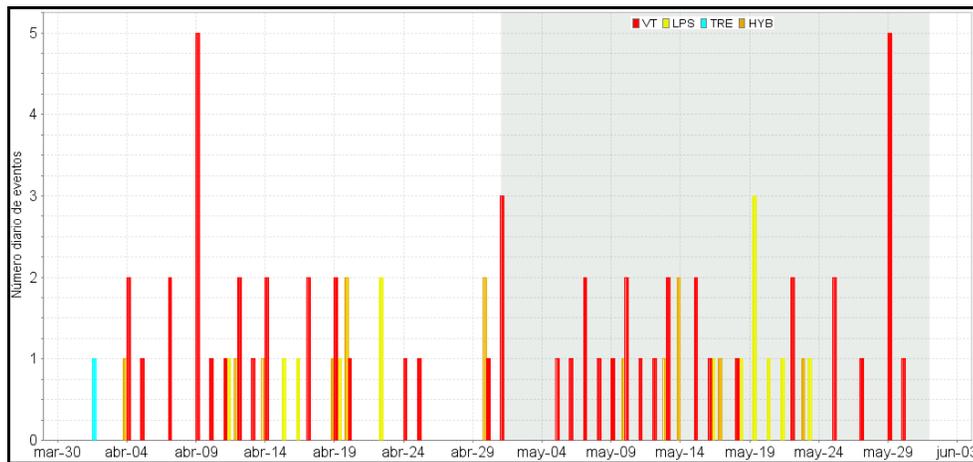


Figura 5. Número diario de eventos volcánicos por tipo, registrados en Galeras durante abril y mayo de 2017; el recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

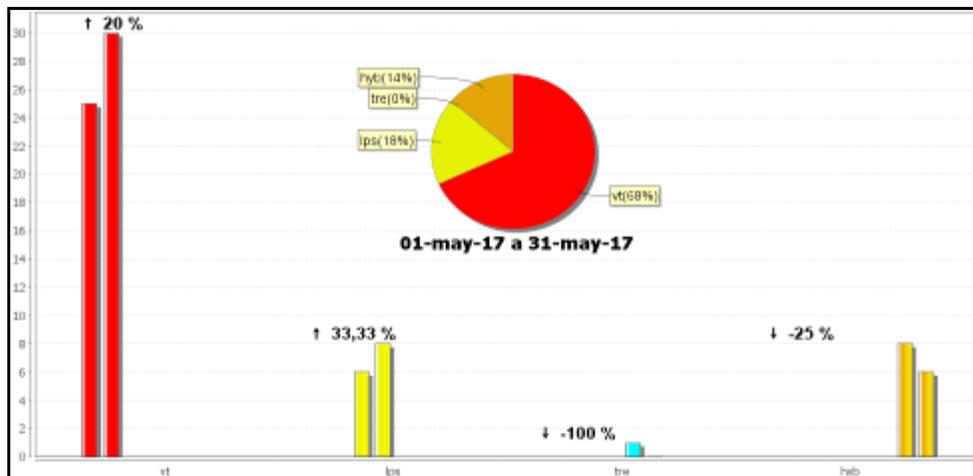


Figura 6. Número diario de eventos volcánicos por tipo, registrados en Galeras durante abril y mayo de 2017; el recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

Servicio Geológico Colombiano

La energía sísmica liberada en mayo mostró una disminución del 92%, pasando de 7.55×10^{11} ergios a 6.20×10^{10} ergios, en comparación con abril. Se mantuvo el predominio energético de los eventos de tipo VT con el 92.6% de la energía sísmica del mes de mayo, los eventos LP aportaron con el 5.6% y los eventos HIB aportaron con el 1.9% del total de la energía liberada mensual. Los sismos de tipo VT disminuyeron su energía un 91%, pasando de 6.47×10^{11} ergios a 5.74×10^{10} ergios, los sismos tipo LP también disminuyeron su energía un 73%, pasando de 1.30×10^{10} ergios a 3.45×10^9 ergios y los sismos de tipo HIB incrementaron su energía un 20%, pasando de 9.64×10^8 ergios a 1.16×10^9 ergios.

En mayo 29 se registró el pico energético del mes con un valor de 2.38×10^{10} ergios, debido a 5 sismos de tipo VT, este pico energético representa el 38% de la energía sísmica del mes de mayo (Tabla 8, Figura 7 y Figura 8).

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

Tabla 8. Energía sísmica liberada evaluada a partir de ondas de cuerpo para los diferentes tipos de eventos volcánicos entre el 1 de abril y el 31 de mayo de 2017.

Periodo	Energía de eventos por tipo				
	VT	LPS	TRE	HIB	TOTAL
Abril de 2017	6.47E+11	1.30E+10	9.44E+10	9.64E+08	7.55E+11
Mayo de 2017	5.74E+10	3.45E+09	0	1.16E+09	6.20E+10

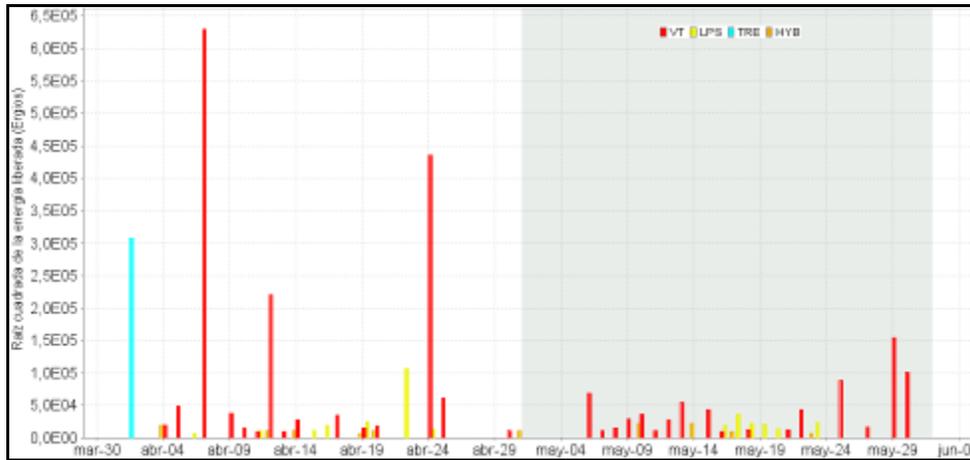


Figura 7. Energía diaria liberada en términos de su raíz cuadrática, de eventos volcánicos por tipo, registrados en Galeras durante abril y mayo de 2017; el recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

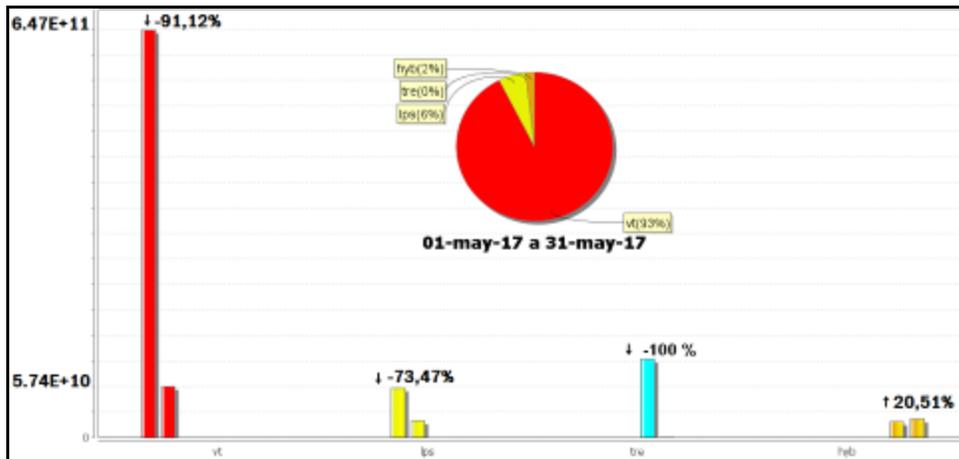


Figura 8. Comparación de la energía de los sismos por tipo entre abril y mayo de 2017 y estadísticas de la energía sísmica por tipo para mayo de 2017.

Se localizaron 24 sismos, 21 de tipo VT y 3 de tipo HIB, ubicados de manera dispersa en la zona de influencia de Galeras a distancias entre 0.5 y 19 km y profundidades entre 0.6 y 14 km, con magnitud local máxima de 1.5 en la escala abierta de Richter. El sismo de mayor magnitud se registró el día 29 de mayo a las 15:39 hora local, a una distancia de 19 km al SSE del cráter activo, con profundidad de 13 km y magnitud local de 1.5, este sismo no fue reportado como sentido (Figura 9).

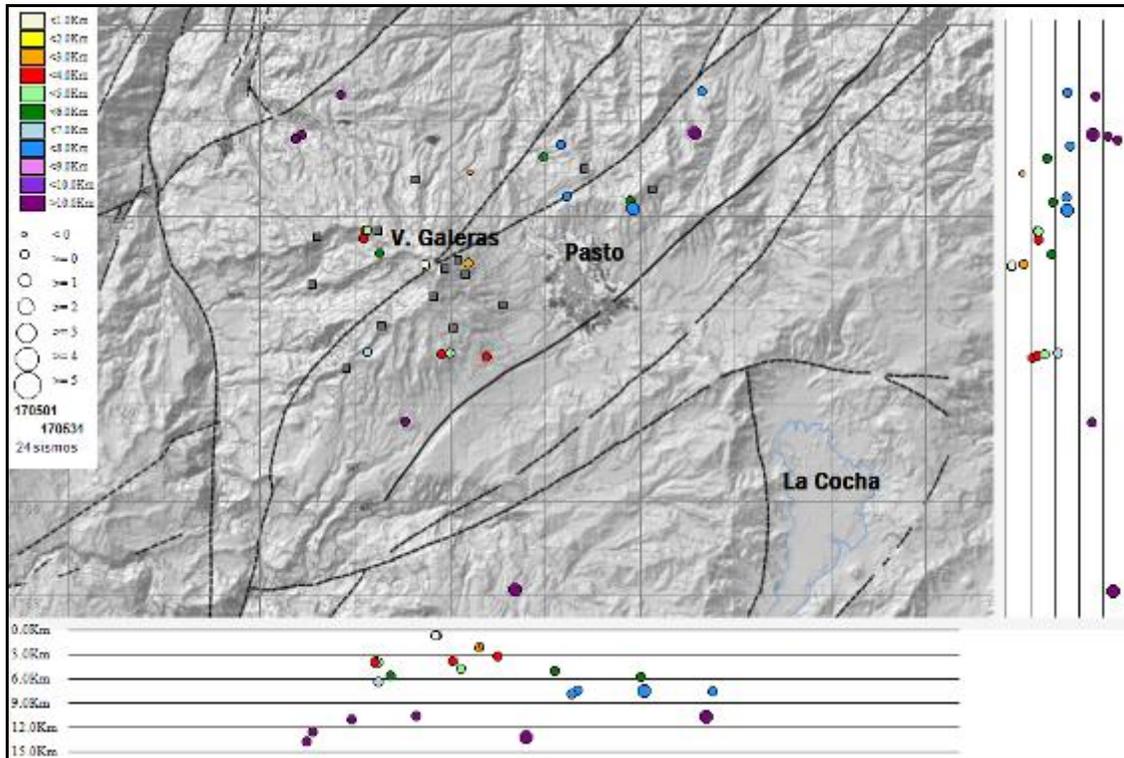


Figura 9. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 30 de abril de 2017. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 3 km de profundidad respecto a la cima volcánica (4270 m).

La magnitud local de la mayoría de los sismos es pequeña, pues son eventos de baja energía, se destacan 3 sismos con magnitud local igual o superior a 1.0 grado y en la tabla 9 se consignan sus características de localización.

Tabla 9. Sismos con Magnitud local mayor o igual a 1.0 grado en la escala de Richter, registrados en Galeras en mayo de 2017.

Fecha	Hora local	Latitud	Longitud	Prof. km	ML
25/05/2017	18:20	1-15.22	77-15.23	7.6	1.0
29/05/2017	15:39	1-03.19	77-18.98	13.3	1.5
30/05/2017	00:22	1-17.60	77-13.26	10.7	1.3

1.3 DEFORMACIÓN

En el mes de mayo de 2017, la red de deformación estuvo conformada por 8 inclinómetros electrónicos (Cráter, Peladitos, Huairatola, Urcunina, Calabozo, Cóndor, Cobanegra y Arlés), el inclinómetro Urcunina, desde el 4 de marzo del 2017, muestra problemas en sus componentes de inclinación que pueden obedecer a problemas electrónicos. La red de EDM (para el mes en evaluación no se ocupó) y 11 GNSS permanentes y telemétricos (Cráter, Barranco, San Cayetano, Chiguaco, El Ingenio, Cóndor, Cufiño, Peladitos, Nariño, Condor-2 y Cobanegra) (Figura 2).

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

1.3.1 Inclinometría Electrónica

El comportamiento de los inclinómetros Cráter y Cóndor continúa estable, con variaciones que se asocian a los cambios de temperatura de la zona y al sistema de alimentación (Figuras 10 y 11).

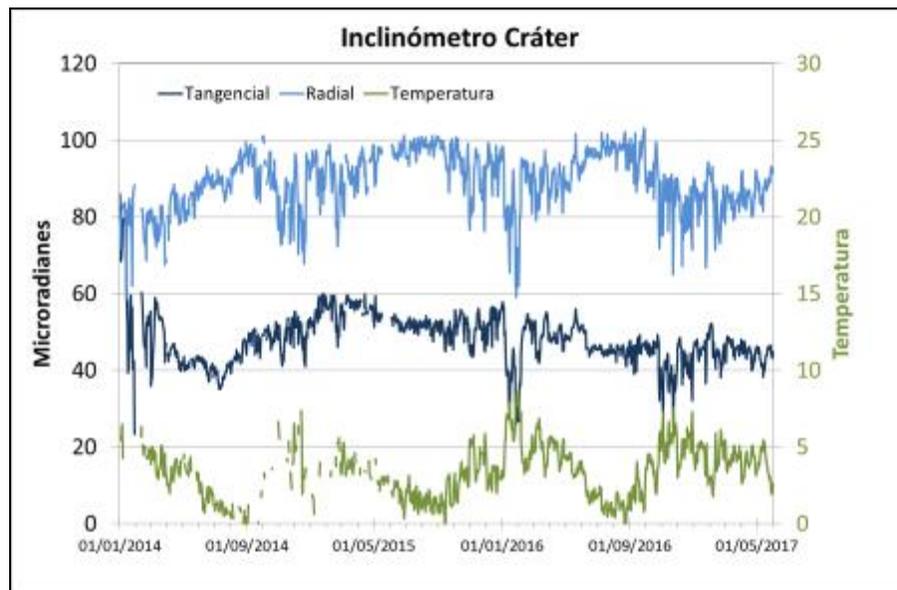


Figura 10. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad) del inclinómetro electrónico Cráter, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de mayo de 2017.

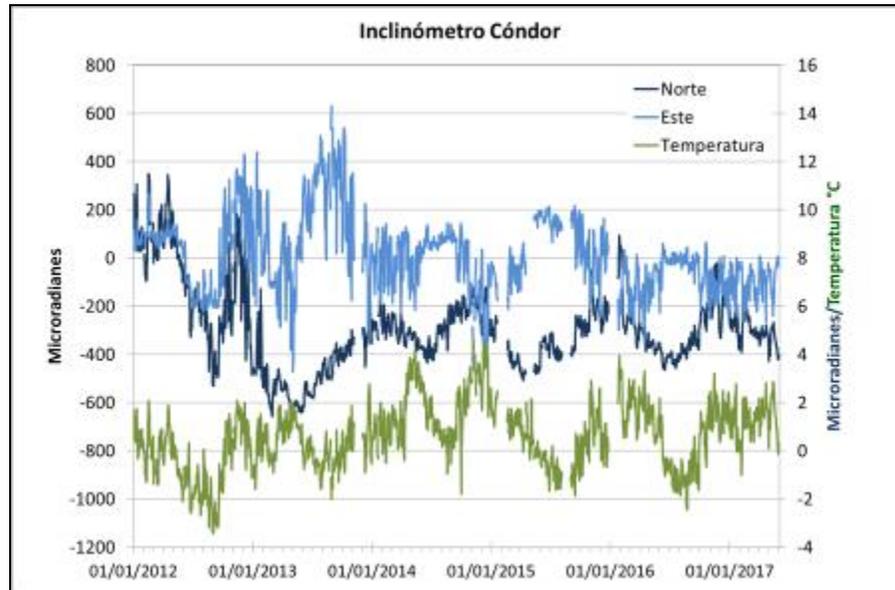


Figura 11. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Córdor, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 31 de mayo de 2017.

Los inclinómetros Peladitos, Huairatola, Cobanegra, Arlés y Calabozo, vienen presentando cambios en sus componentes, que aunque se ven afectadas por las variaciones de temperatura, la tendencia en general puede estar asociada con la actividad volcánica. La componente de inclinación Tangencial de Peladitos presenta una leve tendencia descendente acumulando unos 10 μrad desde 2011 hasta la fecha, y para el mismo periodo la componente Radial tiene tendencia ascendente de unos 60 μrad (Figura 12). El inclinómetro Huairatola, desde mediados del 2015 indica en su componente Radial y tangencial tendencias ascendentes acumulando hasta la fecha aproximadamente 40 μrad en cada una de ellas (Figura 13). En Cobanegra continúa el comportamiento ascendente en la componente Este, reportada desde finales del 2015 con cerca de 50 μrad , y en la componente Norte, después del ascenso registrado desde el 2014 hasta el 2016, que acumuló cerca de 150 μrad , se dió una inflexión cambiando el sentido a descendente acumulando entre enero de 2017 y hasta la fecha cerca de 100 μrad , (Figura 14). El inclinómetro Calabozo, desde septiembre de 2015 tuvo un cambio de tendencia de ascendente a descendente, acumulando hasta la fecha aproximadamente 120 μrad , en cada una de ellas (Figura 15). El inclinómetro Arlés (Figura 16), desde julio de 2014 indica en su componente Norte una leve tendencia ascendente que acumula hasta la fecha cerca de 50 μrad y su componente Este, para el mismo periodo una tendencia descendente de unos 70 μrad , algunas de estas fluctuaciones pueden estar asociadas a los cambios de temperatura ambiente.

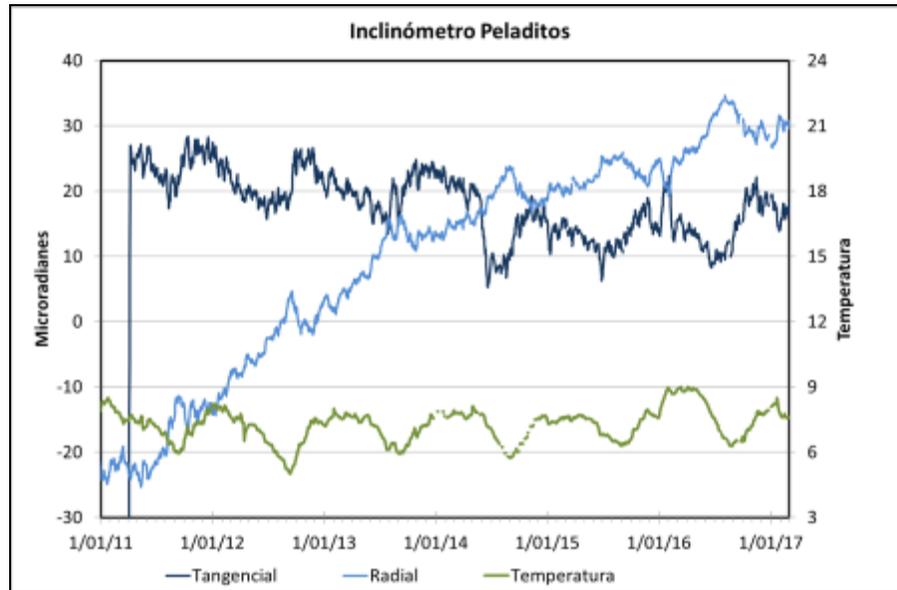


Figura 12. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad) del inclinómetro electrónico Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero 2011 y el 31 de mayo de 2017.

