

SERVICIO
GEOLÓGICO
COLOMBIANO



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

San Juan de Pasto, agosto de 2017





Dirección de
Geoamenazas

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

Por:

GRUPO DE TRABAJO OBSERVATORIO PASTO

San Juan de Pasto, agosto de 2017

CONTENIDO

Pág.

RESUMEN	12
INTRODUCCIÓN	15
1. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN GALERAS – JULIO DE 2017	16
1.1 RED DE VIGILANCIA	16
1.2 SISMOLOGÍA	21
1.3 DEFORMACIÓN.....	26
1.3.1 INCLINOMETRÍA ELECTRÓNICA.....	26
1.3.2. ESTACIONES GNSS PERMANENTES.....	30
1.3.3. MEDICIÓN ELECTRÓNICA DE DISTANCIAS - EDM.....	36
1.4 ELECTROMAGNETISMO	36
1.5 GEOQUÍMICA	40
1.5.1 MUESTREO DE GASES DE ORIGEN VOLCÁNICO EN VOLCÁN GALERAS	40
1.5.1.1 EMISIÓN DEL FLUJO DE DIÓXIDO DE AZUFRE (SO ₂) A LA ATMÓSFERA - ESTACIONES SCANDOAS	40
1.6 Actividad superficial	42
1.7 CONCLUSIONES	45
2 ACTIVIDAD DEL VOLCÁN CUMBAL – julio DE 2017	46
2.1 RED DE VIGILANCIA	46
2.2 SISMOLOGÍA	48
2.3 DEFORMACIÓN.....	52
2.4 GEOQUÍMICA	54
2.4.1 MUESTREO DE AGUAS EN FUENTES TERMALES-VOLCÁN CUMBAL.....	54
2.5 ACTIVIDAD SUPERFICIAL.....	60
2.6 CONCLUSIONES	62
3. ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO JULIO DE 2017	63
3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	63
3.2 RED DE VIGILANCIA	63
3.3. SISMOLOGÍA	66
3.4. DEFORMACIÓN.....	69
3.5 GEOQUÍMICA	71
3.6 ACTIVIDAD SUPERFICIAL.....	71
3.7 CONCLUSIONES	71

4 ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES LAS ÁNIMAS, DOÑA JUANA Y AZUFRAL – JULIO DE 2017	72
4.1 ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES DOÑA JUANA Y LAS ÁNIMAS.....	73
4.1.1 RED DE VIGILANCIA	73
4.1.2 SISMOLOGÍA	74
4.1.3 DEFORMACIÓN.....	76
4.1.3.1. INCLINOMETRÍA ELECTRÓNICA	76
4.1.3.2. ESTACIONES GNSS PERMANENTES.....	78
4.1.4 GEOQUÍMICA	80
4.1.5 ACTIVIDAD SUPERFICIAL.....	80
4.1.6 CONCLUSIONES	80
4.2 ACTIVIDAD DEL VOLCÁN AZUFRAL	81
4.2.1 RED DE VIGILANCIA	81
4.2.2 SISMOLOGÍA	83
4.2.3 DEFORMACIÓN.....	85
4.2.3.1. INCLINOMETRÍA ELECTRÓNICA	85
4.2.3.2. ESTACIONES GNSS PERMANENTES.....	86
4.2.4 ELECTROMAGNETISMO	89
4.2.5 GEOQUÍMICA	89
4.2.5.1 REGISTRO DE TEMPERATURA-ESTACIÓN TÉRMICA TELEMÉTRICA MALLAMA-VOLCÁN AZUFRAL..	89
4.2.6 ACTIVIDAD SUPERFICIAL.....	92
4.2.7 CONCLUSIONES	93
2.6 BIBLIOGRAFÍA.....	94

LISTA DE FIGURAS

Pág.

FIGURA 1. LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES SÍSMICAS Y SENSORES DE INFRASONIDO QUE CONFORMARON LA RED DE VIGILANCIA DE GALERAS EN JULIO DE 2017.	17
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 JULIO DE 2017.	18
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 JULIO DE 2017.	20
FIGURA 4. HISTOGRAMA DEL PORCENTAJE DE FUNCIONAMIENTO DE LAS ESTACIONES QUE CONFORMARON LAS REDES DE MONITOREO DEL VOLCÁN GALERAS EN JULIO DE 2017.	21
FIGURA 5. NÚMERO DIARIO DE EVENTOS VOLCÁNICOS POR TIPO, REGISTRADOS EN GALERAS DURANTE JUNIO Y JULIO DE 2017; EL RECUADRO GRIS INDICA EL PERIODO EVALUADO EN EL PRESENTE INFORME.	22
FIGURA 6. COMPARACIÓN DEL NÚMERO DE SISMOS POR TIPO ENTRE JUNIO Y JULIO DE 2017 Y ESTADÍSTICAS DEL NÚMERO DE SISMOS POR TIPO PARA JULIO DE 2017.	22
FIGURA 7. ENERGÍA DIARIA LIBERADA EN TÉRMINOS DE SU RAÍZ CUADRÁTICA, DE EVENTOS VOLCÁNICOS POR TIPO, REGISTRADOS EN GALERAS DURANTE JUNIO Y JULIO DE 2017; EL RECUADRO GRIS INDICA EL PERIODO EVALUADO EN EL PRESENTE INFORME.	23
FIGURA 8. COMPARACIÓN DE LA ENERGÍA DE LOS SISMOS POR TIPO ENTRE JUNIO Y JULIO DE 2017 Y ESTADÍSTICAS DE LA ENERGÍA SÍSMICA POR TIPO PARA JULIO DE 2017.	24
FIGURA 9. LOCALIZACIÓN EPICENTRAL E HIPOCENTRAL DE SISMOS VT E HYB REGISTRADOS ENTRE EL 1 Y 31 DE JULIO 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).	25
FIGURA 10. COMPONENTES DE INCLINACIÓN RADIAL Y TANGENCIAL (μ RAD) DEL INCLINÓMETRO ELECTRÓNICO CRÁTER, INSTALADO EN GALERAS, PARA EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 1 DE ENERO DE 2014 Y EL 31 DE JULIO DE 2017.	26
FIGURA 11. COMPONENTES DE INCLINACIÓN NORTE Y ESTE (μ RAD) DEL INCLINÓMETRO ELECTRÓNICO CÓNDOR, INSTALADO EN GALERAS, PARA EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 1 DE ENERO DE 2012 Y EL 31 DE JULIO DE 2017.	27
FIGURA 12. COMPONENTES DE INCLINACIÓN RADIAL Y TANGENCIAL (μ RAD) DEL INCLINÓMETRO ELECTRÓNICO PELADITOS, INSTALADO EN GALERAS, PARA EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 1 DE ENERO 2010 Y EL 31 DE JULIO DE 2017.	28
FIGURA 13. COMPONENTES DE INCLINACIÓN NORTE Y ESTE (μ RAD) DEL INCLINÓMETRO ELECTRÓNICO HUAIROTOLA, INSTALADO EN GALERAS, PARA EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 1 DE ENERO DE 2014 Y EL 31 DE JULIO DE 2017.	28
FIGURA 14. COMPONENTES DE INCLINACIÓN NORTE Y ESTE (μ RAD) DEL INCLINÓMETRO ELECTRÓNICO COBANEGRA, INSTALADO EN GALERAS, PARA EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 1 DE ENERO DE 2014 Y EL 31 DE JULIO DE 2017.	29
FIGURA 15. COMPONENTES DE INCLINACIÓN NORTE Y ESTE (μ RAD) DEL INCLINÓMETRO ELECTRÓNICO ARLÉS, INSTALADO EN GALERAS, PARA EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 1 DE ENERO DE 2014 Y EL 31 DE JULIO DE 2017.	29
FIGURA 16. VARIACIONES EN LAS DIRECCIONES NORTE, ESTE Y ALTURA DE LA ESTACIÓN GNSS BARRANCO INSTALADA EN GALERAS, PARA EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 1 DE NOVIEMBRE DE 2011 Y EL 15 DE JULIO DE 2017.	31
FIGURA 17. 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 JULIO DE 2017.	31

FIGURA 18. 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 OCTUBRE DE 2012 Y EL 15 DE JULIO DE 2017.....	32
FIGURA 19. 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 JULIO DE 2017.....	32
FIGURA 20. VARIACIONES EN LAS DIRECCIONES NORTE, ESTE Y ALTURA DE LA ESTACIÓN GNSS INGENIO INSTALADO EN GALERAS, PARA EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 1 DE MAYO DE 2014 Y EL 15 DE JULIO DE 2017.....	33
FIGURA 21. 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 JULIO DE 2017.	33
FIGURA 22. VARIACIONES EN LAS DIRECCIONES NORTE, ESTE Y ALTURA DE LA ESTACIÓN GNSS CUFÍÑO INSTALADA EN GALERAS, PARA EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE SEPTIEMBRE DE 2016 Y JULIO DE 2017.	34
FIGURA 23. VARIACIONES EN LAS DIRECCIONES NORTE, ESTE Y ALTURA DE LA ESTACIÓN GNSS NARIÑO INSTALADA EN GALERAS, PARA EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE MARZO Y JULIO DE 2017.....	34
FIGURA 24. VARIACIONES EN LAS DIRECCIONES NORTE, ESTE Y ALTURA DE LA ESTACIÓN GNSS CONDOR-2 INSTALADA EN GALERAS, PARA EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE ABRIL Y JULIO DE 2017.....	35
FIGURA 25. VARIACIONES EN LAS DIRECCIONES NORTE, ESTE Y ALTURA DE LA ESTACIÓN GNSS COBANEGRA INSTALADA EN GALERAS, PARA EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE ABRIL Y JULIO DE 2017.....	35
FIGURA 26. VARIACIONES EN LAS DIRECCIONES NORTE, ESTE Y ALTURA DE LA ESTACIÓN GNSS QUILL INSTALADA EN EL AEROPUERTO ANTONIO NARIÑO, EN EL MUNICIPIO DE CHACHAGUI, DEPARTAMENTO DE NARIÑO, PARA EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE FEBRERO DE 2010 Y EL 15 DE JULIO DE 2017	36
FIGURA 27. CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (F), REGISTRADO EN LAS ESTACIÓN DE FRAILEJÓN (ARRIBA), CRÁTER (CENTRO) Y BARRANCO (ABAJO), PERTENECIENTE A LA RED DE MONITOREO DEL VOLCÁN GALERAS, ENTRE LOS MESES DE ABRIL Y JULIO DE 2017. LA ZONA SOMBRREADA CORRESPONDE AL MES EVALUADO, JULIO DE 2017. LA ESCALA DE MEDICIÓN ESTÁ DADA EN NANO TESLAS (NT).	37
FIGURA 28. CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (F), REGISTRADO EN LAS ESTACIONES DE KOUROU (FUCSIA) Y FRAILEJÓN (NEGRO), ENTRE ABRIL Y JULIO 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).	38
FIGURA 29. CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (F), REGISTRADO EN LAS ESTACIONES DE KOUROU (FUCSIA) Y CRÁTER (NEGRO), ENTRE ABRIL Y JULIO 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).	38
FIGURA 30. CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (F), REGISTRADO EN LAS ESTACIONES DE KOUROU (FUCSIA) Y BARRANCO (NEGRO), ENTRE ABRIL Y JULIO 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).	38
FIGURA 31. 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 ABRIL Y JULIO DE 2017. LA ESCALA DE MEDICIÓN DEL CAMPO ELÉCTRICO ESTÁ EN MV.	39
FIGURA 32. RESULTANTE HORIZONTAL DEL CAMPO ELÉCTRICO PARA LA ESTACIÓN FRAILEJÓN (NEGRO), EN COMPARACIÓN CON EL COMPORTAMIENTO DEL RÉGIMEN DE LLUVIAS (ESTACIÓN GEÓNICA EN AZUL), EN LA ZONA DE ESTUDIO, PARA EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE LOS MESES DE ABRIL Y JULIO DE 2017.	39
FIGURA 33. FLUJO DE DIÓXIDO DE AZUFRE (SO ₂) VOLCÁN GALERAS – JULIO DE 2017.	41
FIGURA 34. FLUJO DE DIÓXIDO DE AZUFRE (SO ₂), VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO – JULIO DE 2017.....	41
FIGURA 35. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA EMISIÓN DE GASES OBSERVADA DESDE LA CÁMARA UBICADA EN EL SECTOR DE BARRANCO EL 4 DE JULIO DE 2017 A LAS 6:46 P.M. (IZQUIERDA) Y EL 5 DE JULIO DE 2017 A LAS 5:26 P.M (DERECHA). .	42

FIGURA 36. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA EMISIÓN DE GASES OBSERVADA DESDE LA CÁMARA UBICADA EN EL SECTOR DE BARRANCO EL 11 DE JULIO DE 2017 A LAS 12:18 P.M.	43
FIGURA 37. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA EMISIÓN DE GASES OBSERVADA DESDE LAS CÁMARAS UBICADAS EN EL SECTOR DE BRUMA (IZQUIERDA), EL 12 DE JULIO DE 2017 A LAS 3:44 P.M. Y BARRANCO (DERECHA) EL 12 DE JULIO DE 2017 A LAS 4:09 P.M.	43
FIGURA 38. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA EMISIÓN DE GASES OBSERVADA EL 13 DE JULIO DEL 2017 DESDE LAS CÁMARAS UBICADAS EN BRUMA (IZQUIERDA) A LAS 11:30 A.M. Y BARRANCO (DERECHA) A LAS 11:48 A.M.	43
FIGURA 39. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA EMISIÓN DE GASES OBSERVADA EL 14 DE JULIO DEL 2017 DESDE LAS CÁMARAS UBICADAS EN BRUMA (IZQUIERDA) A LAS 8:08 A.M. Y BARRANCO (DERECHA) A LAS 8:12 A.M.	44
FIGURA 40. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA EMISIÓN DE GASES OBSERVADA EL 15 DE JULIO DEL 2017 DESDE LAS CÁMARAS UBICADAS EN BRUMA (IZQUIERDA) A LAS 5:46 P.M. Y BARRANCO (DERECHA) A LAS 4:43 P.M.....	44
FIGURA 41. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA EMISIÓN DE GASES OBSERVADA EL 16 DE JULIO DEL 2017 DESDE LAS CÁMARAS UBICADAS EN BRUMA (IZQUIERDA) A LAS 10:16 A.M. Y BARRANCO (DERECHA) A LAS 10:27 A.M.	44
FIGURA 42. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA EMISIÓN DE GASES OBSERVADA DESDE LA CÁMARA UBICADA EN EL SECTOR DE BARRANCO EL 18 DE JULIO DE 2017 A LAS 6:17 A.M.	45
FIGURA 43. 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 JULIO DE 2017.	47
FIGURA 44. 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 JULIO DE 2017.	47
FIGURA 45. HISTOGRAMA DEL PORCENTAJE DE FUNCIONAMIENTO DE LAS ESTACIONES QUE CONFORMARON LA RED DE MONITOREO DEL COMPLEJO VOLCÁNICO DE CUMBAL EN JULIO DE 2017.....	48
FIGURA 46. OCURRENCIA DIARIA DE SISMOS POR TIPO DE EVENTO EN EL CVC, PARA EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 1 DE JUNIO Y EL 31 DE JULIO DE 2017. EL RECUADRO GRIS RESALTA EL PERIODO EVALUADO EN ESTE INFORME.....	49
FIGURA 47. RELACIÓN PORCENTUAL DE OCURRENCIA SÍSMICA MENSUAL POR TIPO DE EVENTO EN EL VOLCÁN CUMBAL ENTRE JUNIO Y JULIO DE 2017. EN LA FIGURA EL VALOR DE LOS PORCENTAJES SE APROXIMA A VALORES ENTEROS.	49
FIGURA 48. SISMOGRAMAS Y ESPECTROS EN FRECUENCIA DE LOS EVENTOS TOR, REGISTRADOS EN JULIO DE 2017 EN LA COMPONENTE VERTICAL DE LA ESTACIÓN LIMONES DEL CVC.....	51
FIGURA 49. LOCALIZACIÓN EPICENTRAL E HIPOCENTRAL DE SISMOS VT E HYB REGISTRADOS ENTRE EL 1 Y 31 DE JULIO DE 2017. EN LOS CORTES NORTE-SUR (DERECHA) Y ESTE-OESTE (ABAJO) CADA LÍNEA DE DIVISIÓN REPRESENTA 2,0 KM DE PROFUNDIDAD RESPECTO A LA CIMA VOLCÁNICA (4760 M).	52
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 JULIO DE 2017.	53
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 JULIO DE 2017.	53
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 2014 Y EL 31 DE JULIO DE 2017.	54
FIGURA 53. VARIACIÓN DE TEMPERATURA DE LAS FT DE VOLCÁN CUMBAL – JULIO 2017.....	56
FIGURA 54. VARIACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN LAS FT DE VOLCÁN CUMBAL – JULIO 2017.	56
FIGURA 55. IMAGEN TÉRMICA FT HUECO GRANDE JULIO 2017.	58
FIGURA 56. IMAGEN TÉRMICA FT SALADO DE CUETIAL 2017.	58