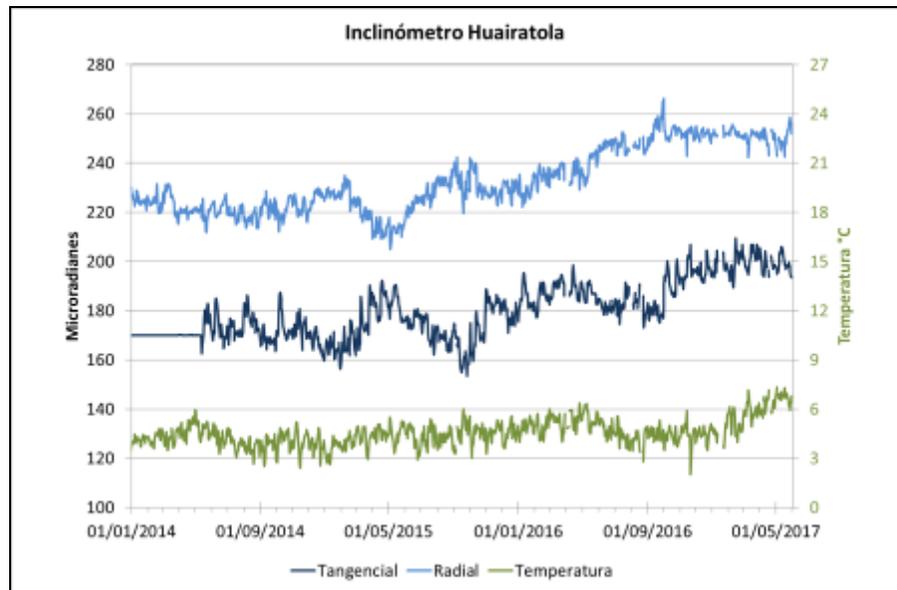


Figura 13. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Huairatola, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de mayo de 2017.

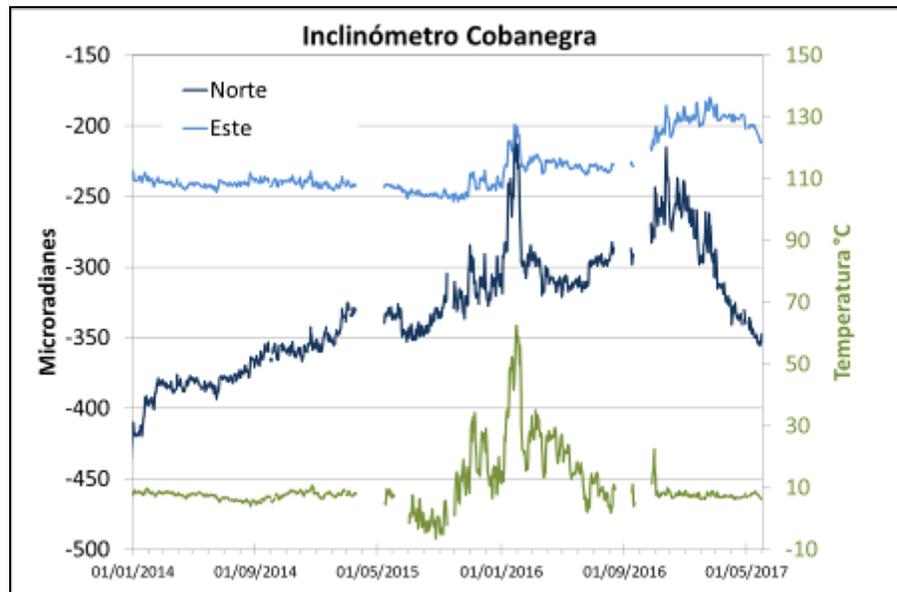


Figura 14. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Cobanegra, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de mayo de 2017.

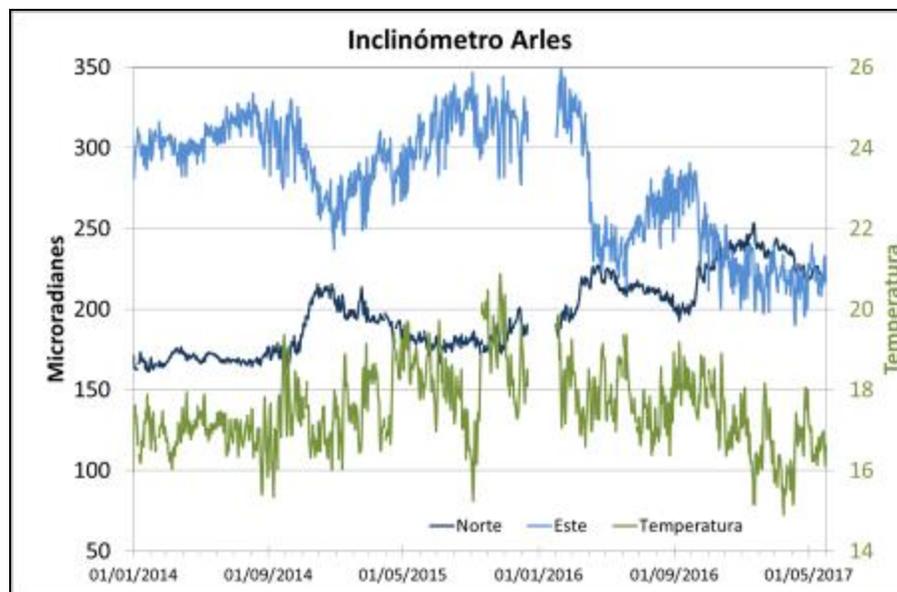


Figura 15. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Arlés, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de mayo de 2017.

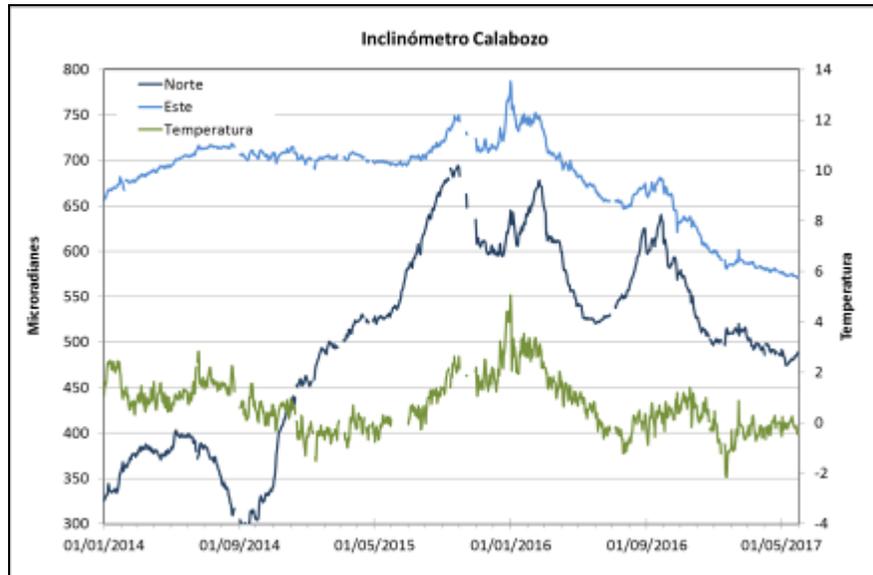


Figura 16. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de mayo de 2017.

1.3.2. Estaciones GNSS Permanentes

Los GNSS 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, Córdor se reinstaló en febrero de 2015, Cufiño y Peladitos se instalaron en octubre de 2016, Nariño y Condor-2, en marzo de 2017, y Cobanegra en abril de 2017.

Para el análisis se contempló un procesamiento absoluto, el cual se está realizando a través del Sistema de Referencia Espacial Canadiense (CSRS). Los datos en formato RINEX, son enviados por separado para cada día y cada estación y posteriormente el resultado es almacenado en hojas de cálculo. El CSRS, utiliza las efemérides finales, correcciones que se deben hacer al dato de posición, por lo cual el proceso se presenta con 15 días de retraso. En las Figuras 17 a 28, se indica el comportamiento de las componentes Norte, Este y Vertical de los GNSS instalados en Galeras.

En general en todas las estaciones de GNSS, se observa un comportamiento estable en el desplazamiento. 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; la componente Norte de este GNSS indica el movimiento de la

Placa Tectónica Suramericana en la cual se encuentra situada Colombia, con un desplazamiento acumulado cercano a los 20 mm por año. Esta tendencia se remueve en las componentes Norte de las estaciones de la red de GNSS en Galeras.

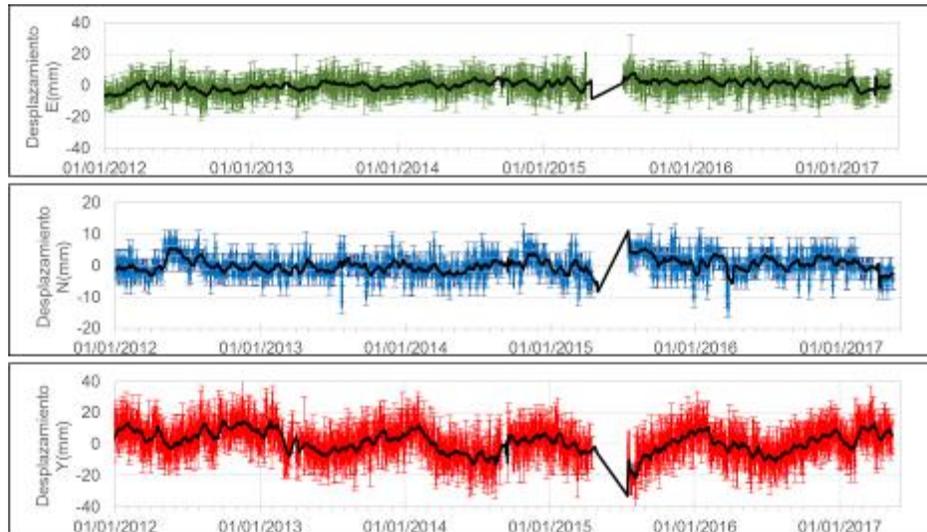


Figura 17. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Barranco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 15 de mayo de 2017.

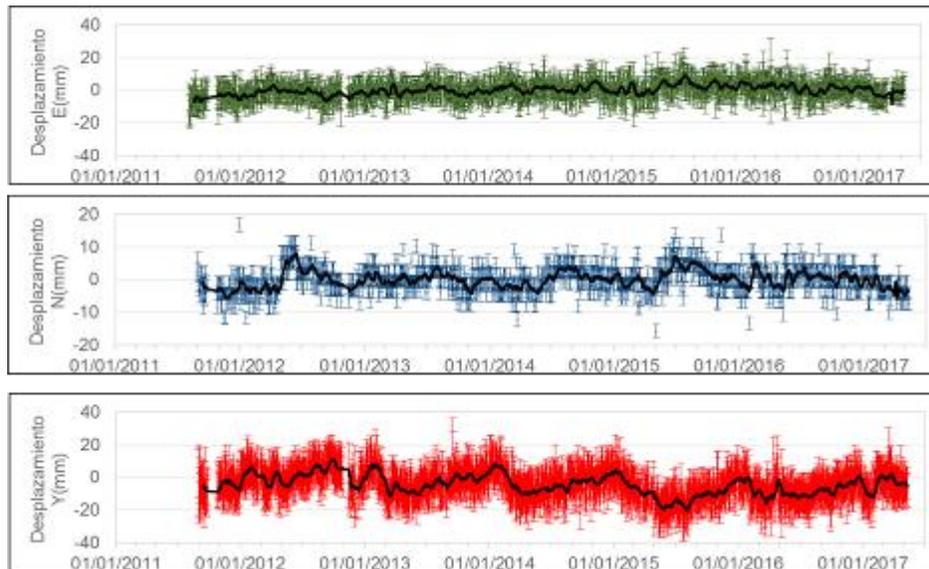


Figura 18. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cráter instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 4 de agosto de 2011 y el 15 de mayo de 2017.

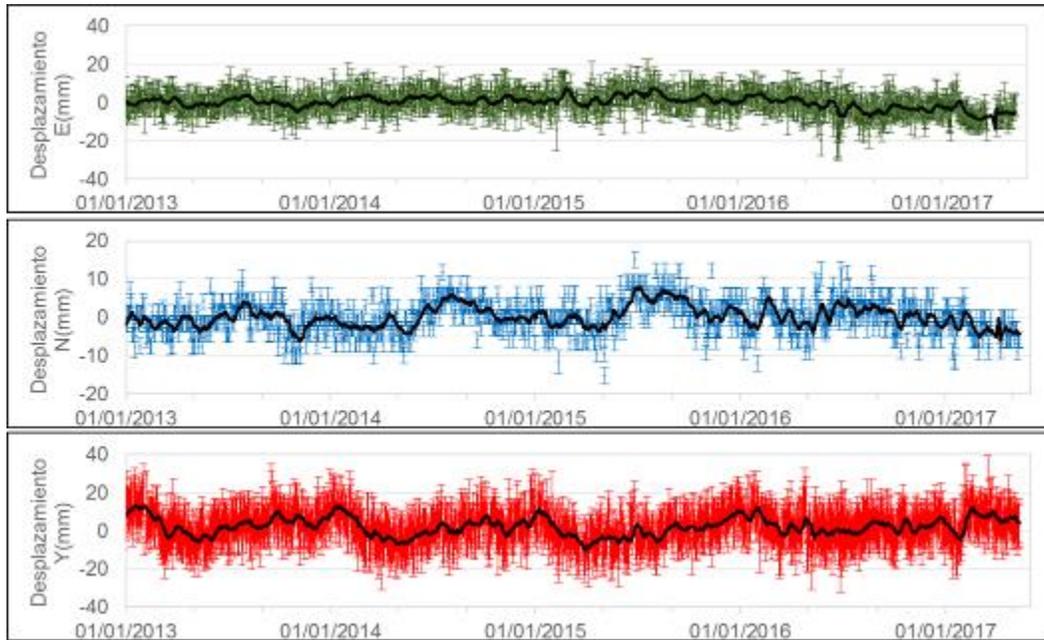


Figura 19. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS San Cayetano instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 15 de mayo de 2017.

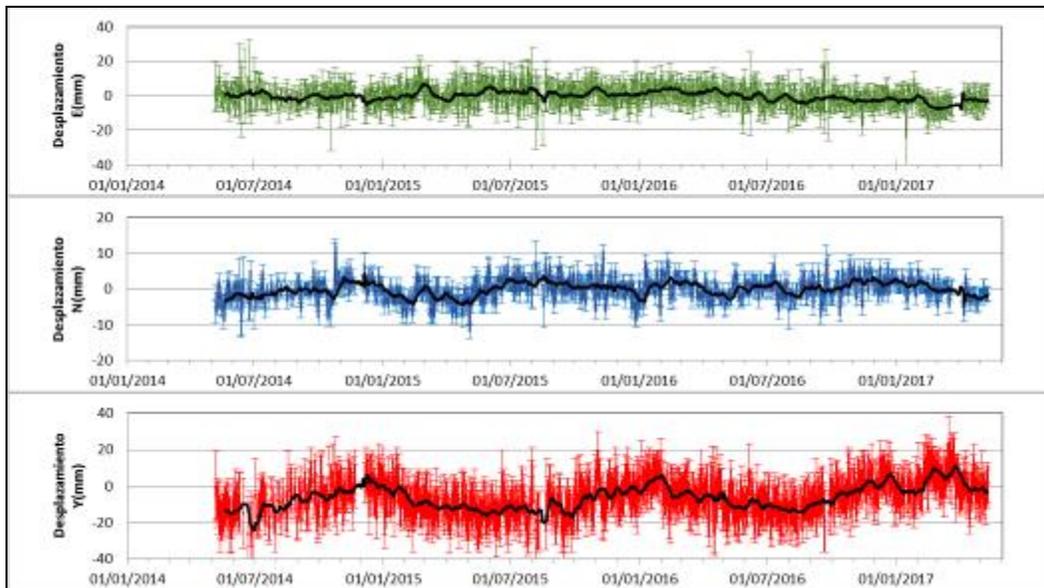


Figura 20. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Chiguaco instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 7 de mayo de 2014 y el 15 de mayo de 2017.

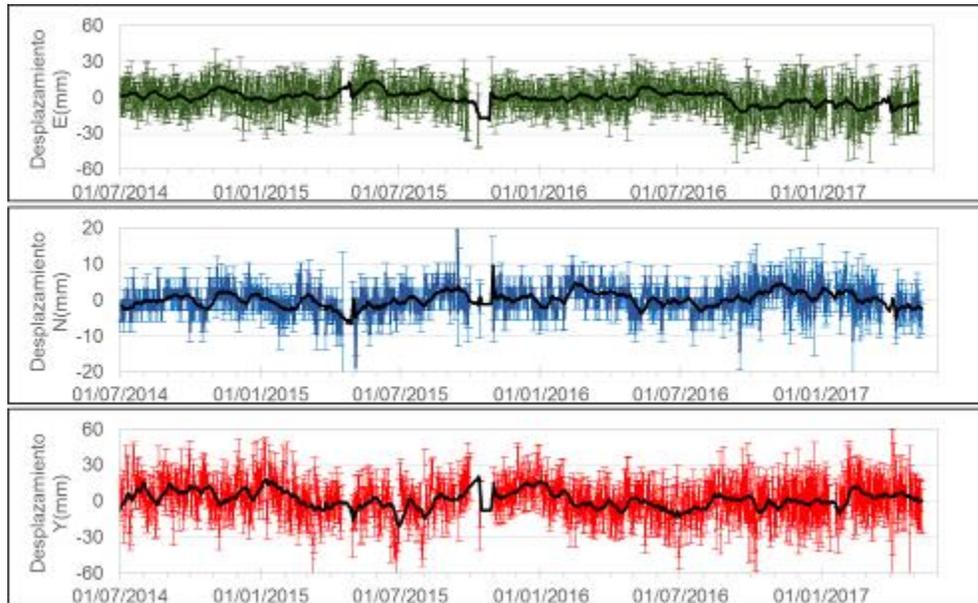


Figura 21. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Ingenio instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de julio de 2014 y el 15 de mayo de 2017.

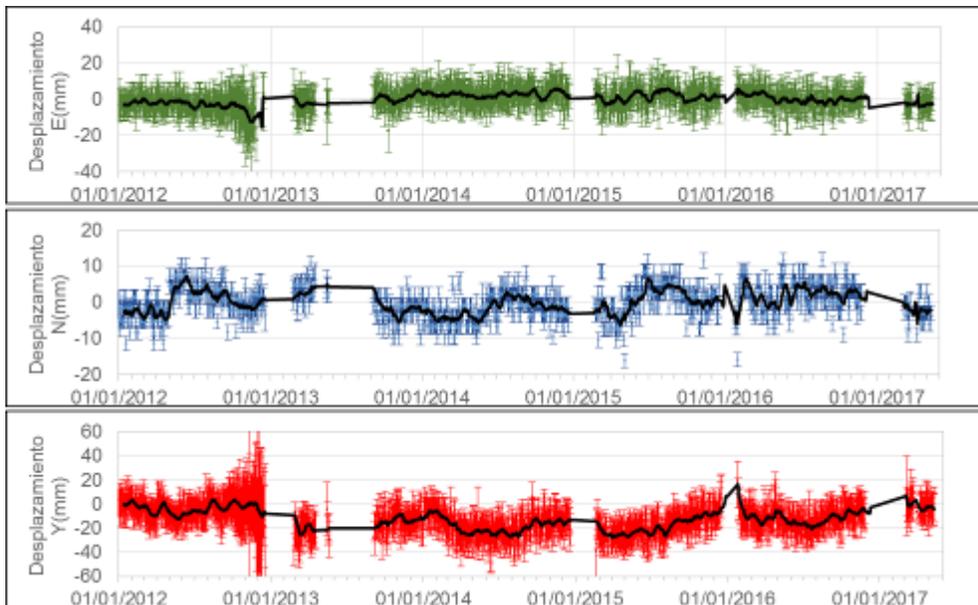


Figura 22. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cónдор instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 15 de mayo de 2017.

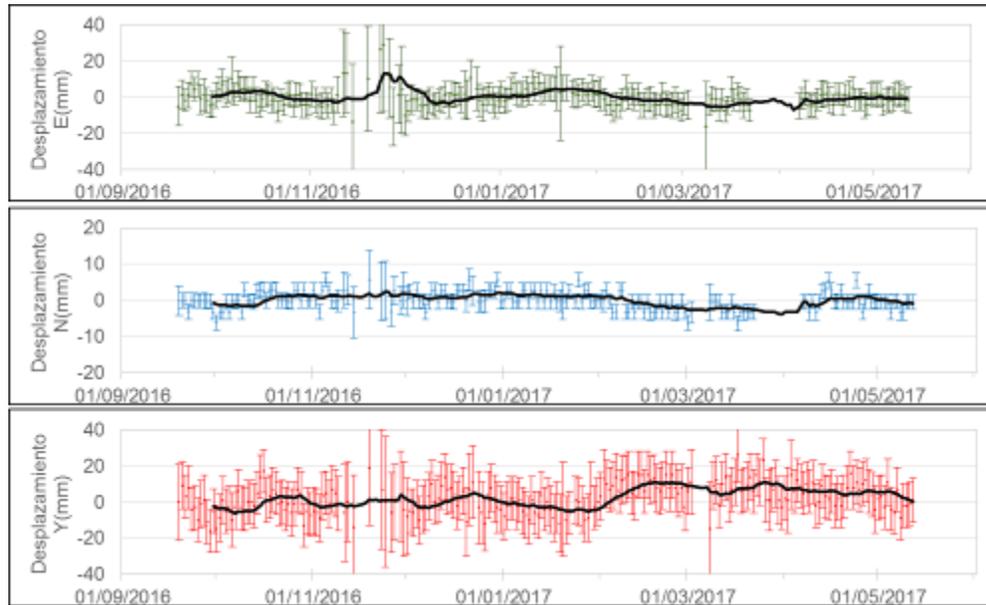


Figura 23. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cufiño instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre septiembre y mayo de 2017.

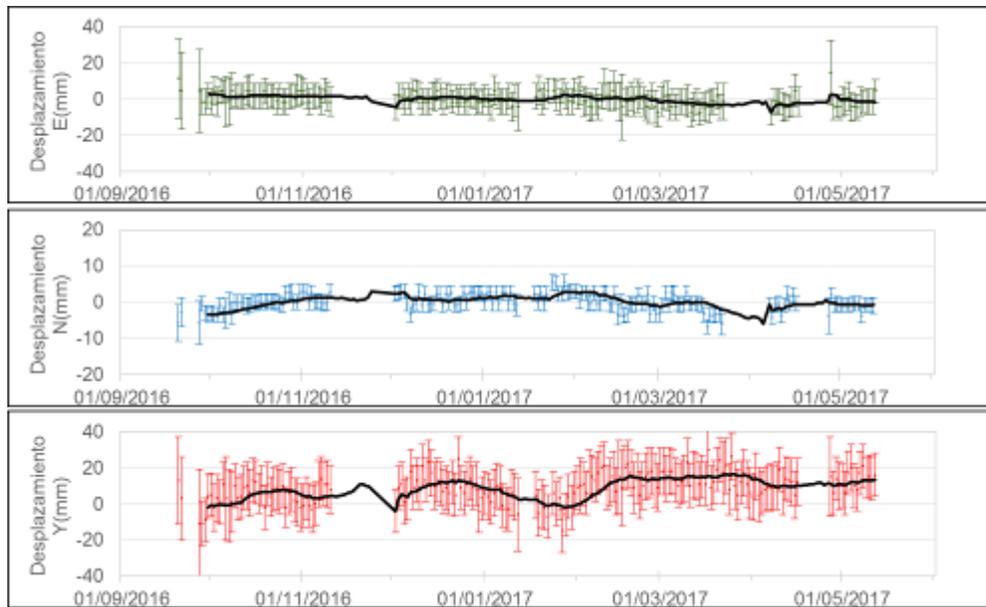


Figura 24. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Peladitos instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre septiembre y mayo de 2017.

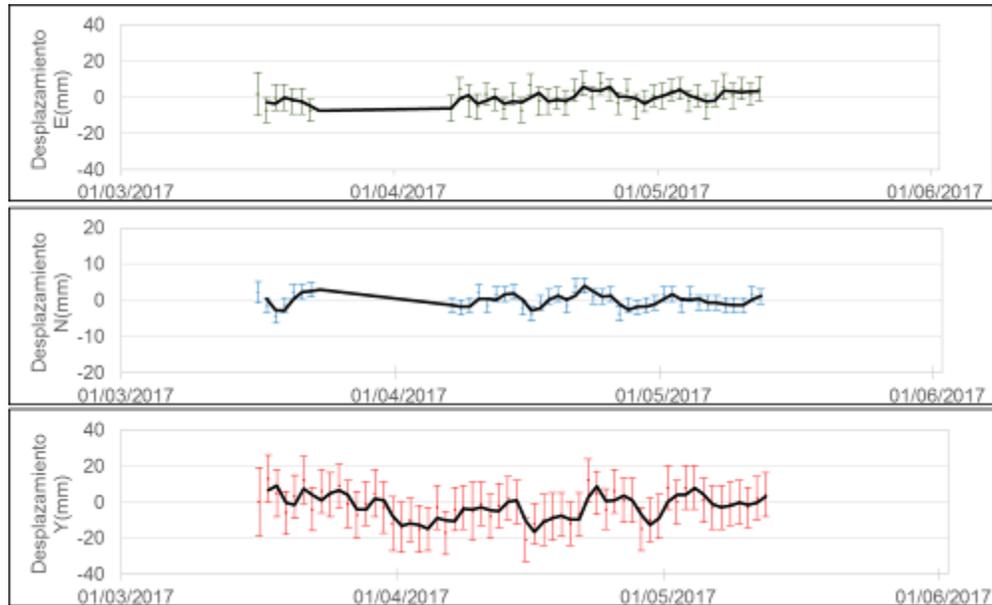


Figura 25. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Peladitos instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre septiembre y mayo de 2017.

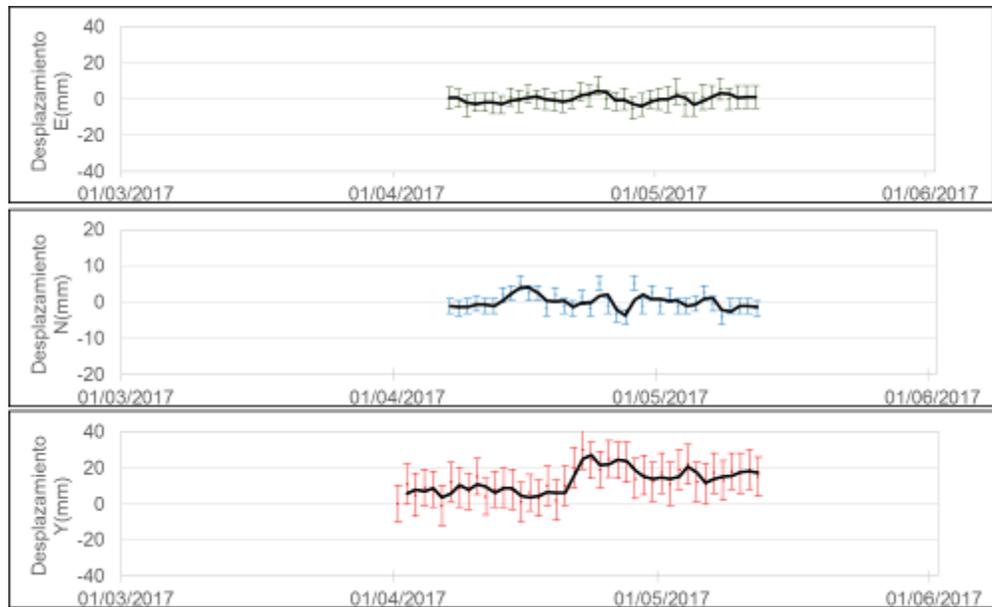


Figura 26. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Condor-2 instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre abril y mayo de 2017.

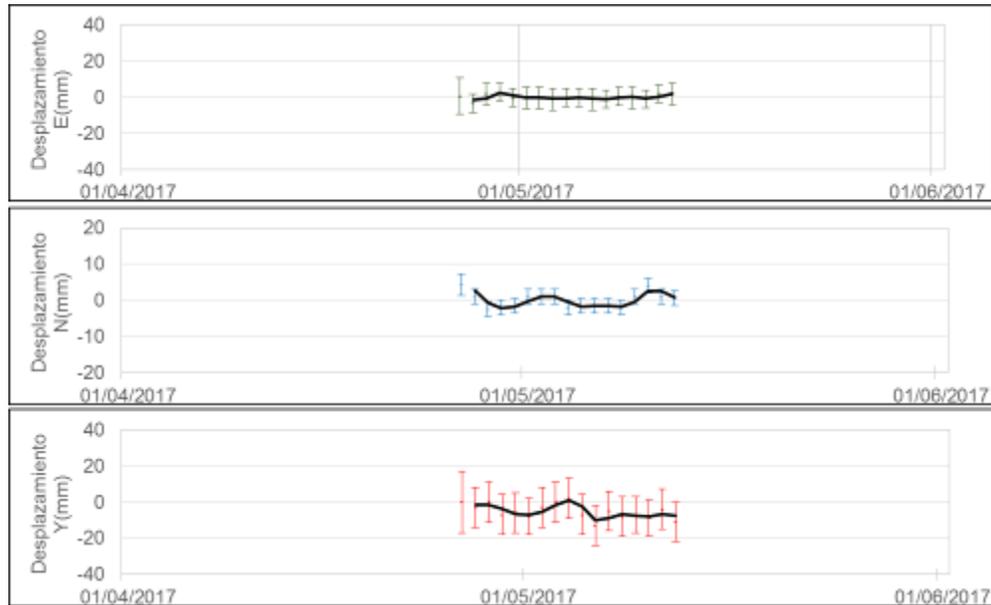


Figura 27. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cobanegra instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre abril y mayo de 2017.

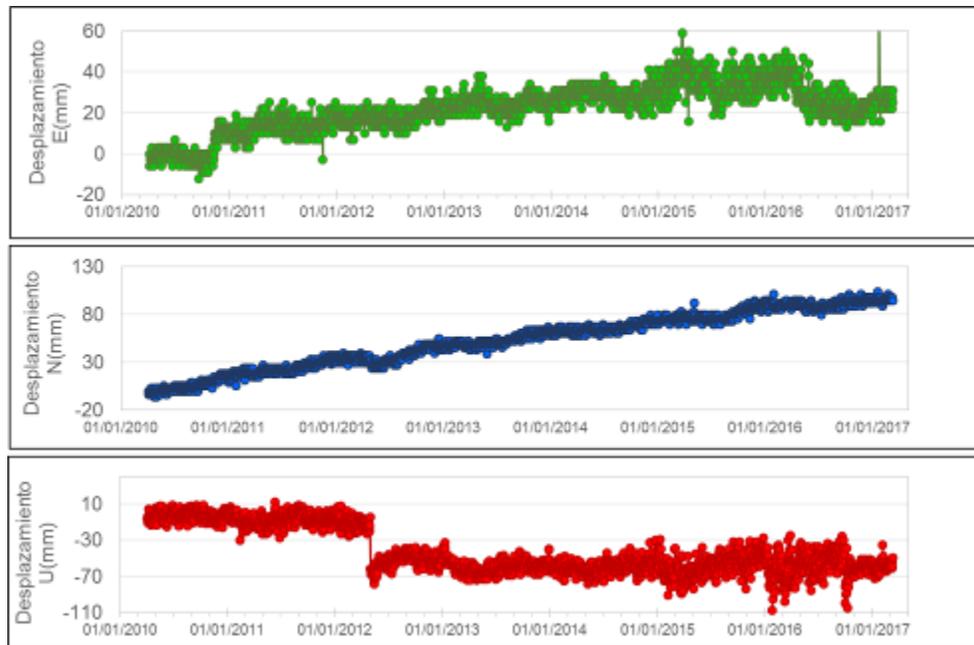


Figura 28. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Quill instalada en el aeropuerto Antonio Nariño, en el Municipio de Chachagüí, Departamento de Nariño, para el periodo comprendido entre febrero de 2010 y el 15 de mayo de 2017.

1.3.3. Medición Electrónica de Distancias - EDM

Para éste periodo no se realizaron medidas de EDM en Galeras.

1.4 ELECTROMAGNETISMO

El monitoreo electromagnético durante el mes de mayo de 2017, para el volcán Galeras se realizó con los registros de la estación Frailejón, en los campos: eléctrico y magnético y, la estación Cráter, en el campo magnético. La estación Barranco campo eléctrico y magnético se encuentra fuera de funcionamiento desde el 23 de abril de 2017 después de registrarse una tormenta eléctrica.

La información del Campo Magnético Terrestre total (F), registrado en el sensor magnético ubicado en la estaciones Frailejón y Cráter, permiten identificar variaciones asociadas principalmente con los efectos día-noche (Figura 29), haciendo evidente la influencia de la actividad del Campo Magnético Terrestre, de acuerdo con la comparación realizada con los registros de la estación magnética de Kourou (Figuras 30 y 31), perteneciente a la red de monitoreo magnético global, del Instituto Central de Magnetismo Terrestre, ubicado en Francia, (La estación se ubica en Guayana Francesa).

En la Figura 29; se resaltan predominantemente las variaciones magnéticas periódicas, que se originan por la influencia de campos externos, y se logran identificar periodos del campo geomagnético de 12 horas, 1 día y 27 días, relacionadas con la rotación de la Tierra y la influencia del Sol y la Luna.

En el mes de mayo de 2017, no se destaca actividad asociada con procesos volcánicos relevantes, por cuanto la actividad de Galeras se mantuvo en bajos niveles. La estación magnética de Frailejón varió en un rango de 100 nT, y tuvo un valor promedio del campo total, para el mes de mayo de 28.475 nT (Figura 29). La estación magnética Cráter varió en un rango de 125 nT, con un valor promedio del campo total, para el mes de noviembre de 33.350 nT (Figura 29). Se resalta la correspondencia en la ocurrencia de la tormenta magnética registrada entre el 27 y 28 de mayo (Figuras 30 y 31).

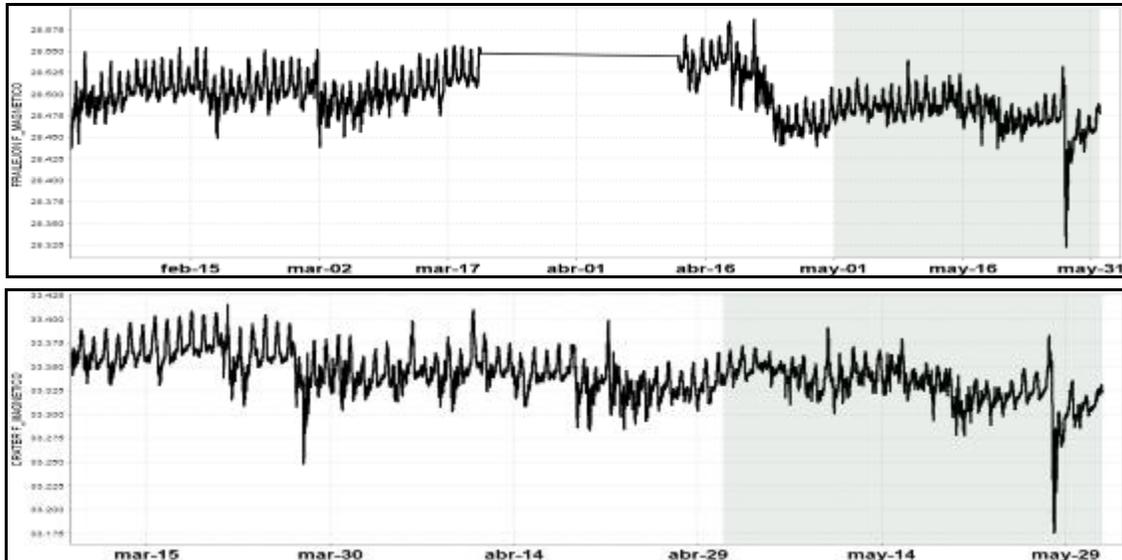


Figura 29. Campo magnético total (F), registrado en las estación de Frailejón (arriba) y la estación Cráter (abajo), perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, entre los meses de febrero y mayo de 2017. La zona sombreada corresponde al mes evaluado, mayo de 2017. La escala de medición está dada en nano Teslas (nT). La estación cráter entró nuevamente en funcionamiento a partir del 8 de marzo de 2017.

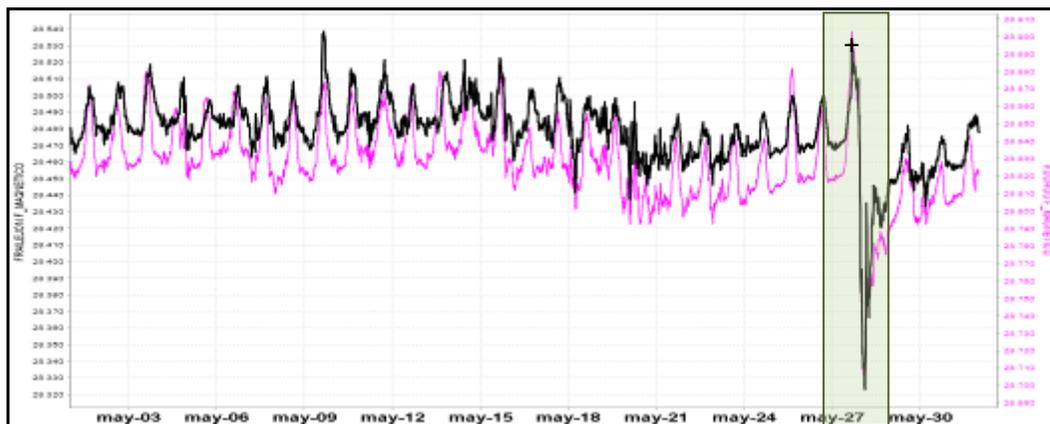


Figura 30. Campo magnético total (F), registrado en las estaciones de Kourou (Fucsia) y Frailejón (Negro), para el mes de mayo de 2017, donde se resalta la correspondencia en la ocurrencia de las tormentas magnéticas. La escala de medición para las dos series de tiempo está dada en nano Teslas (nT).

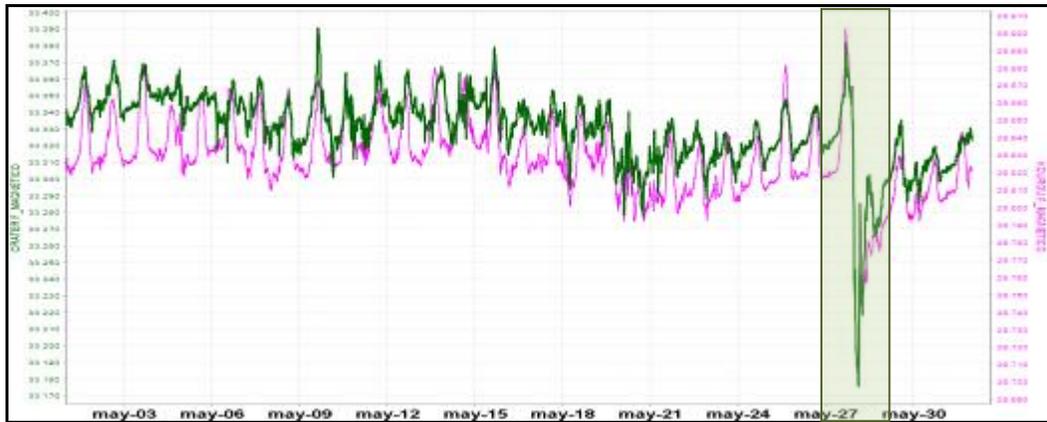


Figura 31. Campo magnético total (F), registrado en las estaciones de Kourou (Fucsia) y Cráter (Verde), para el mes de mayo de 2017, donde se resalta la correspondencia en la ocurrencia de las tormentas magnéticas. La escala de medición para las dos series de tiempo está dada en nano Teslas (nT).

Al eliminar las variaciones seculares más fuertes, del campo geomagnético terrestre, se obtuvieron variaciones del campo residual menores a 35 nT, en cada una de las estaciones (Figura 32). Estas variaciones se acercan un poco más a los rangos de variación del campo magnético de la Corteza Terrestre; con excepción de los días donde se presentan las Tormentas Magnéticas Solares, las cuales siguen mostrando una gran perturbación del Campo Magnético Residual.

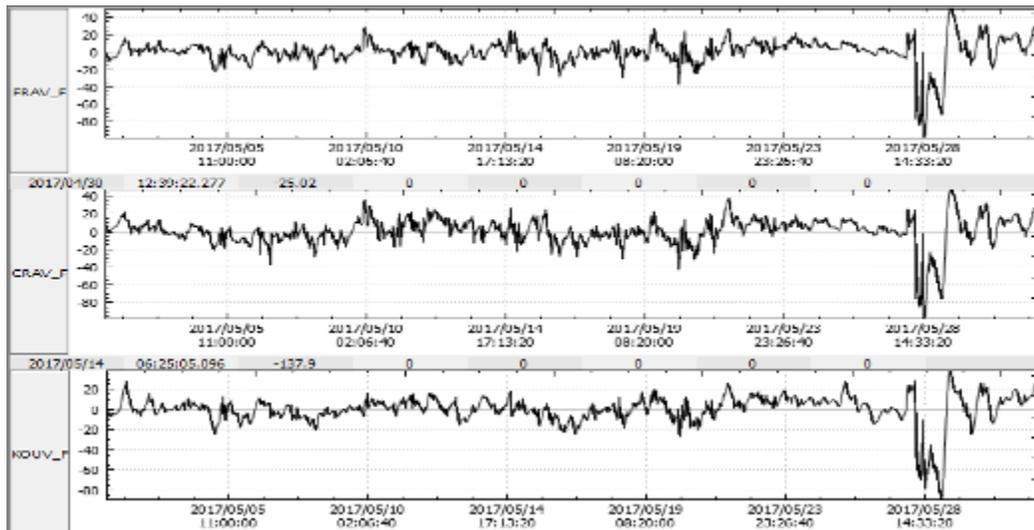


Figura 32. Registro de las variaciones magnéticas residuales obtenidas en las dos estaciones de monitoreo magnético, en la zona de influencias del volcán Galeras (Frailejón - FRAV y Cráter - CRAV), y en la estación de referencia Kourou (KOUV-Guayana Francesa), para el mes de mayo de 2017.