FIGURA 57. VARIACIÓN DEL PH EN LAS FT DE VOLCÁN CUMBAL – JULIO 2017	59
FIGURA 58. VARIACIÓN DE ALCALINIDAD EN LAS FT DE VOLCÁN CUMBAL – JULIO 2017.....	59
FIGURA 59. IMÁGENES DE EMISION DE GASES OCURRIDA EN EL COMPLEJO VOLCÁNICO DE CUMBAL PRESENTADA EL 15 DE JULIO DE 2017, CAPTURADAS DESDE EL CASCO URBANO DE CUMBAL (IZQUIERDA) Y PUNTA VIEJA (DERECHA) EN HORAS DE LA MAÑANA.	60
FIGURA 60. IMÁGENES DE EMISION DE GASES OCURRIDA EN EL COMPLEJO VOLCÁNICO DE CUMBAL PRESENTADA EL 16 DE JULIO DE 2017, CAPTURADAS DESDE EL CASCO URBANO DE CUMBAL (IZQUIERDA) A LAS 9:51 A.M Y PUNTA VIEJA (DERECHA) A LAS 6:36 P.M.	61
FIGURA 61. OBSERVACIÓN DE ACTIVIDAD SUPERFICIAL (MEDIANTE LAS CÁMARAS WEB DEL SGC-OVS PASTO E IMÁGENES SATELITALES) DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CUMBAL, PARA EL DÍA 16 DE JULIO DE 2017, ENTRE LAS 10:34 A.M. Y LAS 10:36 A.M.	61
FIGURA 62. IMÁGENES DE EMISION DE GASES OCURRIDA EN EL COMPLEJO VOLCÁNICO DE CUMBAL PRESENTADA EL 17 DE JULIO DE 2017, CAPTURADAS DESDE EL CASCO URBANO DE CUMBAL (IZQUIERDA) A LAS 6:03 A.M Y PUNTA VIEJA (DERECHA) A LAS 6:06 A.M.	62
FIGURA 63. IMÁGEN DE LA EMISIÓN DE GASES OCURRIDA EN EL COMPLEJO VOLCÁNICO DE CUMBAL (SECTOR EL VERDE), EL 20 DE JULIO DE 2017 A LAS 7:01 A.M., CAPTURADAS DESDE LA CÁMARA UBICADA EN LA ESTACIÓN PUNTA VIEJA.....	62
FIGURA 64. LOCALIZACIÓN DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO (IZQUIERDA) E IMÁGENES DE LOS MISMOS (DERECHA).	63
FIGURA 65. ESTACIONES TELEMÉTRICA Y NO TELEMÉTRICAS QUE CONFORMARON LA RED DE MONITOREO DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO EN EL MES DE JULIO DE 2017.	64
FIGURA 66. HISTOGRAMA DEL PORCENTAJE DE FUNCIONAMIENTO DE LAS ESTACIONES QUE CONFORMARON LA RED DE MONITOREO DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO EN JULIO DE 2017.	66
FIGURA 67. OCURRENCIA DIARIA DE SISMOS VOLCÁNICOS POR TIPO DURANTE JUNIO Y JULIO DE 2017 EN LA ZONA DE INFLUENCIA DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO, EL RECUADRO GRIS RESALTA EL PERIODO EVALUADO EN ESTE INFORME.	67
FIGURA 68. LOCALIZACIÓN EPICENTRAL E HIPOCENTRAL DE SISMOS VT E HYB REGISTRADOS ENTRE EL 1 Y 31 DE JULIO 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).	68
FIGURA 69. 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 ENERO DE 2015 Y EL 31 DE JULIO DE 2017.	70
FIGURA 70. 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 JULIO DE 2015 Y EL 31 DE JULIO DE 2017.	70
FIGURA 71. LOCALIZACIÓN DE ALGUNOS VOLCANES DEL SUR DE COLOMBIA, ENTRE ELLOS ESTÁN GALERAS, DOÑA JUANA, AZUFRAL, CUMBAL, LAS ÁNIMAS, CHILES Y CERRO NEGRO MONITOREADOS POR EL OVSP - SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO.....	72
FIGURA 72. LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES QUE CONFORMARON LA RED DE MONITOREO DE LOS VOLCANES DOÑA JUANA Y LAS ÁNIMAS DURANTE EL MES DE JULIO DE 2017. ADICIONALMENTE SE CUENTA CON UNA RED DE MUESTREO DE AGUAS EN FUENTES TERMALES Y FUENTES FRÍAS, RESALTADAS CON R.....	74
FIGURA 73. HISTOGRAMA DEL PORCENTAJE DE FUNCIONAMIENTO DE LAS ESTACIONES QUE CONFORMARON LA RED DE MONITOREO DE LOS VOLCANES DOÑA JUANA Y LAS ÁNIMAS EN JULIO DE 2017.	74
FIGURA 74. 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 JULIO DE 2017, CON SUS RESPECTIVOS CORTES N-S (DERECHA) Y Informe mensual de actividad de los volcanes Galeras, Chiles – Cerro Negro, Cumbal, Las Ánimas, Doña Juana y Azufral - Julio 2017	