El campo eléctrico horizontal de los sensores eléctricos de la estación Frailejón, desde mediados de abril mostró una tendencia levemente ascendente asociada posiblemente con las condiciones de lluvia en la zona, con un rango de variación acumulada de 30 mV, que se considera como bajo, para una zona volcánica activa, y un valor promedio de campo de 250 mV (Figura 33). Adicionalmente, se evidencia que en los casos cuando la pendiente del acumulado de la lluvia muestra un cambio, en general, el comportamiento de las componentes eléctricas muestra también variaciones, y principalmente se identifica el cambio en la tendencia de la resultante horizontal del campo eléctrico (Figura 34).



Figura 33. Variaciones de la componente horizontal del campo eléctrico en la estación Frailejón, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, para el periodo comprendido entre febrero y mayo de 2017. La escala de medición del campo eléctrico en mV.

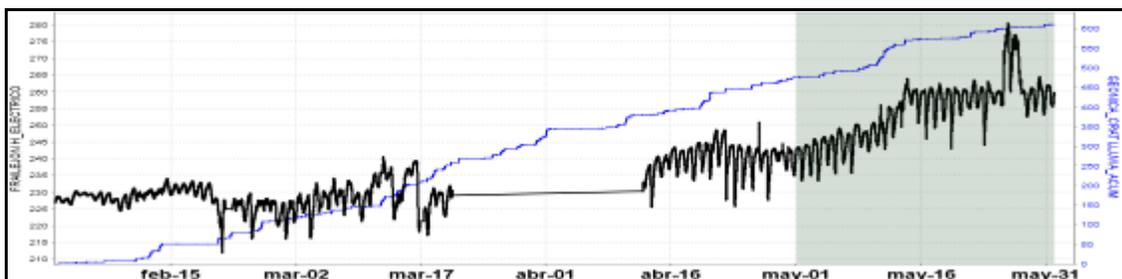


Figura 34. Resultante horizontal del campo eléctrico (negro) para las estación Frailejón (Negro), en comparación con el comportamiento del régimen de lluvias (estación geónica en azul), en la zona de estudio, entre los meses de febrero y mayo de 2017.

Los pluviómetros, tanto de la parte alta del volcán (Estación Geónica, en el sector del cráter volcánico), como de la parte media y baja del volcán (Mijitayo, alto y bajo), muestran acumulados de lluvia de hasta 136 mm, durante el mes de mayo, para el sensor en la cima del volcán, y valores ligeramente más bajos, de 123 y 112 mm de lluvia acumulada para el mes, en los sensores de la parte media y baja de la montaña (Figura 35).

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

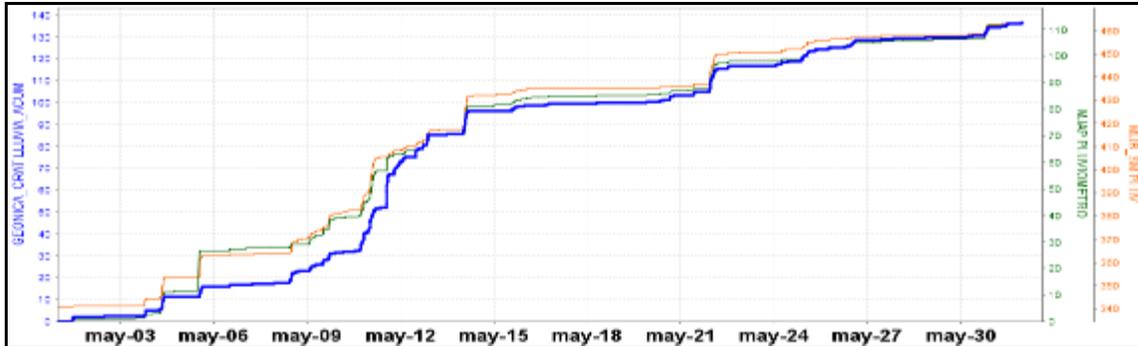


Figura 35 Valores acumulados de lluvia, en los sensores de Geónica-Cráter (azul), ubicado en la cima del volcán; Mijitayo Alto (MJAP-verde), ubicado a nivel de media montaña y Mijitayo Bajo (MIJB-naranja), ubicado en la parte baja del volcán - mayo de 2017.

1.5 GEOQUÍMICA

1.5.1 MUESTREO DE GASES DE ORIGEN VOLCÁNICO EN VOLCÁN GALERAS

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

En volcán Galeras se encuentran ubicadas tres estaciones telemétricas de SCANDOAS (Figura 3, tabla 4): Alto Jiménez, Alto Tinajillas y Santa Bárbara para la medición del flujo de dióxido de azufre (SO₂) emitido a la atmósfera, el SO₂ proviene de la desgasificación del magma, propio del sistema volcánico de Galeras.

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

Se registran escaneos durante todos los días del mes de mayo de 2017, para las estaciones Alto Jiménez y Alto Tinajillas, de la estación Santa Bárbara aún no se tiene registro de escaneos; los valores para emisión de SO₂ a la atmósfera se encuentran entre las 213 y 243 Ton/día, valores considerados como bajos para el volcán Galeras (Figura 36 y 37, Tabla 10).

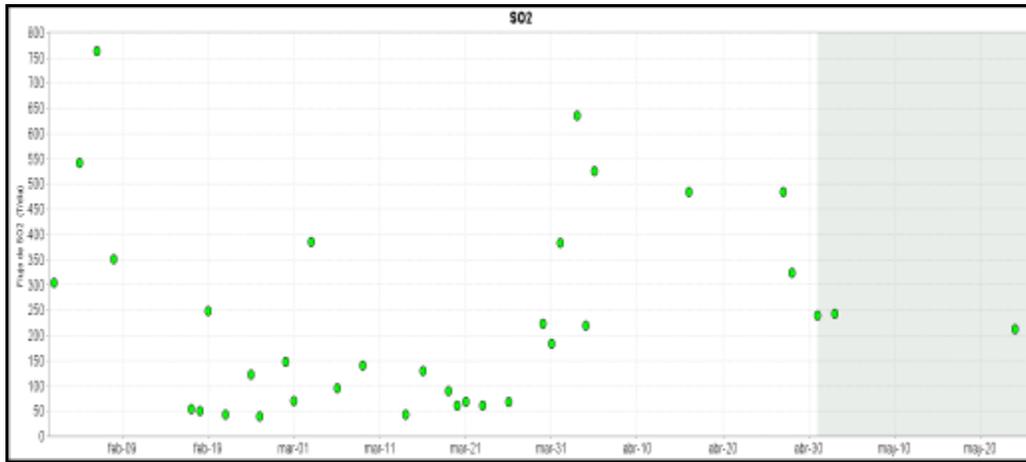


Figura 36. Flujo de dióxido de azufre (SO₂) Volcán Galeras – Mayo de 2017.

Para este periodo (área sombreada en la Figura 36) se sigue evidenciando proceso de desgasificación en Galeras, con un comportamiento similar de flujo de SO₂ en comparación con meses anteriores, tal y como se observa en la gráfica (Figura 37), también fue posible observar actividad superficial en Galeras desde las cámaras web instaladas en cercanías al volcán. Se presentaron valores variables de velocidad del viento durante el periodo evaluado, alcanzando un máximo de 12 m/s.

La dirección del viento durante el mes de abril, presentó un azimut aproximado de 303°, relacionada con tendencia a la dirección noroeste. El mayor flujo de SO₂ registrado para el volcán Galeras durante el mes, se presenta el día 3 de mayo de 2017 con un valor de 243 Ton/día, considerado valor bajo para el volcán Galeras.

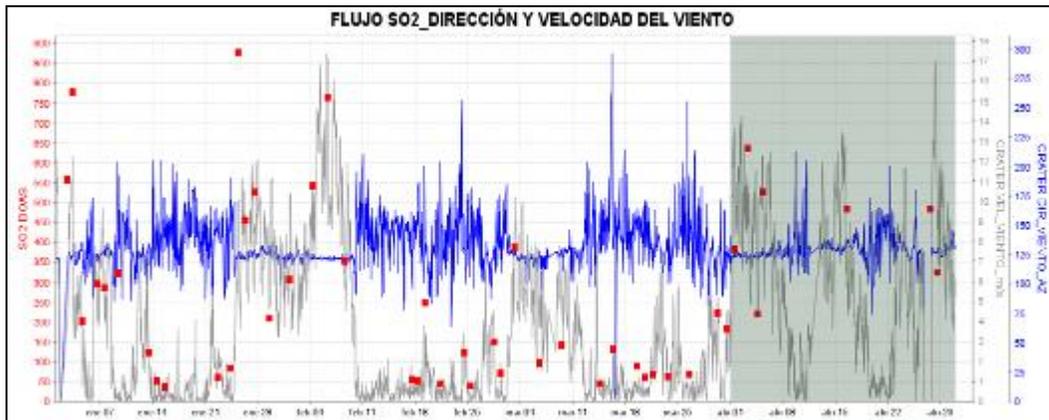


Figura 37. Flujo de dióxido de azufre (SO₂), velocidad y dirección del viento – Mayo de 2017.

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

FECHA	HORA LOCAL	DIRECCION AZIMUT	VELOCIDAD [m/s]	Máximo flujo SO2 diario	Estación de registro	Instrumento
01-may-17	01:53 PM	322	4.9	240	Alto Jimenez	SCANDOAS
03-may-17	02:47 PM	312	2.6	243	Alto Tinajillas	SCANDOAS
24-may-17	09:24 AM	276	12	213	Alto Tinajillas	SCANDOAS

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

1.6 Actividad superficial

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

Condiciones favorables de clima permitieron observar emisiones de gases excepto los días 24, 25 y 26 de mayo debido a la nubosidad presente en la cima volcánica. Los principales focos de emisión se ubican en el cráter principal, campos fumarólicos de El Paisita y el cráter secundario de Las Chavas al occidente del cono volcánico. En las Figuras 38 a 43 se presentan algunas imágenes asociadas a procesos de emisión de gases de Galeras.



Figura 38. Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas por la cámara Barranco (izquierda) y Bruma (derecha) el 10 de mayo de 2017 a las 6:53 a.m.



Figura 39. Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 12 de mayo de 2017 a las 7:45 a.m., capturada por la cámara Bruma.



Figura 40. Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde las cámaras ubicadas en el sector de Barranco (izquierda), Bruma (Derecha) el 13 de mayo de 2017 en horas de la mañana.



Figura 41. Registro Fotográfico de la emisión de gases observada desde la cámara ubicada en el sector de Bruma el 14 de mayo de 2017 a las 5:56 a.m.

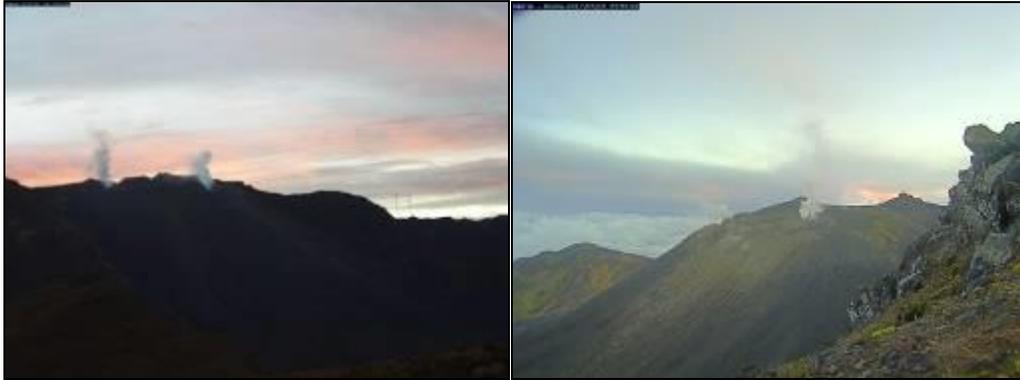


Figura 42. Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde las cámaras ubicadas en el sector de Barranco (izquierda), Bruma (Derecha) el 16 de mayo de 2017 en horas de la mañana.



Figura 43. Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde las cámaras ubicadas en el sector de Barranco (izquierda), Bruma (Derecha) el 28 de mayo de 2017 en horas de la mañana.

1.7 CONCLUSIONES

En el volcán Galeras se registró un leve incremento en la ocurrencia y una importante disminución en la energía de los sismos en comparación con el mes anterior. El mayor aporte tanto en ocurrencia como en energía provino de la sismicidad de tipo VT, asociada con fractura de roca al interior del volcán. El sismo de mayor magnitud alcanzó una ML de 1.5 en la escala de Richter.

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

2 ACTIVIDAD DEL VOLCÁN CUMBAL – MAYO DE 2017

2.1 RED DE VIGILANCIA

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

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

Para este periodo la estaciones sísmicas, de inclinometría, presión acústica tuvieron en promedio un porcentaje de funcionamiento del 75,4 % (Figura 46).

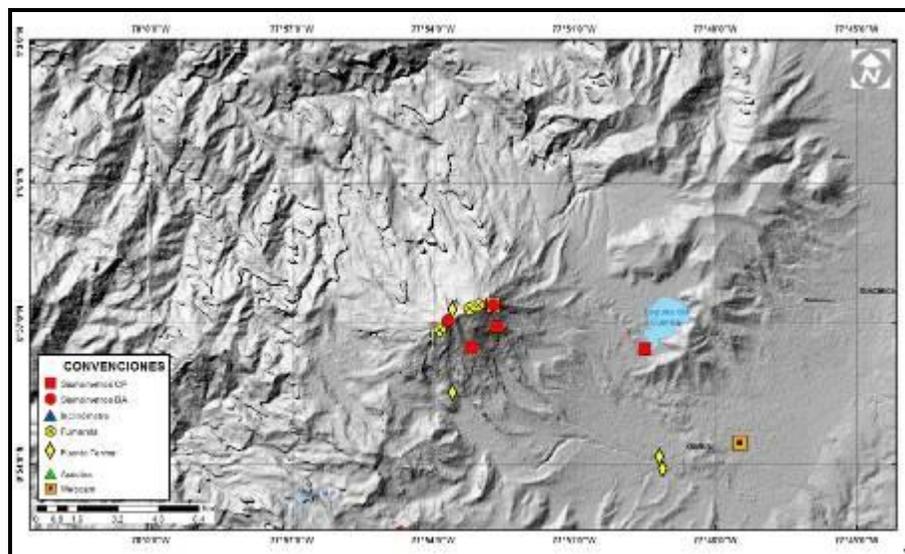


Figura 44. Mapa de localización de las estaciones telemétricas y no telemétricas que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico de Cumbal durante el mes de mayo de 2017.

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

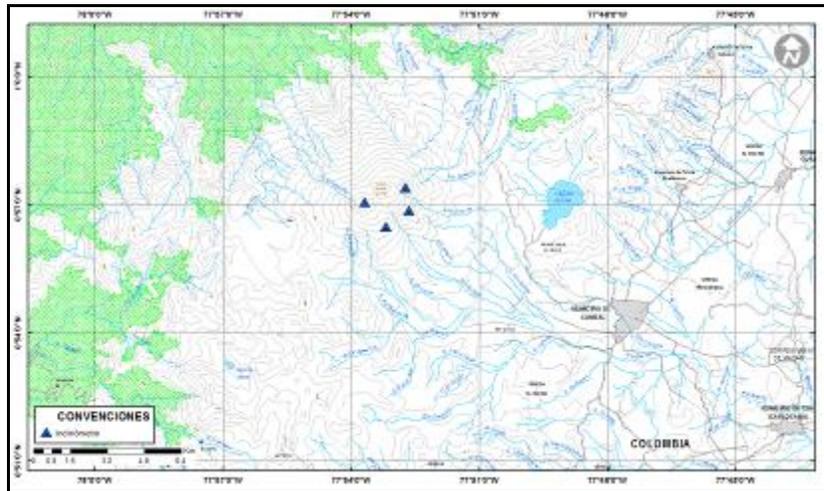


Figura 45. Mapa de localización de las estaciones de deformación volcánica, inclinómetros electrónicos que conformaron la red de vigilancia del Complejo Volcánico de Cumbal durante el mes de mayo de 2017.

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

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

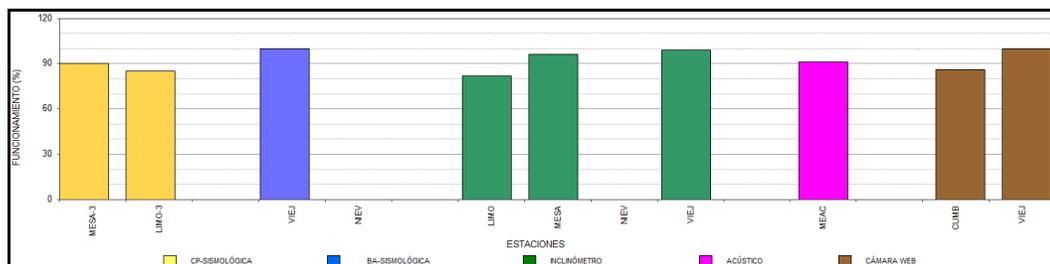


Figura 46. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico de Cumbal en mayo de 2017.

2.2 SISMOLOGÍA

La sismicidad de mayo en el complejo volcánico de Cumbal (CVC) incrementó un 13% su número pasando de 2501 a 2834 eventos en comparación con abril. La sismicidad dominante fue la asociada con movimiento de fluidos, tanto los de fuente transitoria al interior del volcán (LPS) con 1890 eventos que representan el 67% del total, como también los sismos de tipo tremor (TRE), con 527 sismos que representan el 19% de los eventos. Se registraron 239 sismos asociados con fractura de roca al interior del volcán (VT) y 178 eventos que involucran fractura de roca con el subsiguiente tránsito de fluidos al interior del volcán (HYB) que representan el 8% y 6% de la sismicidad respectivamente (Tabla 12, Figuras 47 y 47). 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 28 de mayo, con 220 sismos (141 LP, 44 VT, 23 HYB y 12 TRE).

Tabla 12. Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el CVC entre el 1 de abril y el 31 de mayo de 2017.

Periodo	Número de eventos por tipo					
Evaluado	VT	LPS	TRE	HYB	VOL	TOTAL
Abril de 2017	109	1465	607	320	0	2501
Mayo de 2017	239	1890	527	178	0	2834

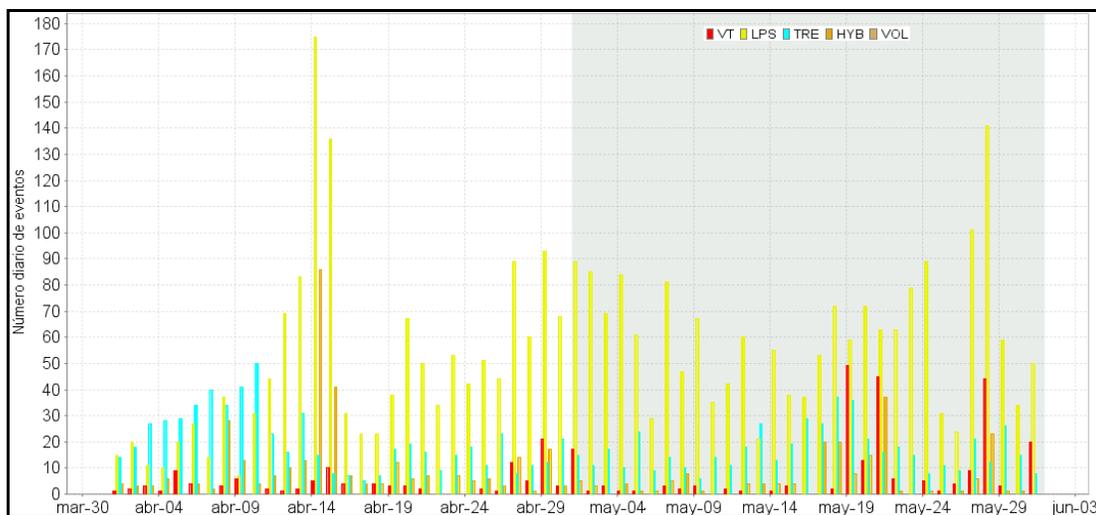


Figura 47. Ocurrencia diaria de sismos por tipo de evento en el CVC, para el periodo comprendido entre el 1 de abril y el 31 de mayo de 2017. El recuadro gris resalta el periodo evaluado en este informe.