E-W (ABAJO). EN LOS CORTES CADA LÍNEA REPRESENTA 3 KM DE PROFUNDIDAD CON RESPECTO A LA CIMA VOLCÁNICA, EL COLOR DE LOS CÍRCULOS DEPENDE DE SU PROFUNDIDAD.	75
FIGURA 75. 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 EL ENERO DE 2014 Y JULIO DE 2017.	76
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 JULIO DE 2017.	77
FIGURA 77. COMPONENTES DE INCLINACIÓN NORTE Y ESTE, TEMPERATURA DEL INCLINÓMETRO PARAMO, INSTALADO EN EL VOLCÁN DOÑA JUANA, PARA EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE ABRIL Y JULIO DE 2017.	77
FIGURA 78. 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 JULIO DE 2017.	78
FIGURA 79. 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 JULIO DE 2017.	79
FIGURA 80. 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 JULIO DE 2017.	79
FIGURA 81. LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES QUE CONFORMARON LA RED DE MONITOREO SÍSMICO Y GEOQUÍMICO DEL VOLCÁN AZUFRAL DURANTE EL MES DE JULIO DE 2017.	81
FIGURA 82. MAPA DE LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES QUE CONFORMARON LA RED DE MONITOREO EN DEFORMACIÓN Y CÁMARA WEB DEL VOLCÁN AZUFRAL EN EL MES DE JULIO DE 2017.	82
FIGURA 83. HISTOGRAMA DEL PORCENTAJE DE FUNCIONAMIENTO DE LAS ESTACIONES QUE CONFORMARON LA RED DE MONITOREO DEL VOLCÁN AZUFRAL DURANTE JULIO DE 2017.	83
FIGURA 84. OCURRENCIA DIARIA DE SISMOS POR TIPO DE EVENTO EN AZUFRAL, DURANTE JUNIO Y JULIO DE 2017. EL RECUADRO GRIS RESALTA EL PERIODO EVALUADO EN ESTE INFORME.	83
FIGURA 85. 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 JULIO DE 2017, CON SUS RESPECTIVOS CORTES N-S (DERECHA) Y E-W (ABAJO). EN LOS CORTES CADA LÍNEA REPRESENTA 3,0 KM DE PROFUNDIDAD CON RESPECTO A LA CIMA VOLCÁNICA, EL COLOR DE LOS CÍRCULOS DEPENDE DE SU PROFUNDIDAD.	84
FIGURA 86. COMPONENTES DE INCLINACIÓN NORTE Y ESTE, TEMPERATURA DEL INCLINÓMETRO CHAITÁN, INSTALADO EN EL VOLCÁN AZUFRAL, PARA EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 1 DE ENERO DE 2016 Y EL 31 DE JULIO DE 2017.	85
FIGURA 87. 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 JULIO DE 2017.	86
FIGURA 88. 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 JULIO DE 2017.	87
FIGURA 89. VARIACIONES EN LAS DIRECCIONES NORTE, ESTE Y ALTURA DE LA ESTACIÓN GNSS LOBO INSTALADO EN EL VOLCÁN AZUFRAL, PARA EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 28 DE MAYO DE 2016 Y EL 15 DE JULIO DE 2017.	87
FIGURA 90. VARIACIONES EN LAS DIRECCIONES NORTE, ESTE Y ALTURA DE LA ESTACIÓN GNSS LAGUNA INSTALADO EN EL VOLCÁN AZUFRAL, PARA EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 14 DE JUNIO DE 2016 Y EL 15 DE JULIO DE 2017.	88
FIGURA 91. VARIACIONES EN LAS DIRECCIONES NORTE, ESTE Y ALTURA DE LA ESTACIÓN GNSS LAGUNA INSTALADO EN EL VOLCÁN AZUFRAL, PARA EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 26 DE JUNIO DE 2017 Y EL 15 DE JULIO DE 2017.	88

FIGURA 92. CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (F), REGISTRADO EN LAS ESTACIONES DE LOBO (NEGRO) Y KOUROU (FUCSIA), ENTRE JUNIO Y JULIO 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).	89
FIGURA 93. RESULTANTE HORIZONTAL DEL CAMPO ELÉCTRICO PARA LA ESTACIÓN FRAILEJÓN (NEGRO), EN COMPARACIÓN CON EL COMPORTAMIENTO DEL RÉGIMEN DE LLUVIAS (ESTACIÓN GEÓNICA EN AZUL), EN LA ZONA DE ESTUDIO, PARA EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE LOS MESES DE JUNIO Y JULIO DE 2017.	89
FIGURA 94. VARIACIÓN DE TEMPERATURA ESTACIÓN TÉRMICA MALLA-VOLCÁN AZUFRAL – JULIO DE 2017.	90
FIGURA 95. VARIACIONES PARÁMETROS ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA LA ROCA VOLCÁN AZUFRAL – JULIO DE 2017.	91
FIGURA 96. IMÁGENES DE LA EMISIÓN DE GASES DEL DOMO MALLAMA –VOLCÁN AZUFRAL, REGISTRADAS EL 4 DE JULIO DE 2017 A LAS 6:46 P.M. (IZQUIERDA) Y 5 DE JULIO DE 2017 A LAS 2:36 P.M. (DERECHA), CAPTURADAS DESDE LA CÁMARA WEB UBICADA AL SUROCCIDENTE DEL VOLCÁN.	92
FIGURA 97. IMÁGENES DE LA EMISIÓN DE GASES DEL DOMO MALLAMA –VOLCÁN AZUFRAL, REGISTRADAS EL 11 DE JULIO DE 2017 A LAS 3:06 P.M. (IZQUIERDA) Y 12 DE JULIO DE 2017 A LAS 7:51 A.M. (DERECHA), CAPTURADAS DESDE LA CÁMARA WEB UBICADA AL SUROCCIDENTE DEL VOLCÁN.	92
FIGURA 98. IMÁGENES DE LA EMISIÓN DE GASES DEL DOMO MALLAMA –VOLCÁN AZUFRAL, REGISTRADAS EL 13 DE JULIO DE 2017 A LAS 7:51 A.M. (IZQUIERDA) Y 14 DE JULIO DE 2017 A LAS 7:36 A.M. (DERECHA), CAPTURADAS DESDE LA CÁMARA WEB UBICADA AL SUROCCIDENTE DEL VOLCÁN.	93
FIGURA 99. IMÁGENES DE LA EMISIÓN DE GASES DEL DOMO MALLAMA –VOLCÁN AZUFRAL, REGISTRADAS EL 15 DE JULIO DE 2017 A LAS 9:01 A.M. (IZQUIERDA) Y 16 DE JULIO DE 2017 A LAS 7:06 A.M. (DERECHA), CAPTURADAS DESDE LA CÁMARA WEB UBICADA AL SUROCCIDENTE DEL VOLCÁN.	93

LISTA DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1. ESTACIONES SÍSMICAS Y SENSORES ACÚSTICOS DE LA RED DE MONITOREO DE GALERAS EN JULIO DE 2017.	18
TABLA 2. INCLINÓMETROS ELECTRÓNICOS TELEMÉTRICOS QUE CONFORMARON PARTE DE LA RED DE VIGILANCIA EN DEFORMACIÓN DEL VOLCÁN GALERAS EN JULIO DE 2017.	19
TABLA 3. ESTACIONES GNSS TELEMÉTRICAS QUE CONFORMARON PARTE DE LA RED DE VIGILANCIA EN DEFORMACIÓN DEL VOLCÁN GALERAS EN JULIO DE 2017.	19
TABLA 4. ESTACIONES QUE CONFORMAN LA RED DE INSTRUMENTOS SCANDOAS DEL PROYECTO NOVAC EN EL VOLCÁN GALERAS EN JULIO DE 2017.	20
TABLA 5. ESTACIONES QUE MONITOREAN LAS VARIACIONES DEL CAMPO DE POTENCIAL ELÉCTRICO Y MAGNÉTICO OCASIONADAS POR LA ACTIVIDAD DEL VOLCÁN GALERAS.	20
TABLA 6. ESTACIONES PARA EL MONITOREO DE GAS RADÓN INSTALADAS SOBRE LA VÍA DE ACCESO A GALERAS.	21
TABLA 7. NÚMERO DE EVENTOS VOLCÁNICOS POR TIPO, OCURRIDOS EN GALERAS DURANTE JUNIO Y JULIO DE 2017.	22
TABLA 8. ENERGÍA DE LOS EVENTOS VOLCÁNICOS POR TIPO, OCURRIDOS EN GALERAS DURANTE JUNIO Y JULIO DE 2017.	23
TABLA 9. SISMOS CON MAGNITUD LOCAL MAYOR O IGUAL A 1.6 GRADO EN LA ESCALA DE RICHTER, REGISTRADOS EN GALERAS EN JULIO DE 2017.	25
TABLA 10. EMISIÓN DIÓXIDO DE AZUFRE A LA ATMÓSFERA VOLCÁN GALERAS – MES DE JULIO 2017.	42

TABLA 11. ESTACIONES QUE CONFORMARON LA RED DE VIGILANCIA DE LA ACTIVIDAD DEL COMPLEJO VOLCÁNICO DE CUMBAL EN JULIO DE 2017.....	48
TABLA 12. NÚMERO DE EVENTOS VOLCÁNICOS POR TIPO, OCURRIDOS EN EL CVC ENTRE JUNIO Y JULIO 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 JULIO DE 2017.	50
TABLA 14. FUENTES TERMALES VOLCÁN AZUFRAL – JULIO 2017.	55
TABLA 15. CLASIFICACIÓN DE AGUAS TERMALES DE ACUERDO A LA TEMPERATURA.....	57
TABLA 16. ESTACIONES QUE CONFORMAN LA RED DE VIGILANCIA DE LA ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO.	64
TABLA 17. UBICACIÓN GEOGRÁFICA (WGS84) DE LAS FUENTES TERMALES Y FRÍAS DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL VOLCÁN CHILES.....	65
TABLA 18. NÚMERO DE EVENTOS VOLCÁNICOS POR TIPO, OCURRIDOS EN JUNIO Y JULIO DE 2017 EN LA ZONA DE INFLUENCIA DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO.....	66
TABLA 19. SISMOS CON MAGNITUD LOCAL MAYOR O IGUAL A 2.0 GRADOS EN LA ESCALA DE RICHTER REGISTRADOS EN CHILES - CERRO NEGRO EN JULIO DE 2017	69
TABLA 20. ESTACIONES QUE CONFORMARON LA RED DE VIGILANCIA DE LA ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES DOÑA JUANA Y LAS ÁNIMAS DE 2017	73
TABLA 21. NÚMERO DE EVENTOS VOLCÁNICOS POR TIPO, OCURRIDOS EN JUNIO Y JULIO DE 2017 EN LA ZONA DE INFLUENCIA DE LOS VOLCANES DOÑA JUANA Y LAS ÁNIMAS.....	75
TABLA 22. ESTACIONES QUE CONFORMARON LA RED DE VIGILANCIA DEL VOLCÁN AZUFRAL EN EL MES DE JULIO DE 2017....	82
TABLA 23. NÚMERO DE EVENTOS VOLCÁNICOS POR TIPO PARA EL VOLCÁN AZUFRAL OCURRIDOS ENTRE EL 1 DE JUNIO Y EL 31 DE JULIO DE 2017. SE RESALTA EN VERDE EL ÚLTIMO MES OBJETO DE EVALUACIÓN.	84
TABLA 24. SISMOS CON MAGNITUD LOCAL MAYOR O IGUAL A 1.5 GRADOS EN LA ESCALA DE RICHTER REGISTRADOS EN EL VOLCÁN AZUFRAL EN JULIO DE 2017.	85

RESUMEN

Durante el mes de julio de 2017, la ocurrencia sísmica registrada en el volcán Galeras disminuyó en comparación a los valores registrados en el mes de junio, mientras que la energía liberada registró un ascenso 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 15 km y profundidades superficiales por debajo de los 16 km respecto a la cima volcánica – 4276 msnm. Las magnitudes calculadas fueron menores a 1.8 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 los días 4, 5, 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 18 de julio 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 las 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 48 sismos, que en su mayoría se ubicaron en inmediaciones del cráter La Plazuela y Mundo Nuevo, a profundidades inferiores a 3 km respecto de la cima y

distancias menores a 2,5 km. Las magnitudes locales de los eventos localizados estuvieron por debajo de 1,2 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 Los días 15, 16, 17 y 20 de julio de 2017 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 julio de 2017 aumentó en un 93% en comparación al mes de junio, pasando de 767 a 1483 sismos. De esta sismicidad fue posible localizar 300 eventos, la mayoría de los cuales se ubicaron hacia el sector sur de la zona de influencia del volcán Chiles en territorio Ecuatoriano a distancias epicentrales menores a 14,5 km, y profundidades comprendidas entre 1,5 y 15 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.

Se resalta el incremento en la ocurrencia y energía liberada a partir del día 14 de julio, con el registro de tres sismos a las 9:57, 11:58 y 15:12 horas locales, con magnitudes respectivas de 3.7, 3.8 y 3.4 en la escala abierta de Richter; estos eventos se ubicaron al sur-este del volcán Chiles a distancias de 7.4, 10.5 y 5.1 km, con profundidades de 7.8, 8.2 y 7.9 km con respecto a la cima del volcán Chiles (4700 msnm) y fueron reportados como sentidos por habitantes de los municipios de Ipiales, Túquerres y Cumbal (Resguardos Indígenas de Chiles, Cumbal, Panán y Mayasquer). Entre el 14 y el 17 de julio se registraron cerca de 1060 sismos.

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 julio 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 5 y 7 eventos sísmicos respectivamente, todos ellos asociados con fractura de roca al interior del volcán (VT), los cuales fueron de bajo nivel energético. Los eventos localizados se ubicaron al norte y suroccidente de Ánimas, con magnitudes menores a 1,5 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 7 eventos de los cuales se localizaron 5, ubicados dispersos hacia la zona norte de la zona de influencia volcánica, a distancia de hasta 11 km respecto al centro de la Laguna Cratérica, con profundidades entre 4 y 15,5 km respecto a la cima y con magnitudes locales menores a 1,8 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 julio 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 – JULIO DE 2017

1.1 RED DE VIGILANCIA

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

- Catorce estaciones sísmicas telemétricas triaxiales: tres de corto periodo y once de banda ancha (Figura 1, Tabla 1).
- Tres sensores de infrasonido, ubicados en los sitios de las estaciones sísmicas Calabozo al occidente, Cráter-2 y Cóndor al sur - suroccidente (Figura 1, Tabla 1).
- Cuatro cámaras de video telemétricas para registro de la actividad superficial, una instalada en la sede del OVSP, otra en la población de Consacá al occidente, otra al noroccidente en Barranco Alto y Bruma al sur del cono activo (Figura 1).
- Ocho inclinómetros electrónicos con transmisión telemétrica (Figura 2, Tabla 2)
- Once estaciones GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite) telemétricas, la última instalada en el sector de Coba Negra al 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).

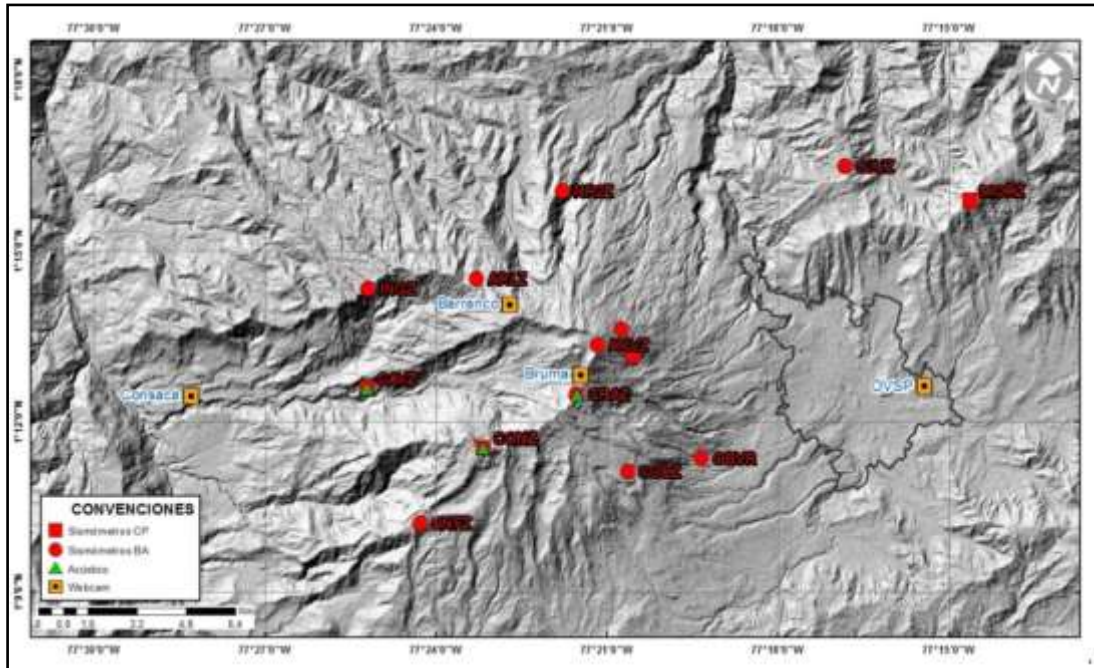


Figura 1. Localización de las estaciones sísmicas y sensores de infrasonido que conformaron la red de vigilancia de Galeras en julio de 2017.