Con respecto a los valores registrados en el mes anterior, los sismos de tipo VT duplicaron su número y los LP incrementaron su ocurrencia un 29%. Los episodios de tremor (TRE) y los HYB disminuyeron su ocurrencia un 13% y un 44% respectivamente (Tabla 12, Figura 48).

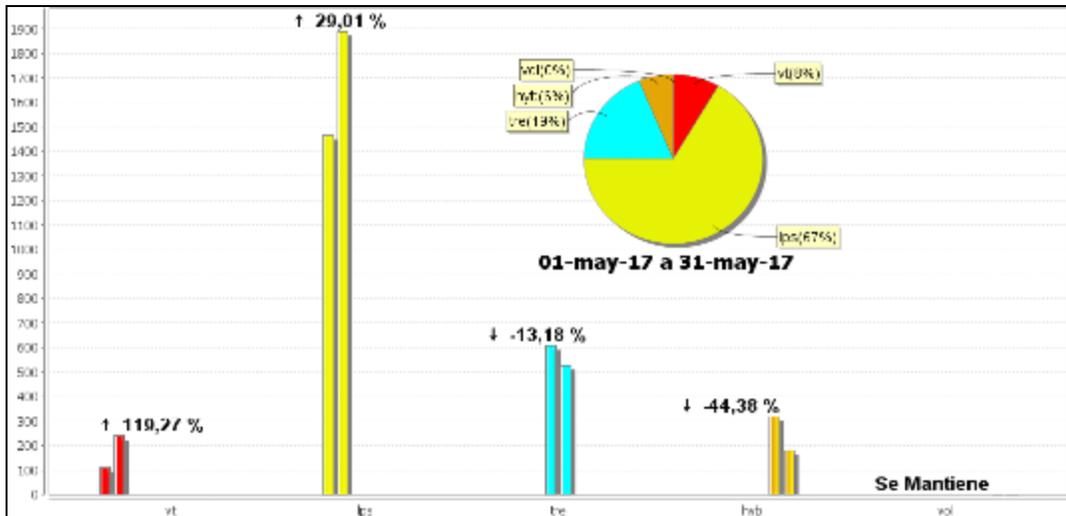


Figura 48. Relación porcentual de ocurrencia sísmica mensual por tipo de evento en el volcán Cumbal entre abril y mayo de 2017. En la Figura el valor de los porcentajes se aproxima a valores enteros.

Se destaca el registro de 7 sismos de tipo tornillo (TOR), que se caracterizan por el decaimiento lento de su coda y espectros en frecuencia con uno o varios picos dominantes. Los TOR de mayo presentaron en general un pico de frecuencia dominante, que osciló entre 3.7 y 7.7 Hz. Las señales sísmicas y los componentes espectrales de los eventos tipo TOR del CVC indican que están asociados con movimiento de fluidos, en donde los conductos volcánicos que los contienen se comportan como cavidades resonantes y están relacionados principalmente con el sistema hidrotermal del CVC. Se resalta que a diferencia del volcán Galeras, los eventos TOR del CVC no muestran en sus parámetros evaluados una correlación con procesos de presurización del sistema.

Fue posible localizar 81 sismos, la gran mayoría ubicados en inmediaciones de los dos conos activos del complejo volcánico de Cumbal, el cráter La Plazuela al nororiente y el cráter de Mundo Nuevo al suroccidente, a distancias entre cero y 3.0 km con respecto a La Plazuela, magnitud local máxima de 1.7 y profundidades menores de 4 km con respecto a su cima (4700 m). Algunos sismos se ubicaron dispersos a distancias entre 3.0 y 9 km del cráter la Plazuela, con magnitud local máxima de 1.5 y profundidades entre 3 y 10 km con respecto a su cima (4700 m) (Figura 49). Se destaca el registro de Informe mensual de actividad de los volcanes Galeras, Chiles – Cerro Negro, Cumbal, Las Ánimas, Doña Juana y Azufral - Mayo 2017

dos sismos con magnitud de 1.5 y 1.7 en la escala abierta de Richter, ocurridos el 21 de mayo a las 4:38 y 8:12 hora local, ubicados a distancias de 2 km al SW y a 3 km al NW del cráter de La Plazuela, con profundidad de 1.3 km y 2.5 km respectivamente, en la tabla 13 se consignan sus características de localización. La energía de los sismos localizados en mayo de 2017 alcanzó un valor de 4.99×10^{13} ergios.

Tabla 13. Sismos con ML mayor o igual a 1.5 grado en la escala de Richter registrados en el CVC en mayo de 2017.

Fecha	Hora local	Latitud	Longitud	Prof. km	ML
21/05/2017	4:38	0-58.76	77-53.99	2.46	1.5
21/05/2017	8:12	0-57.05	77-54.18	1.33	1.7

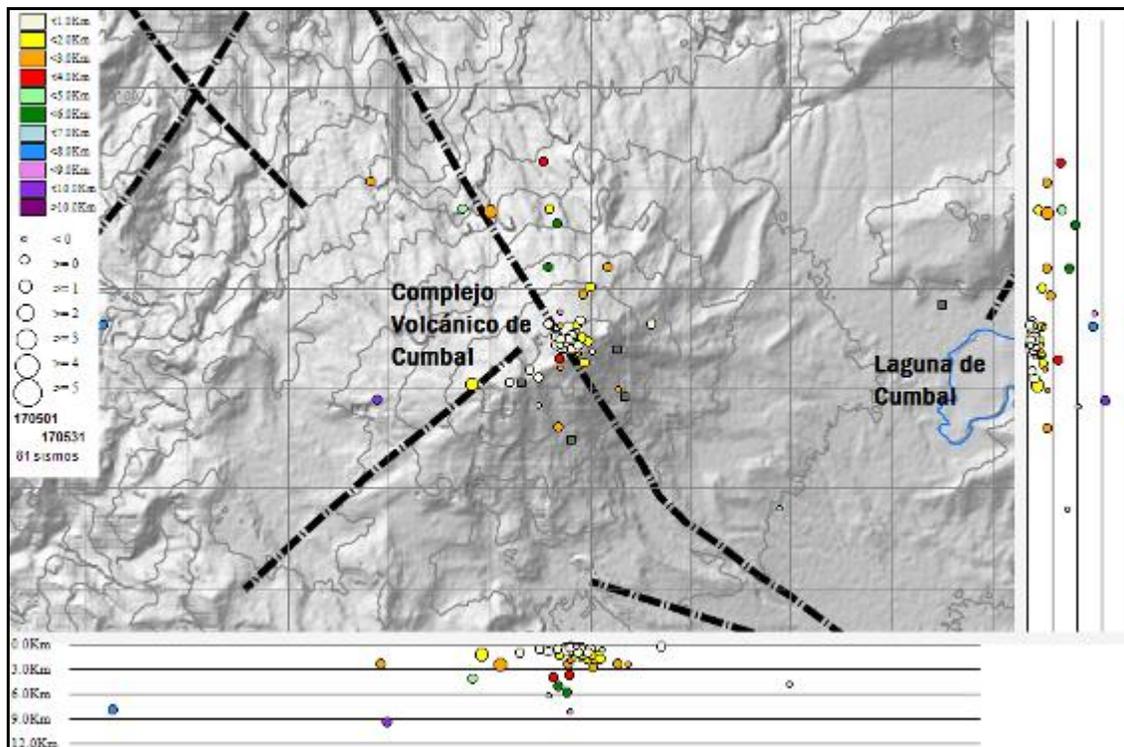


Figura 49. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 31 de mayo de 2017. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 3,0 Km de profundidad respecto a la cima volcánica (4760 m).

2.3 DEFORMACIÓN

Las componentes de los inclinómetros La Mesa, Limones, Punta vieja y Nieves, muestran tendencias estables, con variaciones que probablemente están asociadas con la temperatura ambiente (Figuras 50, 51, 52 y 53).

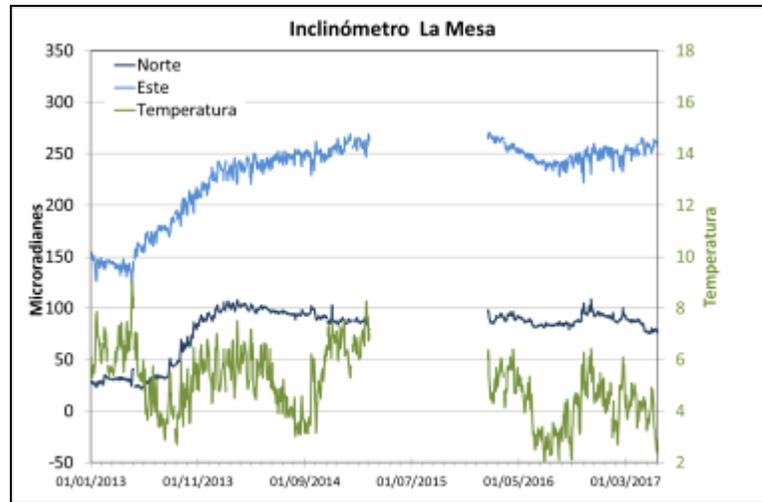


Figura 50. Componentes de inclinación Norte, Este y temperatura del inclinómetro electrónico La Mesa, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de mayo de 2017.

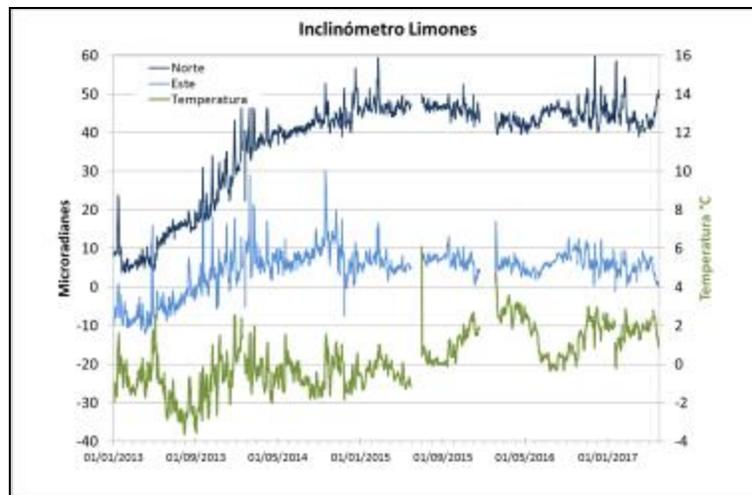


Figura 51. Componentes de inclinación Norte, Este y temperatura del inclinómetro electrónico Limones, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de mayo de 2017.

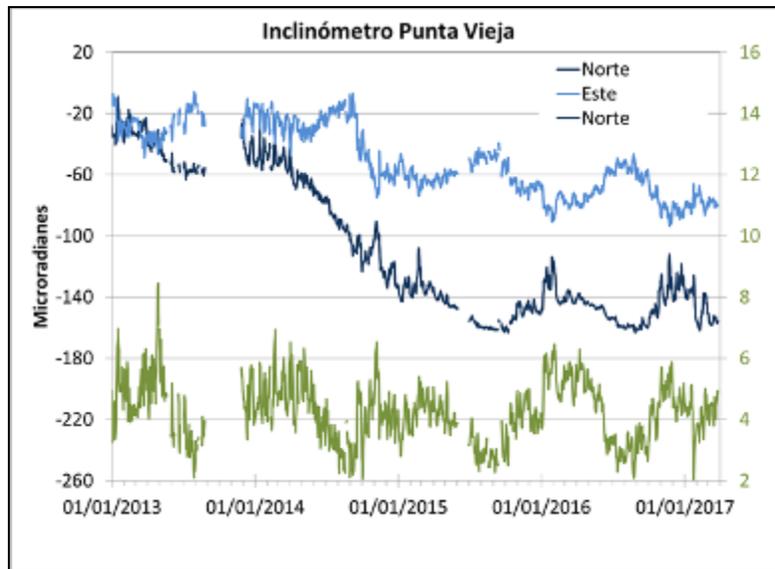


Figura 52. Componentes de inclinación Norte, Este y temperatura del inclinómetro electrónico Punta Vieja, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de mayo de 2017.

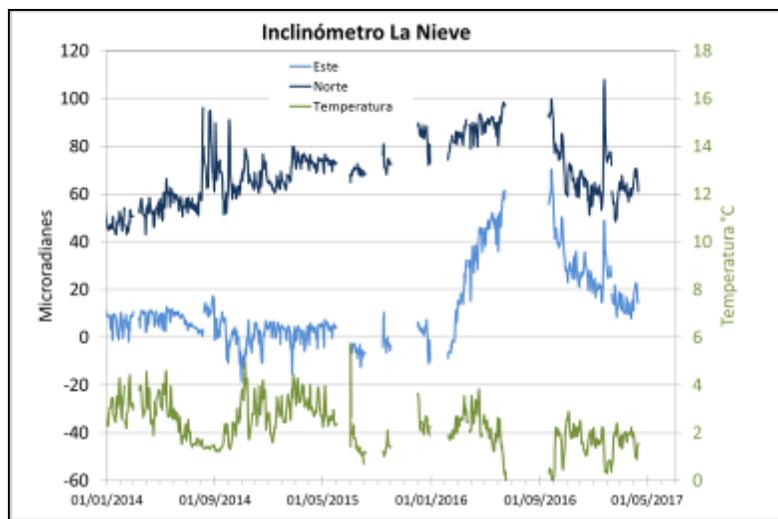


Figura 53. Componentes de inclinación Norte, Este y temperatura del inclinómetro electrónico La Nieve, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de mayo de 2017.

2.4 GEOQUÍMICA

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

2.5 ACTIVIDAD SUPERFICIAL

Condiciones de clima favorables durante la mayor parte del mes de mayo excepto los días 23, 24, 25, 26, 27, 28 y 29 permitieron a través de imágenes capturadas por las cámaras instaladas en el Municipio de Cumbal y el sector de Punta Vieja, observar emisiones de gases de color blanco de baja altura, provenientes principalmente desde los campos fumarólicos El Verde (sector noreste) y Rastrojo (sector suroccidente) (Figuras 54 a 59).



Figura 54. Imagen de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal (sector El Verde), el 9 de mayo de 2017 a las 2:05 p.m., capturadas desde la cámara ubicada en la estación Punta Vieja.



Figura 55. Imagen de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal (sector El Verde), el 10 de mayo de 2017 a las 8:09 a.m. (Izquierda) y a las 12:38 p.m. (Derecha).



Figura 56. Imágen de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal (sector El Verde), el 12 de mayo de 2017 a las 5:43 a.m. (Izquierda) y el 13 de mayo a las 11:45 a.m. (Derecha).



Figura 57. Imágen de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal (sector El Verde), el 14 de mayo de 2017 a las 7:05 a.m., capturadas desde la cámara ubicada en la estación Punta Vieja



Figura 58. Imagen de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal (sector El Verde), el 14 de mayo de 2017 a las 6:05 a.m., capturada desde la cámara ubicada en el casco urbano de Cumbal.



Figura 59. Imágenes de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal presentada el 17 y 18 de Mayo de 2017, capturadas desde la cámara ubicada en el municipio de Cumbal.

2.6 CONCLUSIONES

- En mayo, en el Complejo Volcánico de Cumbal (CVC) se registró un incremento en la ocurrencia sísmica con niveles bajos de energía, localizada principalmente en inmediaciones de los dos conos activos del complejo, el cráter La Plazuela al nororiente y el cráter de Mundo Nuevo al suroccidente, en profundidades menores de 4 km. El sismo de mayor magnitud alcanzó una ML de 1.7 en la escala de Richter. Los sismos de tipo TOR no evidencian presurización dentro del sistema.
- La evaluación del proceso volcánico durante el mes de mayo de 2017 permitió mantener para la actividad del volcán Cumbal, en **NIVEL AMARILLO** ■ (III): **“Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.

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

3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

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

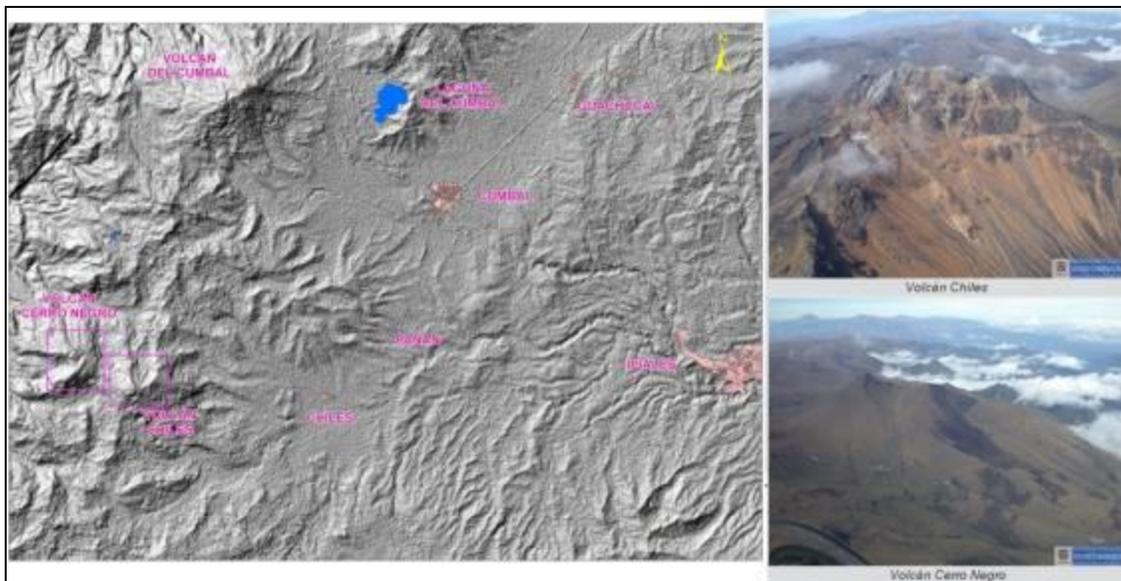


Figura 60. Localización de los volcanes Chiles y Cerro Negro (izquierda) e imágenes de los mismos (derecha).

3.2 RED DE VIGILANCIA

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

estación Termal (Sismómetro y Termocupla en fuente termal), ubicada en el sector de Baño Grande. Además se cuenta con una red de muestreo de aguas en fuentes termales y fuentes frías (Figura 61, Tablas 14 y 15).

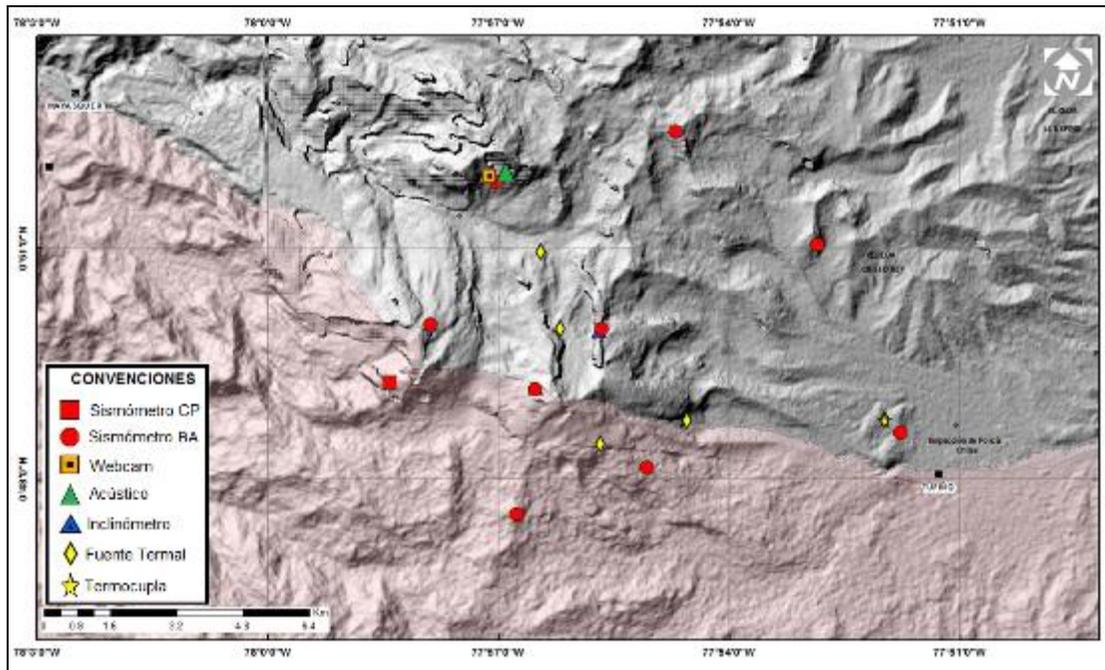


Figura 61. Estaciones telemétrica y no telemétricas que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro en el mes de mayo de 2017.

Tabla 14. Estaciones que conforman la red de vigilancia de la actividad de los volcanes Chiles y Cerro Negro.

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

Servicio Geológico Colombiano

En el periodo evaluado, las estaciones de la red instalada para el monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro tuvo un funcionamiento promedio del 89,8 % (Figura 62).

Tabla 15. Ubicación geográfica (WGS84) de las fuentes termales y frías del área de influencia del volcán Chiles.

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

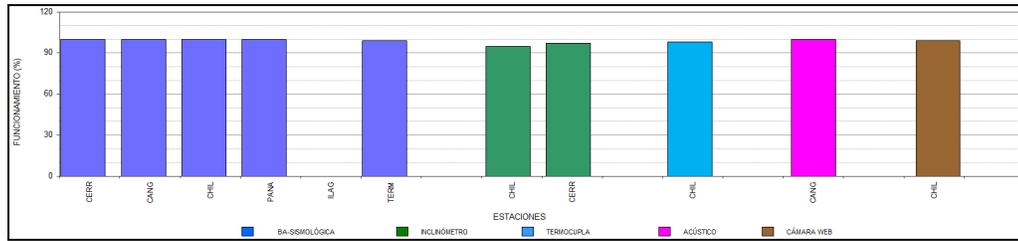


Figura 62. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro en mayo de 2017.

3.3. SISMOLOGÍA

La ocurrencia sísmica en los volcanes Chiles y Cerro Negro mostró una disminución del 50% con respecto al mes anterior, pasando de 931 a 467 eventos. Continúa el predominio de la sismicidad asociada con fractura de roca al interior del volcán (VT) con 450 eventos que representan el 96% del total, 8 eventos fueron renombrados como LP, representando el 3% y 3 eventos fueron renombrados como HYB, representando el 1% del total (Tabla 16, Figura 63). La sismicidad de tipo VT disminuyó su número en un 51%. El pico de ocurrencia sísmica se registró el día 21 de mayo con 86 sismos VT de baja energía, con magnitud local máxima de 1.5 en la escala abierta de Richter. La energía sísmica de los eventos localizados en mayo alcanzó un valor de 3.92×10^{15} ergios.

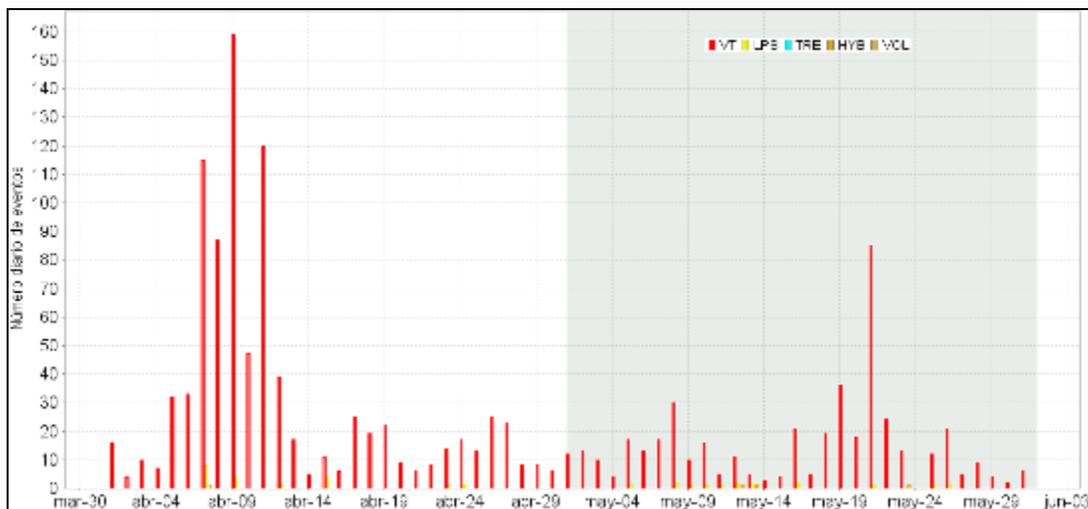


Figura 63. Ocurrencia diaria de sismos volcánicos por tipo durante abril y mayo de 2017 en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro, el recuadro gris resalta el periodo evaluado en este informe.

Tabla 16. Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en abril y mayo de 2017 en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					
	VT	LPS	TRE	HYB	VOL	TOTAL
Abril de 2017	911	19	0	1	0	931
Mayo de 2017	450	14	0	3	0	467

Se localizaron 113 eventos VT la mayoría de los cuales se ubicaron dispersos hacia el sector suroriental de la zona de influencia del volcán Chiles en territorio ecuatoriano en distancias entre cero y 16 km, con profundidades entre 1.5 y 13 km con respecto a la cima de Chiles (4700 m) y con magnitud local máxima de 1.5 en la escala abierta de Richter (Figura 64). La magnitud local de la mayoría de los sismos es pequeña, pues son eventos de baja energía, se destacan 4 sismos con magnitud local de 1.5 en la escala de Richter, en la tabla 17 se consignan sus características de localización.

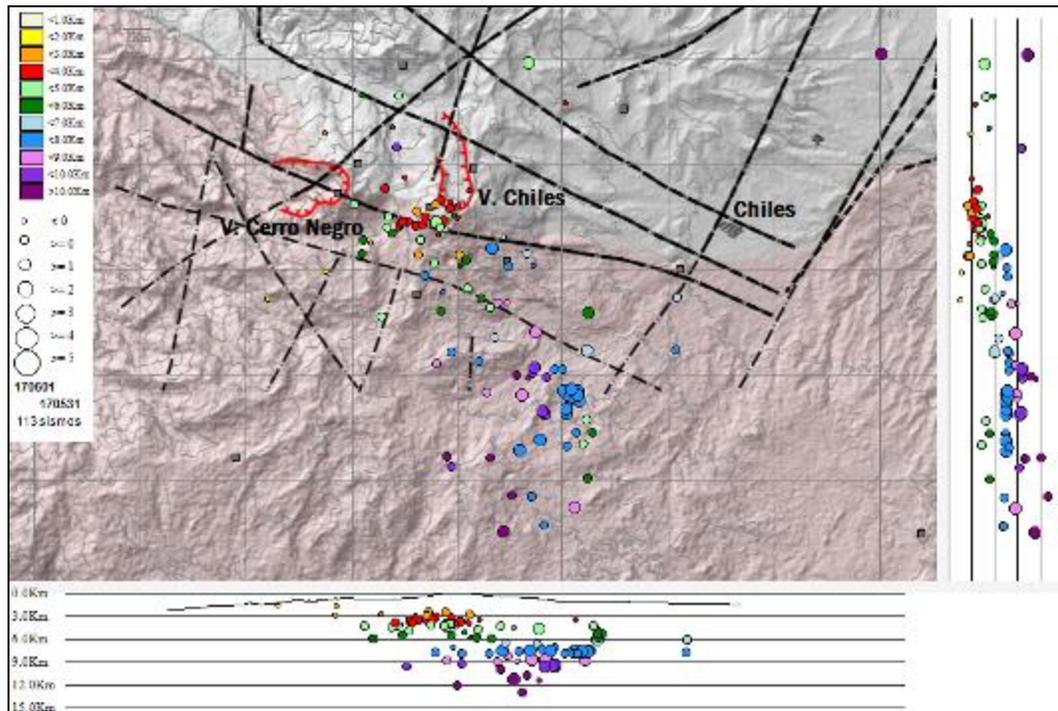


Figura 64. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 31 de mayo de 2017. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 3,0 Km de profundidad respecto a la cima volcánica (4760 m)

Tabla 17. Sismos con magnitud local mayor o igual a 1.5 grados en la escala de Richter registrados en Chiles - Cerro Negro en mayo de 2017

Fecha	Hora local	Latitud	Longitud	Prof. km	ML
19/05/2017	23:51	0-45.33	77-53.92	7.6	1.5
21/05/2017	10:14	0-45.29	77-54.40	9.5	1.5
23/05/2017	13:36	0-44.57	77-54.82	7.6	1.5
28/05/2017	22:14	0-52.08	77-47.97	10.4	1.5

3.4. DEFORMACIÓN

Las componentes del inclinómetro Chiles para el último año mostraron estabilidad, con cambios asociados a la temperatura ambiente (Figura 65). De los dos inclinómetros instalados en Cerro Negro, solamente uno de ellos está en funcionamiento, el inclinómetro Cerro Negro el cual muestran comportamiento similar al reportado en el anterior mes, con una tendencia ascendente en la componente Este, hasta diciembre de 2016, posteriormente cambió su tendencia acumulando hasta la fecha cerca de 100 μ rad, por su parte la componente Norte, acumula para el mismo periodo una tendencia descendente, acumulando cerca de 100 μ rad (Figura 66).

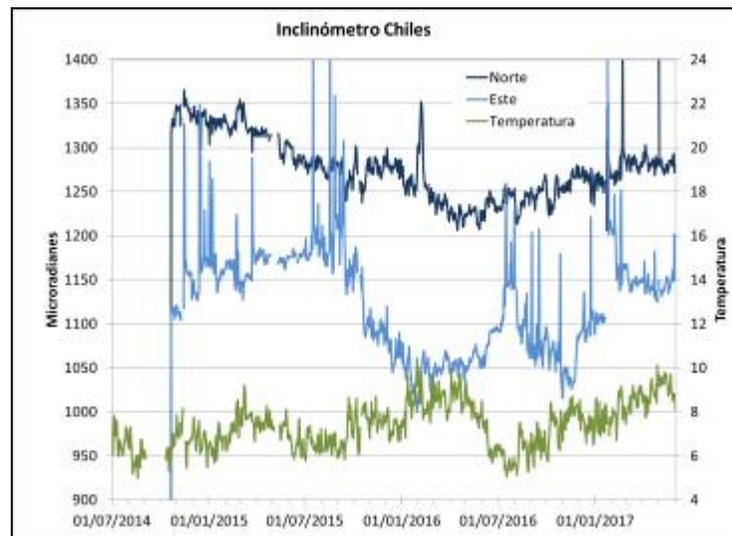


Figura 65. Componentes de inclinación Norte y Este, registro de temperatura del inclinómetro electrónico Chiles, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de julio de 2014 y el 31 de mayo de 2017.

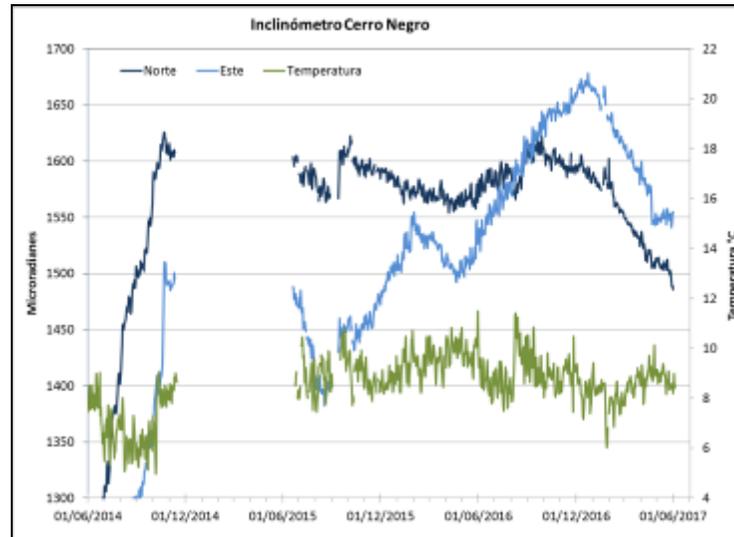


Figura 66. Componentes de inclinación Norte y Este, registro de temperatura del inclinómetro electrónico Cerro Negro, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2016 y el 31 de mayo de 2017.

3.5 GEOQUÍMICA

En el mes de mayo no se realizaron muestreos en fuentes termales en los volcanes Chiles Y cerro Negro.

3.6 ACTIVIDAD SUPERFICIAL

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

3.7 CONCLUSIONES

- En mayo la sismicidad en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro de Mayasquer mostró disminución en su ocurrencia. Se destaca que la máxima ML registrada fue de 1.5 en la escala abierta de Richter.
- La sismicidad registrada desde finales de 2013 a la fecha se asocia a una posible intrusión magmática en profundidad, que hasta el momento no ha mostrado manifestaciones en superficie. A pesar de la notable disminución en la ocurrencia y energía de los sismos y la estabilidad de los otros parámetros medidos, los volcanes Chiles y Cerro Negro aún no han retornado a un estado de equilibrio; por lo tanto,

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

persiste la probabilidad de que se registren sismos con magnitudes importantes que podrían ser sentidos por los habitantes de su zona de influencia.

La evaluación de la actividad de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante mayo de 2017 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 – MAYO DE 2017

Como parte de la misión institucional, el Servicio Geológico Colombiano a través del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto (OVSP), tiene como función el estudio de los volcanes activos de Nariño. Para el cumplimiento de esta tarea el OVSP continuó con el monitoreo permanente de los volcanes Las Ánimas, Doña Juana y Azufral (Figura 67).

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

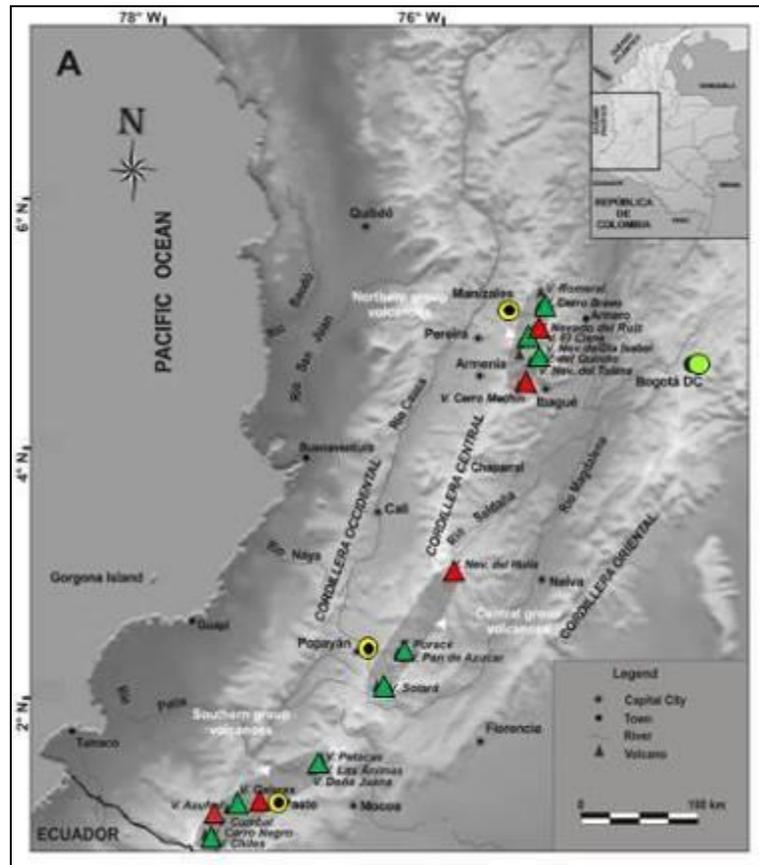


Figura 67. Localización de algunos volcanes del sur de Colombia, entre ellos están Galeras, Doña Juana, Azufral, Cumbal, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro monitoreados por el OVSP - Servicio Geológico Colombiano.

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

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

4.1 ACTIVIDAD DEL VOLCÁN LAS ÁNIMAS

4.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El volcán Las Ánimas, que alcanza una altura de 4300 msnm, se encuentra situado al suroccidente de Colombia en el departamento de Nariño en límites con el departamento del Cauca, más exactamente emplazado en el Macizo Colombiano a unos 11 Km al noreste del volcán Doña Juana y a 12 Km al suroeste del volcán Petacas. En su zona de influencia se ubican los municipios La Cruz, San Pablo, Las Mesas, La Unión, Colón, San Bernardo del Departamento de Nariño y Florencia, Bolívar y Santa Rosa en el Departamento del Cauca (Figura 68).

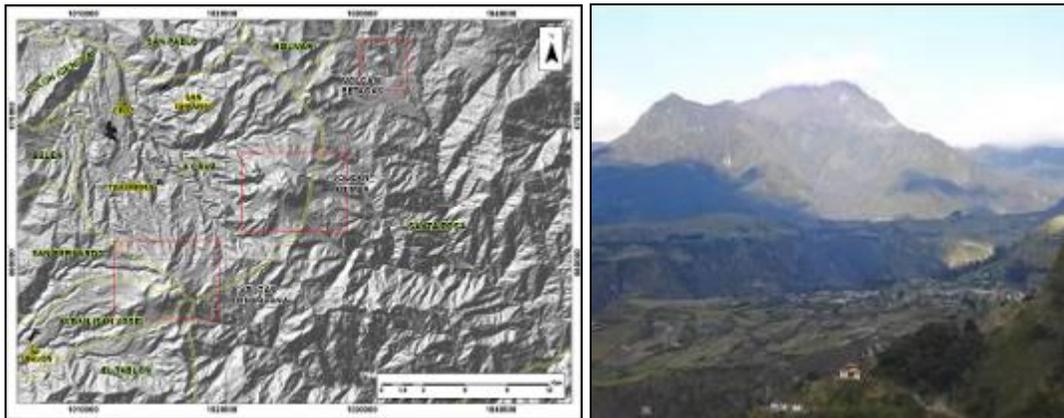


Figura 68. Localización del volcán Las Ánimas (izquierda) e imagen del costado occidental del volcán (derecha).

4.1.2 Red de vigilancia

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

multiparámetro Altamira (sísmica y de deformación), se encuentra ubicada en los límites de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas.

En la Figura 69 se muestra la disposición de las estaciones para monitoreo de la actividad sísmica y de deformación cortical del volcán Las Ánimas. En la Tabla 18 se consignan sus características.

En el periodo evaluado, las estaciones de la red instalada para el monitoreo del volcán Las Ánimas tuvo un funcionamiento del 98 % (Figura 70).

Tabla 18. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Las Ánimas en mayo de 2017

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

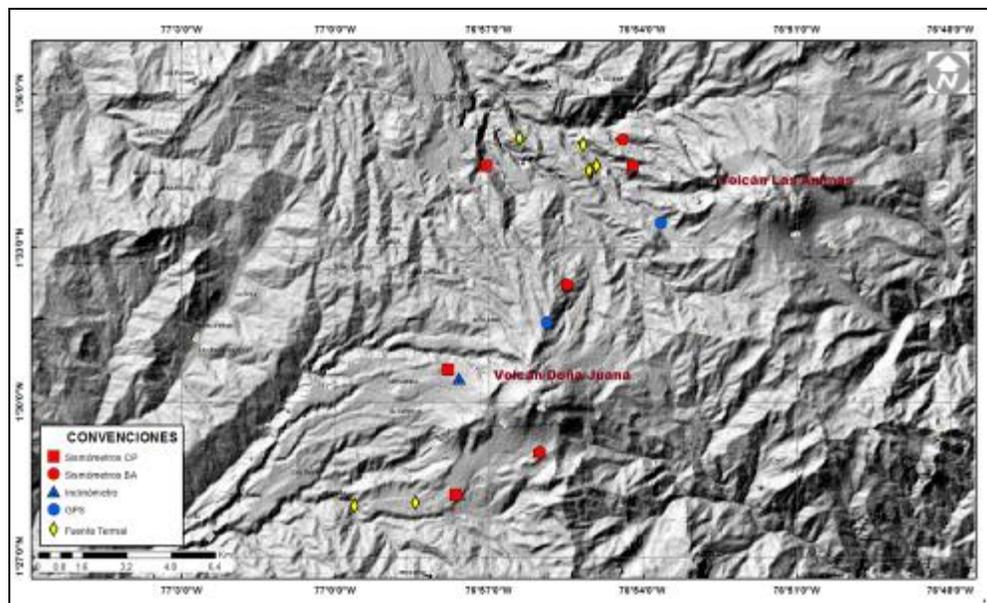


Figura 69. Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante el mes de mayo de 2017. Adicionalmente se cuenta con una red de muestreo de aguas en fuentes termales y fuentes frías, resaltadas con rombos.