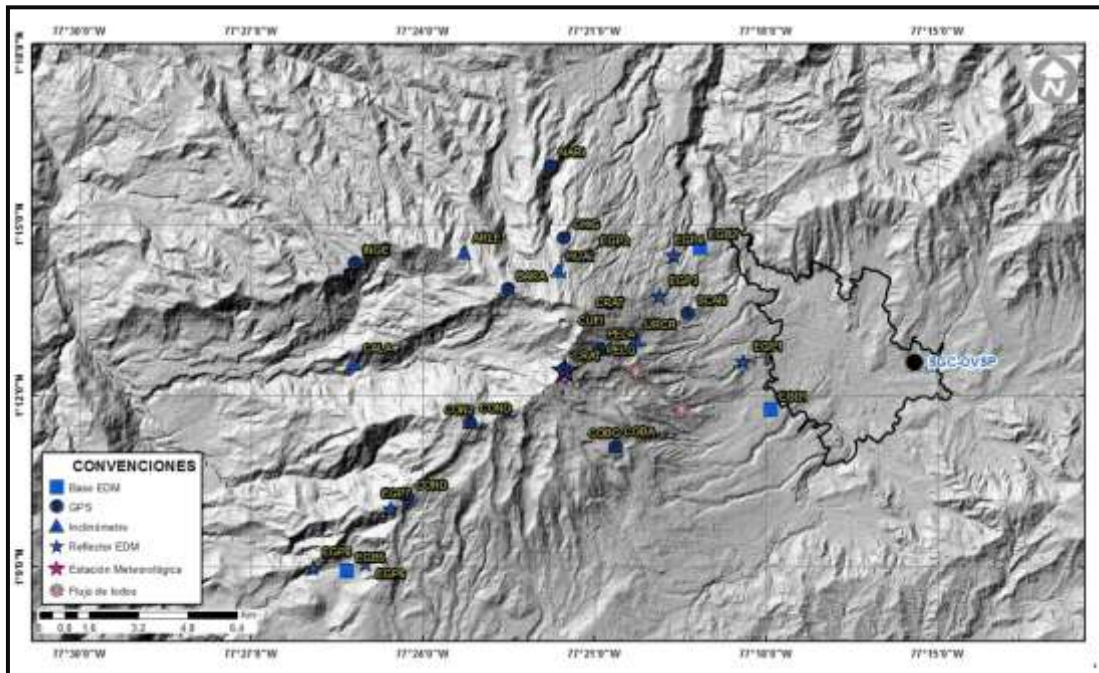


Figura 2. Localización de las estaciones para el seguimiento de la deformación (inclinómetros, EDM y GNSS) que conformaron la red de vigilancia de Galeras en julio de 2017.

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

Estación	Código	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia al Cráter (Km)	Dirección Respecto al Cráter	Altitud (msnm)
Cóndor	COND	Digital	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	4,4	SW	3977
Calabozo	CAVZ	Digital	Sismómetro Corto Periodo	Triaxial	6,9	WSW	2313
Morasurco	MORZ	Digital	Sismómetro Corto Periodo	Triaxial	13,7	ENE	3504
Anganoy	ANGV	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	0,7	E	4227
Cufiño	CUVZ	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	1,4	ENE	3828
Cráter	CRAZ	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	1.5	S	4032
Urcunina	URCR	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	2,4	ESE	3494
Arlés	ARLZ	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	4	WNW	3450
Cobanegra	COB3	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	4.3	SSE	3625
Nariño-2	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 julio 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 julio 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
Cóndor Pasto	4.9	SW	3985
Cobanegra	3.9	SSE	3625

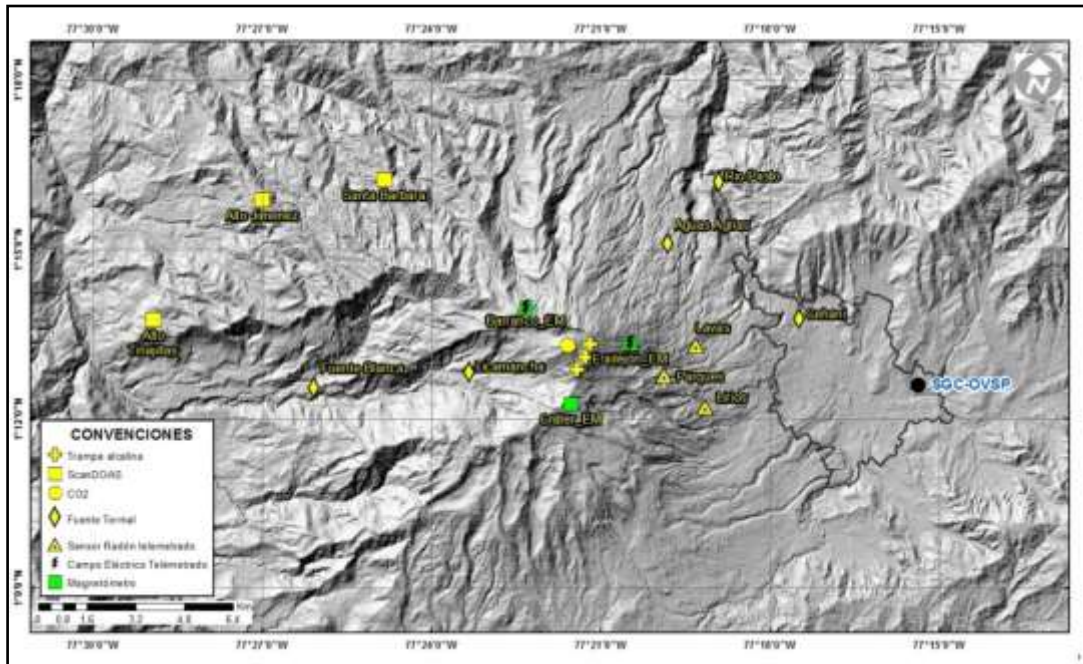


Figura 3. Localización de las estaciones de campo magnético y eléctrico, Trampa Alcalina, ScanDOAS y fuentes termales que conformaron la red de vigilancia de Galeras en julio de 2017.

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

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

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

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

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

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

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

Durante julio de 2017, la operatividad de la red instrumental de Galeras fue del **92,3 %**, 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.

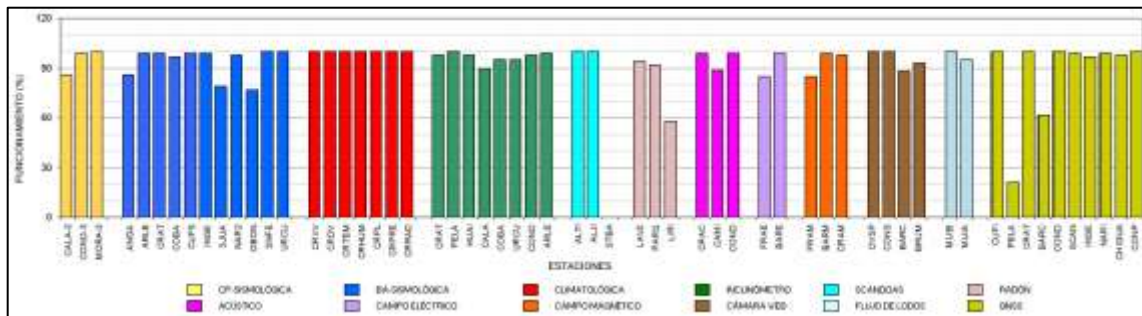


Figura 4. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron las redes de monitoreo del volcán Galeras en julio de 2017.

1.2 SISMOLOGÍA

El número total de sismos volcánicos registrados en julio de 2017 en Galeras mostró disminución del 33%, pasando de 36 a 24 eventos, en comparación con los datos del mes de junio. Se mantuvo el predominio de la sismicidad asociada con fractura de roca al interior del volcán (VT) con 21 sismos que representan el 88% del total, seguida por la sismicidad asociada con tránsito de fluidos de fuente transitoria (LP) con 2 sismos que representan el 8% y finalmente los eventos de tipo híbrido (HIB) que involucran fractura de roca seguida por tránsito de fluidos, registraron 1 evento que representa el 4%. No se registraron sismos asociados con tránsito de fluidos de fuente permanente o episodios de tremor (TRE). Los sismos de tipo VT disminuyeron su número un 40% pasando de 35 a 21 eventos y los sismos de tipo LP incrementaron su número el doble pasando de 1 a 2 eventos. El número máximo de sismos diario fue de 4, registrado el día 6, todos ellos de tipo VT (Tabla 7, Figura 5 y Figura 6).

Tabla 7. Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Galeras durante junio y julio de 2017.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo				
	VT	LPS	TRE	HIB	TOTAL
Junio de 2017	35	1	0	0	36
Julio de 2017	21	2	0	1	24

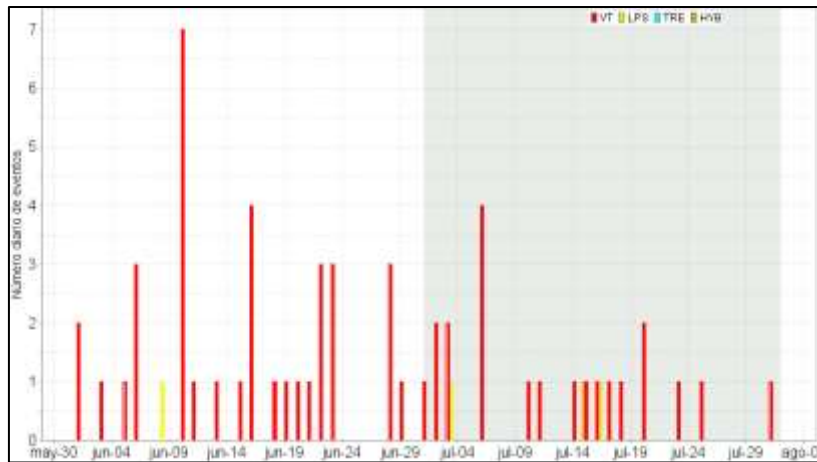


Figura 5. Número diario de eventos volcánicos por tipo, registrados en Galeras durante junio y julio de 2017; el recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

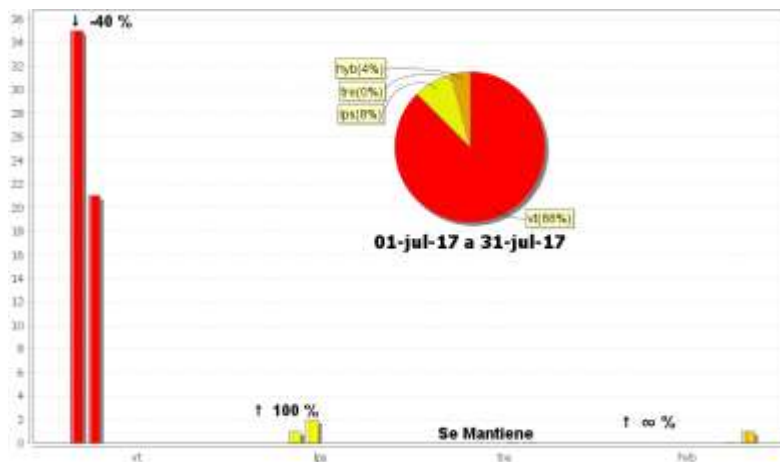


Figura 6. Comparación del número de sismos por tipo entre junio y julio de 2017 y estadísticas del número de sismos por tipo para julio de 2017.

La energía sísmica liberada en julio incrementó 15 veces su valor, pasando de 2.04×10^{11} ergios a 3.05×10^{12} ergios, en comparación con junio. Se mantuvo el predominio energético de los eventos de tipo VT con el 99.9% de la energía sísmica del mes, los eventos LP e HIB aportaron con porcentajes mínimos de 0.02% y 0.12% respectivamente. Los sismos de tipo VT incrementaron el valor de su energía 15 veces pasando de 2.03×10^{11} ergios a 3.04×10^{12} ergios, los sismos tipo LP también incrementaron su energía 1.6 veces, pasando de 4.66×10^8 ergios a 7.35×10^8 ergios (Tabla 8, Figuras 7 y 8).

Tabla 8. Energía de los eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Galeras durante junio y julio de 2017.

Periodo Evaluado	Energía de eventos por tipo				
	VT	LPS	TRE	HIB	TOTAL
Junio de 2017	2.03E+11	4.66E+08	0	0	2.04E+11
Julio de 2017	3.04E+12	7.35E+08	0	3.73E+09	3.05E+12

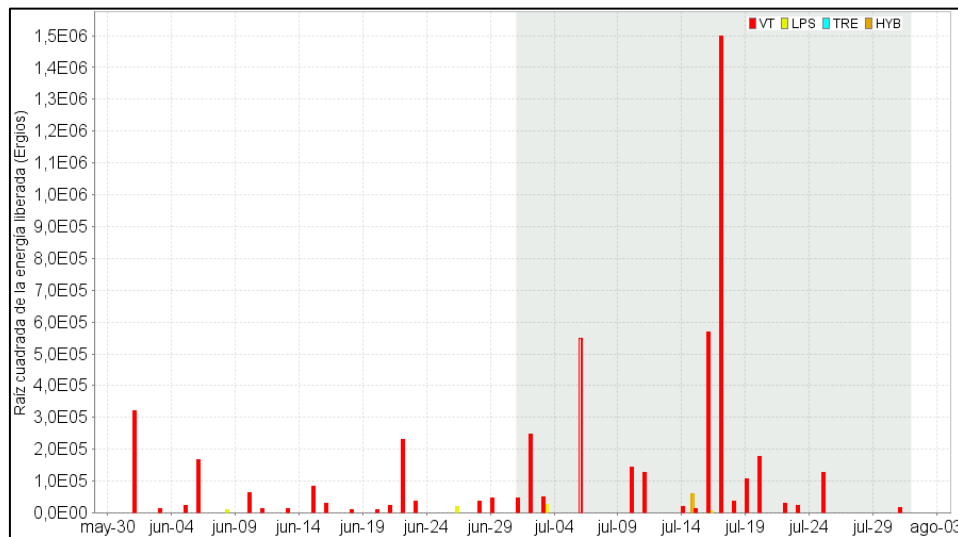


Figura 7. Energía diaria liberada en términos de su raíz cuadrática, de eventos volcánicos por tipo, registrados en Galeras durante junio y julio de 2017; el recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