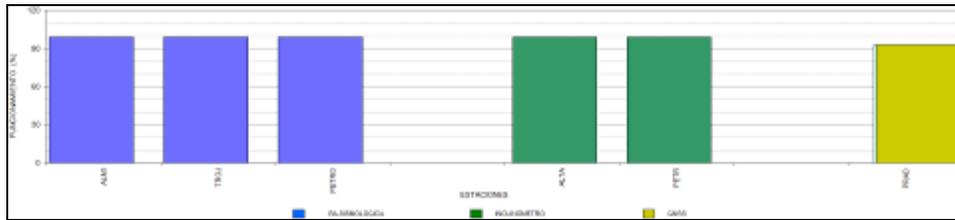


Figura 70. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas en mayo de 2017.

4.1.3 Sismología

Para el periodo evaluado en el volcán Las Ánimas se tuvo registro de tres sismos asociados a fracturamiento de material cortical (VT), los cuales se localizaron al suroccidente y al noroccidente del edificio volcánico de Las Ánimas con profundidades entre los 4 y 11 km respecto a su cima (4300 m) y a distancias entre los 3,5 y 5,5 de éste volcán. Las magnitudes locales fueron menores a 0,9 en la escala de Richter (Figura 71). Se registraron 2 eventos tipo VOL (señales que por sus bajos niveles energéticos no son fáciles de catalogar dentro de alguno de los tipos de sismicidad establecidos).

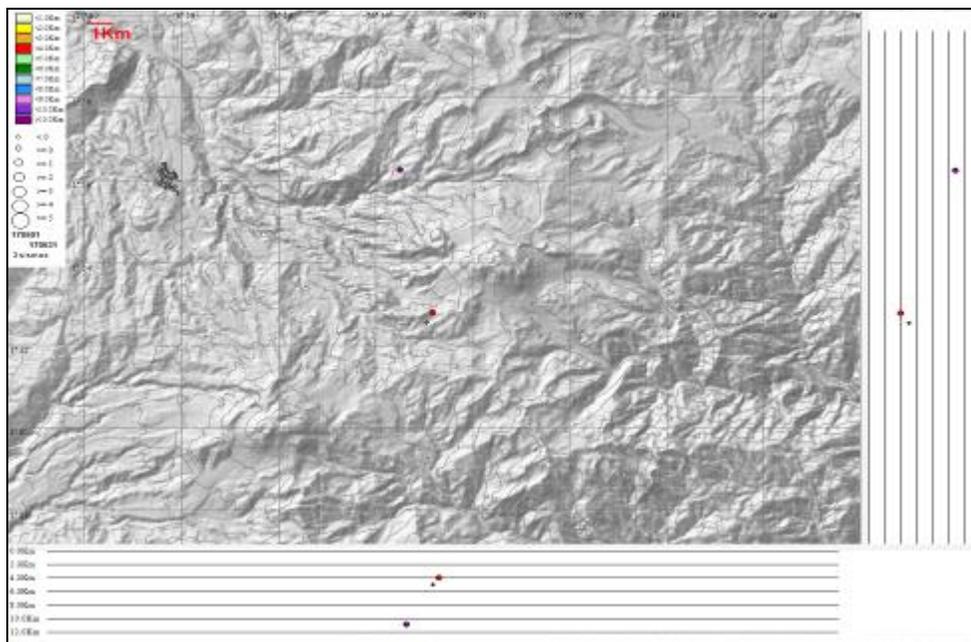


Figura 71. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Las Ánimas, en el mes de mayo de 2017, con sus respectivos cortes N-S

(derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.

4.1.4 Deformación

4.1.4.1. Inclínometría Electrónica

El inclinómetro Altamira, a partir del 2016, mostró una tendencia ascendente en su componente Este y Norte (Figura 72). El inclinómetro Petroglifo, muestra cambios que pueden estar asociados más a problemas en el sensor, por tanto es necesario realizar mantenimiento al mismo.



Figura 72. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro electrónico Altamira, instalado en el límite entre los volcanes Doña Juana y Las Ánimas, para el periodo comprendido entre enero de 2014 y mayo de 2017.

4.1.4.2. Estaciones GNSS Permanentes

Para el análisis de los GNSS, igual que para la red de Galeras, se contempló un procesamiento absoluto, el cual se está realizando a través del Sistema de Referencia Espacial Canadiense (CSRS). Los datos en formato RINEX, son enviados por separado para cada día y cada estación y posteriormente el resultado es almacenado en hojas de cálculo. El CSRS, utiliza las efemérides finales, correcciones que se deben hacer al dato de posición, por lo cual el proceso se presenta con 15 días de retraso. En la Figura 73,

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

se indica el comportamiento de las direcciones del GNSS Pradera, instalado en el volcán Las Ánimas. En general se observa un comportamiento estable en el desplazamiento indicado por las direcciones Este, Norte y Altura.

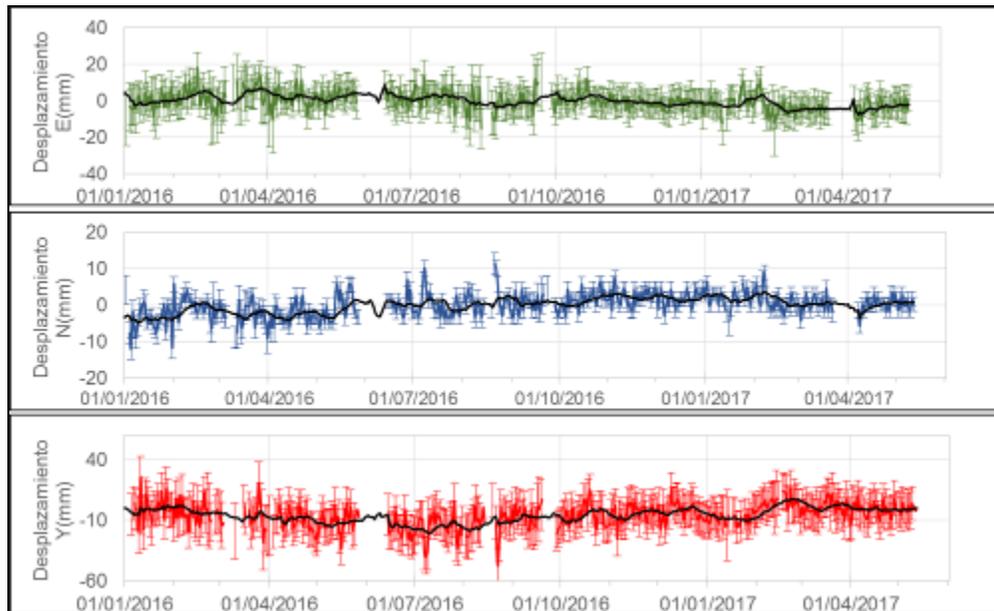


Figura 73. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS Pradera instalada sobre la superficie del volcán Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2016 y el 15 de mayo de 2017.

4.1.5 Geoquímica

Durante el mes de mayo de 2017 no se realizó análisis relacionados con estudios geoquímicos en el volcán Las Ánimas

4.1.6 Actividad Superficial

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

4.1.7 Conclusiones

En mayo se mantuvieron los niveles bajos de ocurrencia y energía sísmica. La sismicidad registrada en el volcán Las Ánimas corresponde a eventos asociados con fractura de material cortical (VT) de baja magnitud local.

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

4.2 ACTIVIDAD DEL VOLCÁN DOÑA JUANA

4.2.1 Red de Vigilancia

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

- Tres estaciones sísmicas telemétricas triaxiales: dos de Corto Periodo y una de Banda Ancha (Figura 74, Tabla 19).
- La red de deformación del volcán Doña Juana cuenta con tres inclinómetros electrónicos telemétricos (Figura 74, Tabla 19).
- Una estación GNSS permanente La Palma, instalada hacia el sector nororiente del volcán Doña Juana (Figura 74, Tabla 19).

Adicionalmente se cuenta con la señal digital de la estación La Cruz que pertenece a la Red Sismológica Nacional de Colombia, RSNC (Figura 74, Tabla 19).

En el periodo evaluado, las estaciones de la red instalada para el monitoreo del volcán Doña Juana tuvo un funcionamiento promedio del 81,7% (Figura 75).

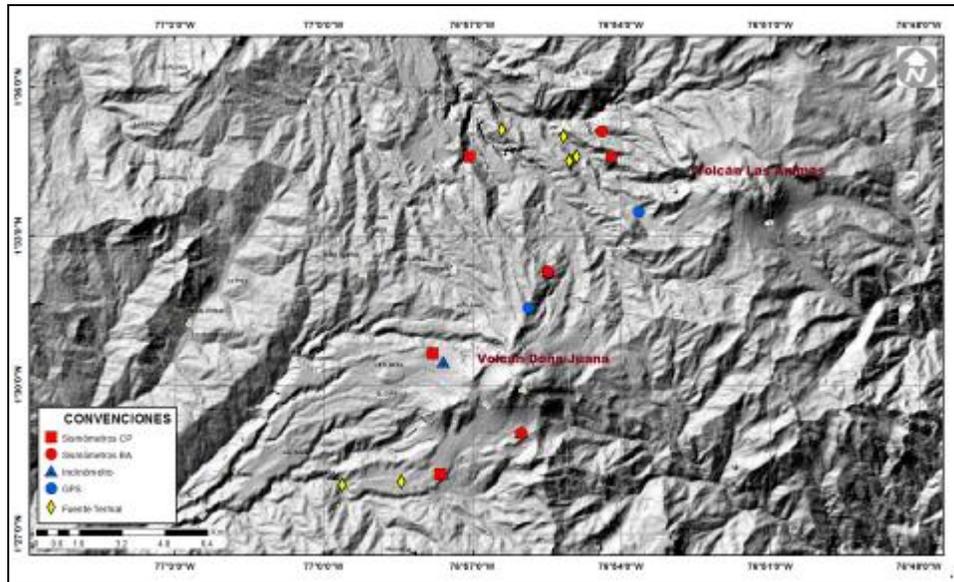


Figura 74. Localización de las estaciones que conforman la red de monitoreo de los volcanes Doña Juana y Las Animas.

Tabla 19. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Doña Juana en mayo de 2017.

Estación	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia al centro del volcán (Km)	Dirección respecto al volcán	Altitud (msnm)
Páramo	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	2,1	SE	3533
I. Páramo	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	2,1	SE	3533
Florida	Digital	Sismómetro Corto Periodo	Triaxial	2,3	W	3140
I. Florida	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	2,3	W	3140
Lavas	Analógica	Sismómetro Corto Periodo	Triaxial	4,1	SW	3145
I. Lavas	Analógica	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	4,1	SW	3145
La Cruz	Digital	Sismómetro Corto Periodo	Uniaxial	7,5	NNW	2761
La Palma	Digital	GNSS	Triaxial	2,7	NNW	3478

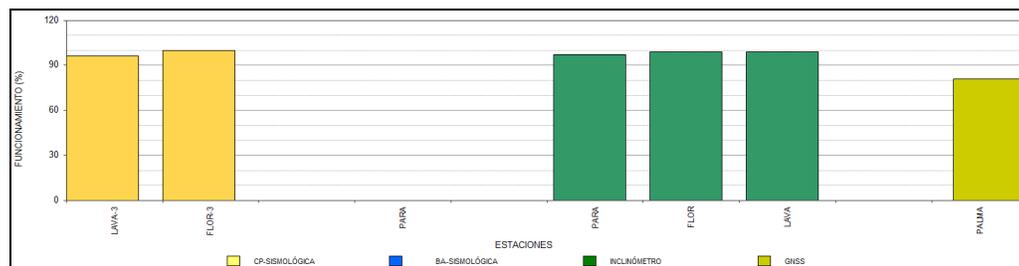


Figura 75. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Doña Juana durante mayo de 2017.

4.2.2 Sismología

Para el periodo evaluado en el volcán Doña Juana se registraron dos sismos asociados a fracturamiento de material cortical (VT), los cuales fueron de bajo nivel energético y no fue posible localizarlos. Además se registró de 1 evento tipo VOL (señales que por sus bajos niveles energéticos no son fáciles de catalogar dentro de alguno de los tipos de sismicidad establecidos).

4.2.3 Deformación

4.2.3.1. Inclínometría Electrónica

El inclinómetro Lavas, entre enero de 2015 y hasta abril de 2017, mostró una tendencia ascendente, acumulando en la componente Norte y Este cerca de 130 y 100 μrad , respectivamente, una vez se niveló el equipo a principios de marzo, la tendencia de las dos componentes tienden a estabilizarse (Figuras 76). Los inclinómetros Florida y Páramo, presentan interferencias en sus componentes.

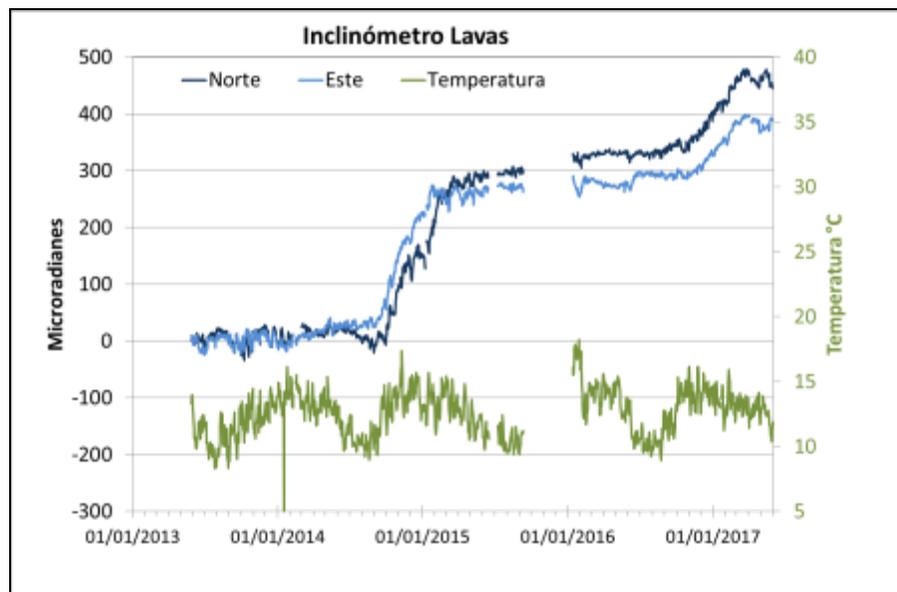


Figura 76. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Lavas, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de mayo de 2017.

4.2.3.2. Estaciones GNSS Permanentes

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

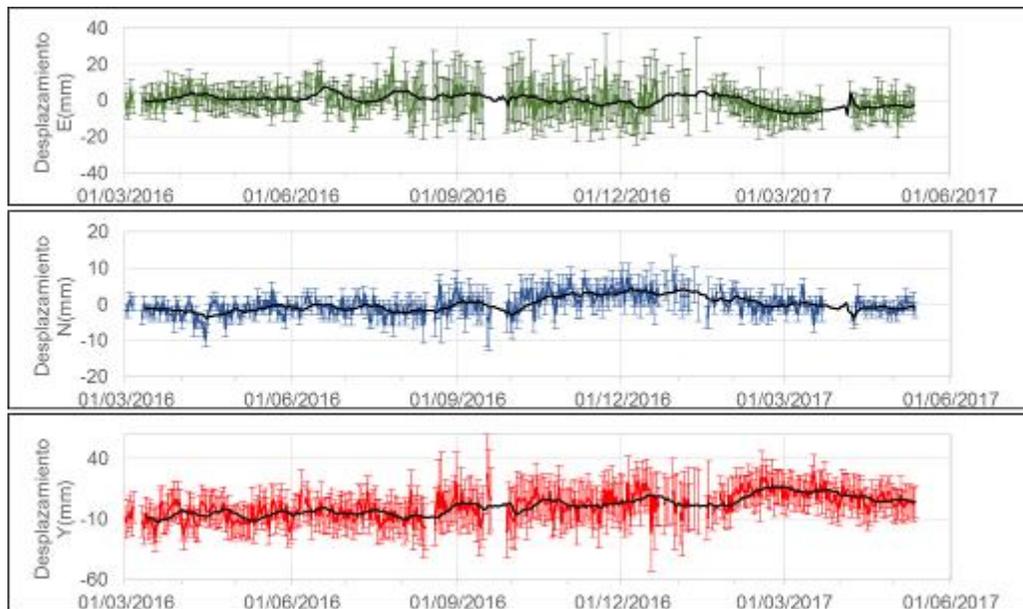


Figura 77. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS La Palma instalada sobre la superficie del volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de marzo de 2016 y el 15 de mayo de 2017.

4.2.4 Geoquímica

Durante el mes de mayo de 2017 no se realizó análisis relacionados con estudios geoquímicos en el volcán Doña Juana.

4.2.5 Actividad Superficial

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

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

4.2.6 Conclusiones

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

4.3 ACTIVIDAD DEL VOLCÁN AZUFRAL

4.3.1 Red de vigilancia

En la Figura 78 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 20 se consignan sus características. Adicionalmente se cuenta con una estación meteorológica La Roca, que consta de un anemómetro para medida de velocidad y dirección del viento, un sensor de temperatura, un sensor de humedad relativa, un pluviómetro, un sensor de presión atmosférica y uno para medidas de radiación solar. Adicionalmente se instaló un sensor de Temperatura en una de las fumarolas del domo Mallama hacia el nororiente de la Laguna cratérica.

Con el fin de monitorear cambios en la superficie del edificio volcánico de Azufral se tiene instalada una red de Medición Electrónica de Distancia (EDM), compuesta por 4 bases y 12 prismas reflectores. Para el periodo evaluado se cuentan con 3 estaciones GNSS permanentes, La Roca, Lobo y laguna (Figura 79).

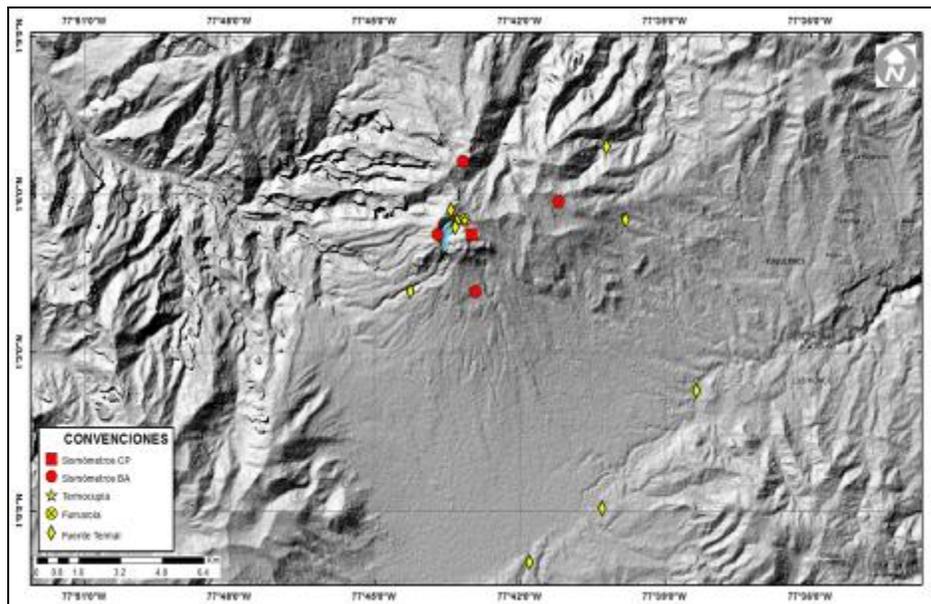


Figura 78. Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo sísmico y geoquímico del volcán Azufral durante el mes de mayo de 2017.

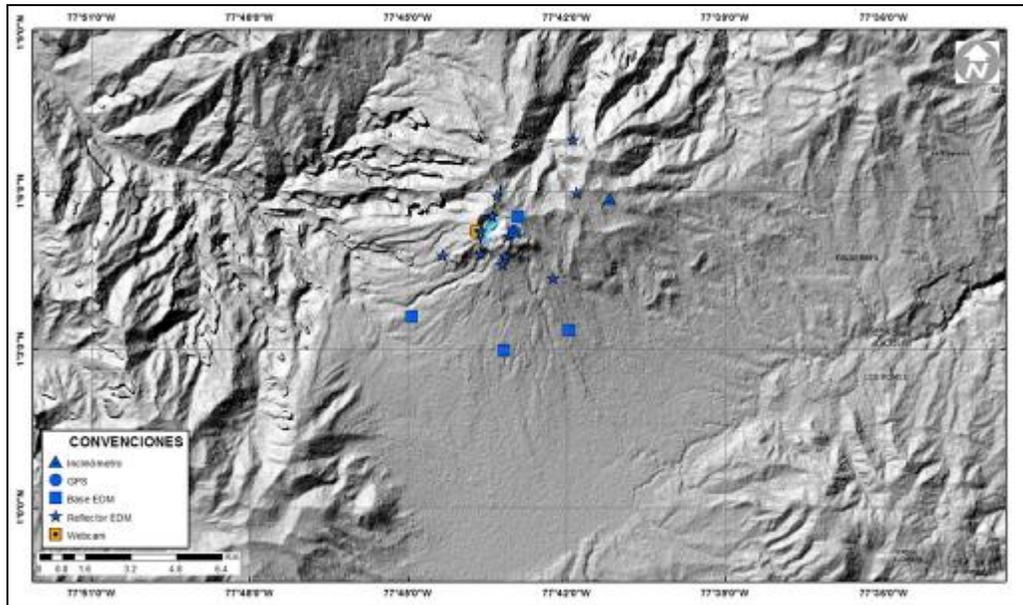


Figura 79. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo en deformación y cámara web del volcán Azufral en el mes de mayo de 2017.

Tabla 20. Estaciones que conformaron la red de vigilancia del volcán Azufral en el mes de mayo de 2017.

Estación	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia a la Laguna (Km)	Ubicación Respecto a la Laguna	Altitud (msnm)
La Roca	Análogica	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 74,9 % para este mes (Figura 80).

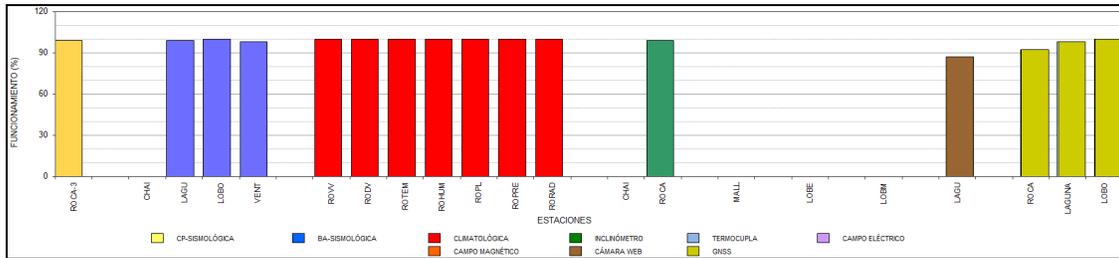


Figura 80. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante mayo de 2017.

4.3.2 Sismología

En mayo la sismicidad de Azufral incrementó su ocurrencia 4 veces con relación a lo registrado en abril, pasando de 4 a 16 eventos. Se registraron 14 sismos asociados con fractura de roca al interior del volcán (VT) y 2 VOL (señales que por sus bajos niveles energéticos no son fáciles de catalogar dentro de alguno de los tipos de sismicidad establecidos) (Tabla 21). Fue posible localizar 13 VT que se ubicaron dispersos hacia el norte de la zona de influencia volcánica, a distancias entre 0.4 y 13 km, profundidades entre 1.6 y 10 km con respecto a la cima (4070 m) y magnitud local máxima de 2.5 en la escala abierta de Richter. El mayor sismo de mayo se registró el día 6 a las 7:12 p.m. hora local, fue ubicado a 0.4 km al norte de la Laguna Verde, con profundidad de 7 km, magnitud local de 2.5 y no se reportó como sentido (Figura 81). La energía de los sismos localizados en mayo alcanzó un valor de 3.22×10^{14} ergios.

Tabla 21. Número de eventos volcánicos por tipo para el volcán Azufral ocurridos entre el 1 de abril y el 31 de mayo de 2017. Se resalta en verde el último mes objeto de evaluación.

Periodo	Número de eventos por tipo					
	VT	LPS	TRE	HIB	VOL	TOTAL
Abril de 2017	4	0	0	0	0	4
Mayo de 2017	14	0	0	0	2	16

La magnitud local de la mayoría de los sismos es pequeña, pues son eventos de baja energía, se destacan 5 sismos con magnitud local igual o superior a 1.5 grados, en la tabla 22 se consignan sus características de localización. Ningún sismo fue reportado como sentido.

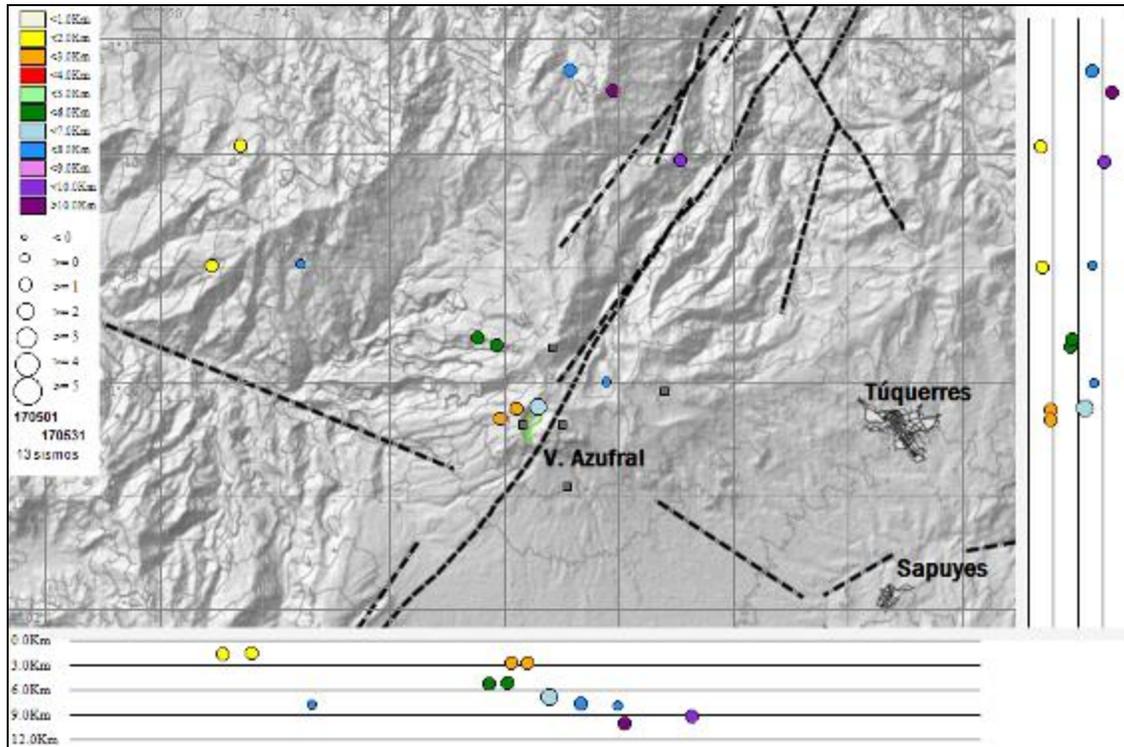


Figura 81. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Azufral, en el mes de mayo de 2017, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2,0 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.

Tabla 22. Sismos con Magnitud local mayor o igual a 1.5 grados en la escala de Richter registrados en el volcán Azufral en mayo de 2017.

Fecha	Hora local	Latitud	Longitud	Prof. km	ML
06/05/2017	19:12	1-05.57	77-43.44	6.9	2.5
08/05/2017	19:37	1-11.47	77-42.88	7.8	1.7
19/05/2017	04:57	1-08.03	77-49.11	1.7	1.6
20/05/2017	03:36	1-10.15	77-48.61	1.6	1.7
26/05/2017	20:28	1-06.78	77-44.48	5.4	1.9

4.3.3 Deformación

4.3.3.1. Inclínometría Electrónica

En el inclinómetro Chaitán, salió de funcionamiento a partir del 3 de abril de 2017. El inclinómetro la Roca durante el 2016, presentó un cambio en la pendiente de la componente Este, mostrando una tendencia descendente, con cerca de 200 μrad , y en la componente Norte un cambio menor de unos 25 μrad , indicando una deflación hacia la zona de la Laguna Verde del Azufral, lo cual puede estar asociado con la disminución del nivel del agua de la laguna, durante este año, la tendencia de las componentes tienden a estabilizarse (figura 82).

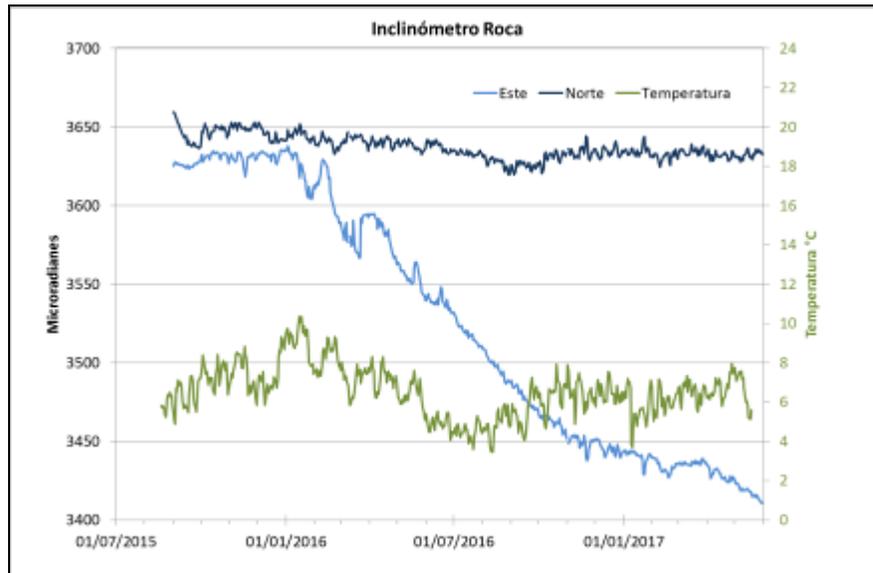


Figura 82. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro La Roca, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de julio de 2015 y el 31 de mayo de 2017.

4.3.3.2. Estaciones GNSS Permanentes

En el volcán Azufral, se cuenta con tres GNSS, La Roca, Laguna y Lobo. Para el análisis se contempló un procesamiento absoluto, el cual se está realizando a través del Sistema de Referencia Espacial Canadiense (CSRS). Los datos en formato RINEX, son enviados por separado para cada día y cada estación y posteriormente el resultado es almacenado en hojas de cálculo. El CSRS, utiliza las efemérides finales, correcciones que se deben hacer al dato de posición, por lo cual el proceso se presenta con 15 días de retraso. En las Figuras 83, 84 y 85, se muestra comportamiento de las direcciones

Norte, Este y altura de los GNSS La Roca, Lobo y Laguna. En general el comportamiento de las componentes muestra estabilidad.

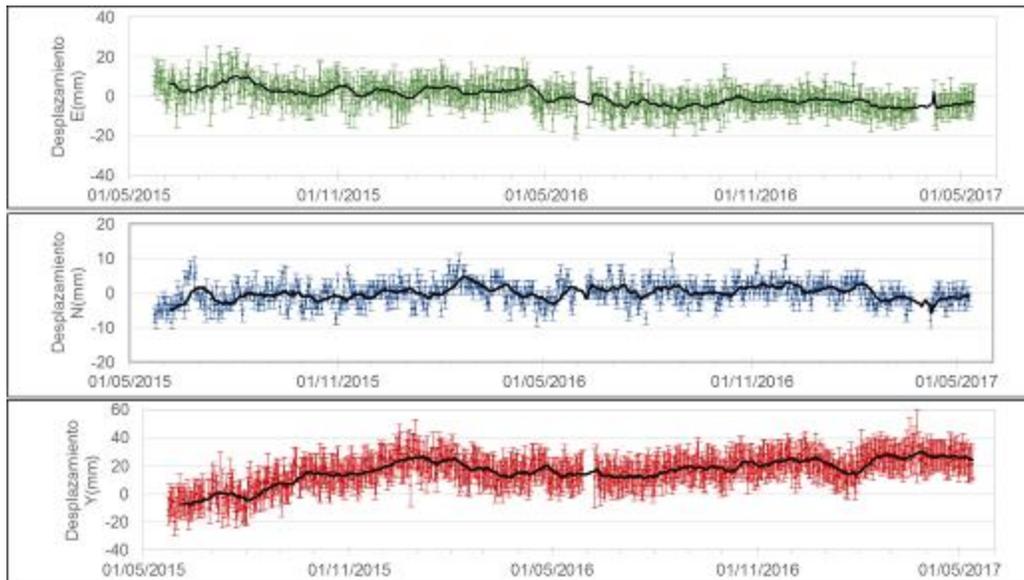


Figura 83. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS Roca instalado en el volcán Azufzal, para el periodo comprendido entre el 1 de julio de 2015 y el 15 de mayo de 2017.

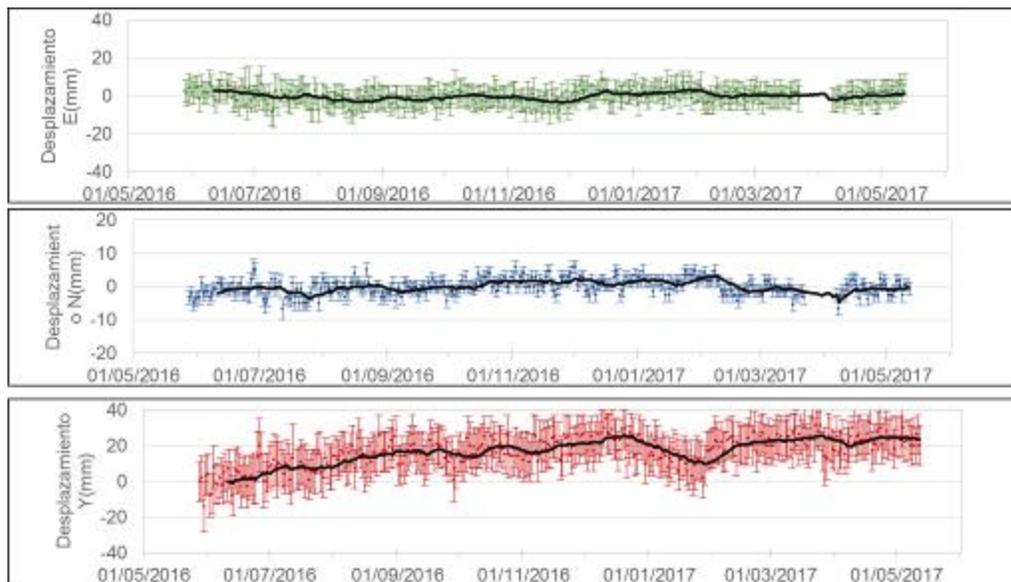


Figura 84. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS Lobo instalado en el volcán Azufzal, para el periodo comprendido entre el 28 de mayo de 2016 y el 15 de mayo de 2017.

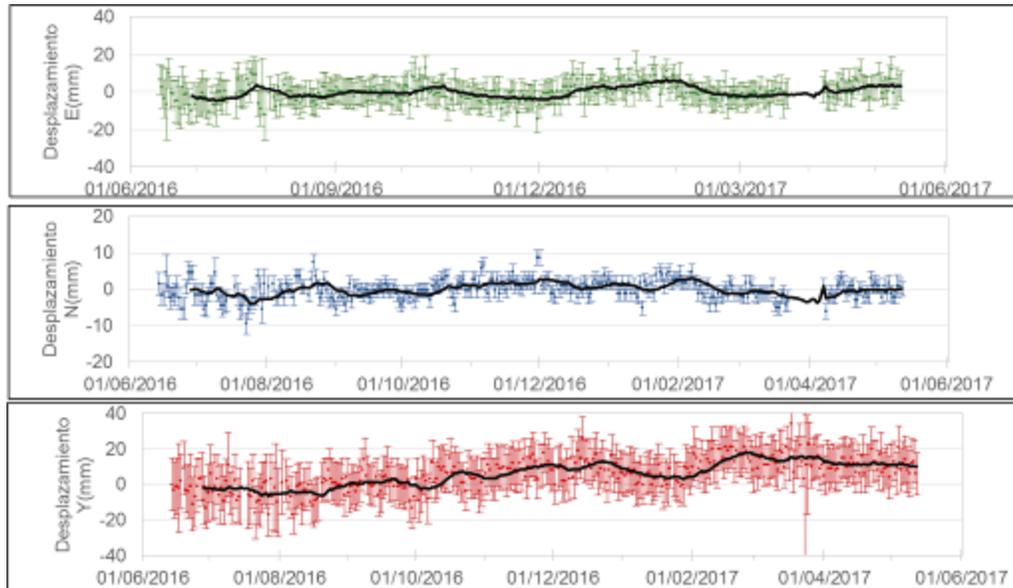


Figura 85. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS Laguna instalado en el volcán Azufra, para el periodo comprendido entre el 14 de junio de 2016 y el 15 de mayo de 2017.

4.3.4 Electromagnetismo

Para el periodo la estación de campo electromagnético Lobo estuvo fuera de funcionamiento debido a tormenta eléctrica registrada el 23 de abril de 2017.

4.3.5 Geoquímica

Durante el mes de mayo de 2017 no se realizó análisis relacionados con estudios geoquímicos en el volcán Azufra.

4.3.6 Actividad Superficial

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

Se sugiere a CORPONARIÑO y Parques Nacionales de Colombia tomar las medidas preventivas que se estimen pertinentes, dada la alta afluencia de turistas y visitantes que suele tener el cráter del Volcán Azufra.

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

En las Figuras 86 a 89 se presentan algunas imágenes relacionadas con procesos de emisión de gases en el volcán Azufral.



Figura 86. Imágenes de la emisión de gases del domo Mallama –Volcán Azufral, registradas el 12 de mayo de 2017 a las 6:05 a.m. (izquierda) y 13 de mayo de 2017 a las 7:09 a.m. (derecha), capturadas desde la cámara web ubicada al suroccidente del volcán.



Figura 87. Imágenes de la emisión de gases del domo Mallama –Volcán Azufral, registradas el 16 de mayo de 2017 a las 5:54 a.m. (izquierda) y 17 de mayo de 2017 a las 10:09 a.m. (derecha), capturadas desde la cámara web ubicada al suroccidente del volcán.



Figura 88. Imágen que señala coloración blanca desde la fuente termal LV N°1 por posible remoción de material arenoso desde el fondo de la Laguna Verde en la zona-volcán Azufral, registrada el 19 de mayo de 2017 a las 9:54 a.m. capturada desde la cámara Web ubicada al suroccidente del volcán.

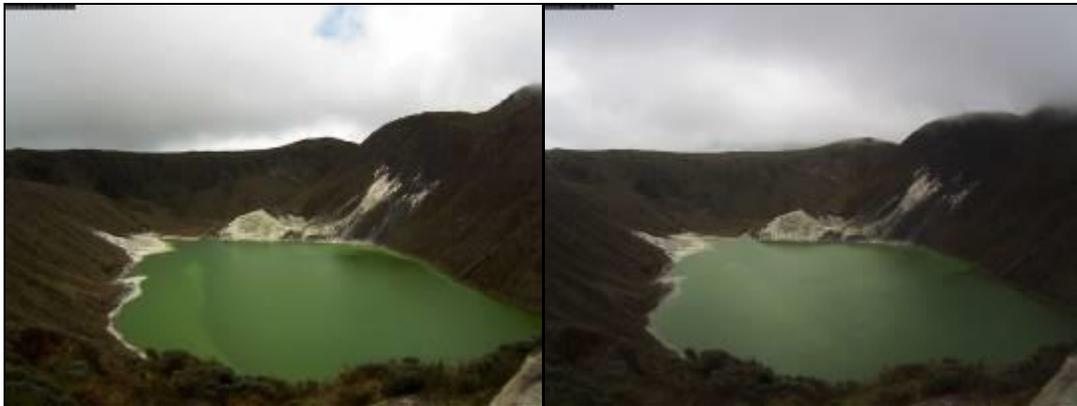


Figura 89. Imágenes de la emisión de gases del domo Mallama –Volcán Azufral, registradas el 23 de mayo de 2017 a las 2:29 p.m. (Izquierda) y 27 de mayo de 2017 a las 2:29 a.m.(derecha), capturadas desde la cámara web ubicada al suroccidente del volcán.

4.3.7 Conclusiones

- En mayo la sismicidad registrada en la zona de influencia del volcán Azufral incrementó su ocurrencia, manteniendo niveles bajos en número y energía. La sismicidad corresponde a eventos asociados con fractura de material cortical (VT). Se destaca el registro de un evento VT con ML de 2.5 en la escala abierta de Richter, que no fue reportado como sentido.
- La evaluación de la actividad volcánica de Azufral durante mayo de 2017 permitió establecer el **NIVEL VERDE ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”**.

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

2.6 BIBLIOGRAFÍA

Servicio Geológico Colombiano – SGC. 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 OVSP. Meses de abril y mayo de 2017. Varios autores. Informes inéditos. Pasto. 2017.

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