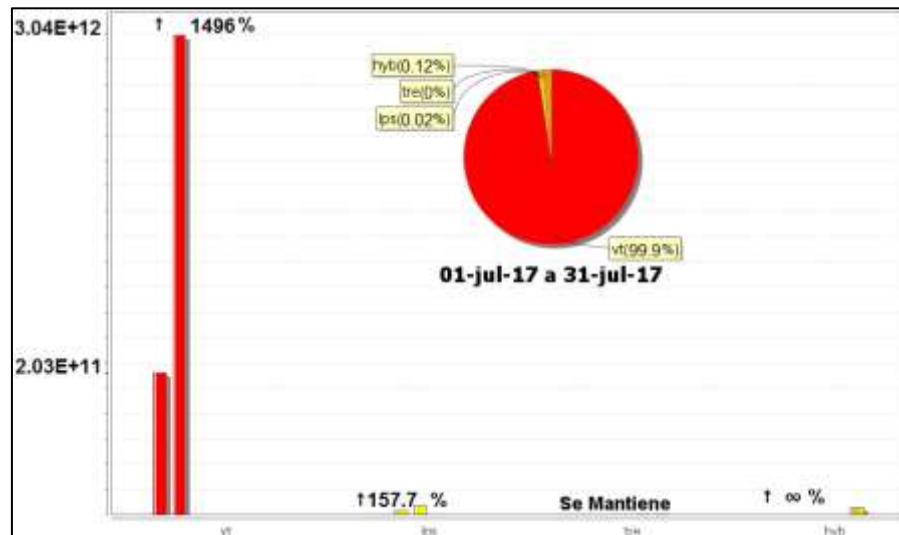


Figura 8. Comparación de la energía de los sismos por tipo entre junio y julio de 2017 y estadísticas de la energía sísmica por tipo para julio de 2017.

Se localizaron 23 sismos, todos ellos de tipo VT, ubicados de manera dispersa en la zona de influencia de Galeras a distancias entre 0.8 y 14.5 km y profundidades entre 1.5 y 16 km con respecto a la cima (4270 m), con magnitud local máxima de 1.8 en la escala abierta de Richter. El sismo de mayor magnitud se registró el día 10 de julio a las 20:08 hora local, a una distancia de 14.5 km al SW del cráter activo, con profundidad de 13 km y magnitud local de 1.8, este sismo no fue reportado como sentido (Figura 9).

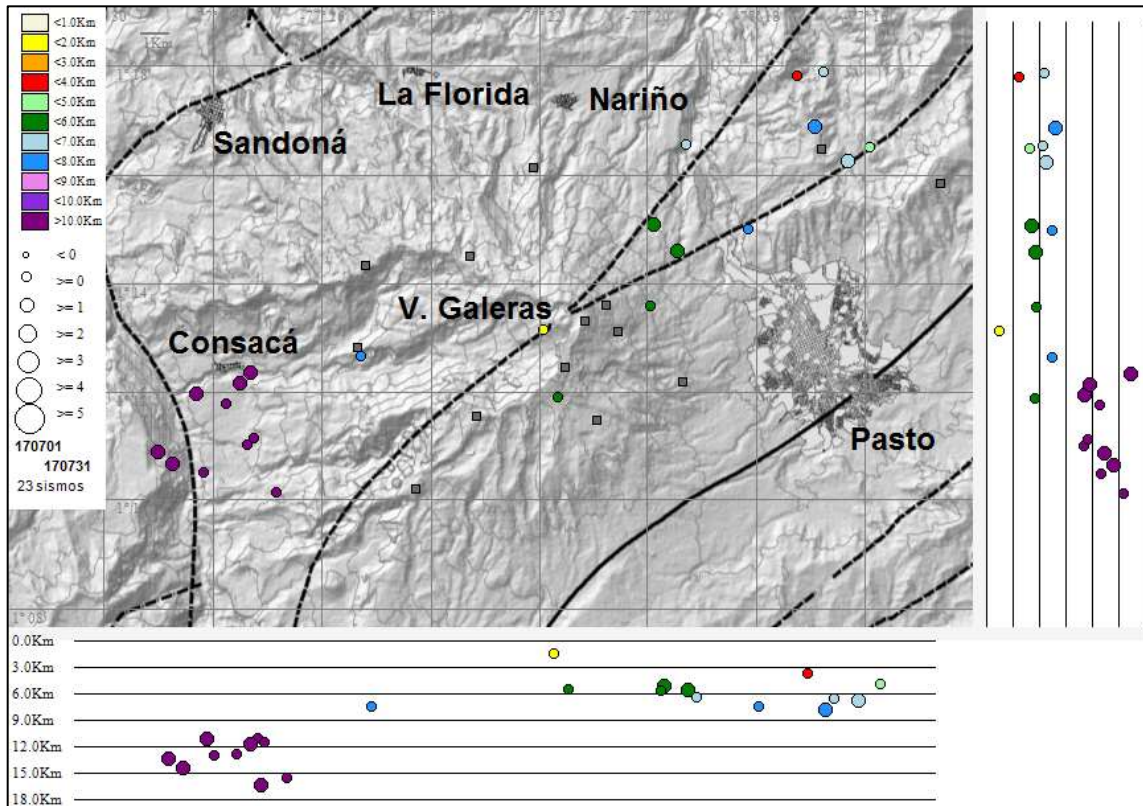


Figura 9. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 31 de julio de 2017. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 3 km de profundidad respecto a la cima volcánica (4270 m).

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 1.6 grados y en la tabla 9 se consignan sus características de localización.

Tabla 9. Sismos con Magnitud local mayor o igual a 1.6 grado en la escala de Richter, registrados en Galeras en julio de 2017.

Fecha	Hora local	Latitud	Longitud	Prof. km	ML
10/07/2017	20:08	1-10.88	77-29.01	13.4	1.8
16/07/2017	17:58	1-14.60	77-19.45	5.7	1.7
25/07/2017	09:28	1-12.18	77-27.51	11.8	1.6

1.3 DEFORMACIÓN

En el mes de julio 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, una 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).

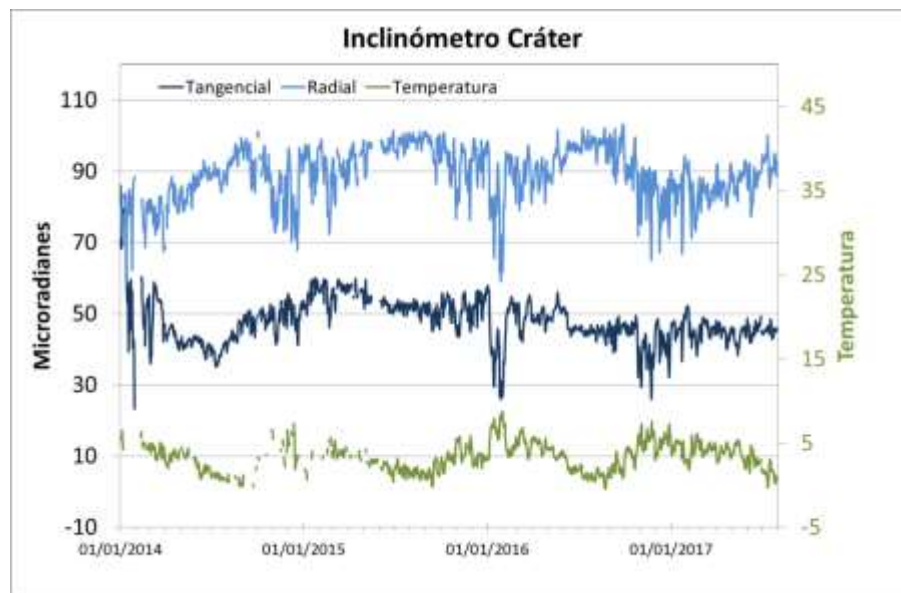


Figura 10. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad) del inclinómetro electrónico Cráter, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de julio de 2017.

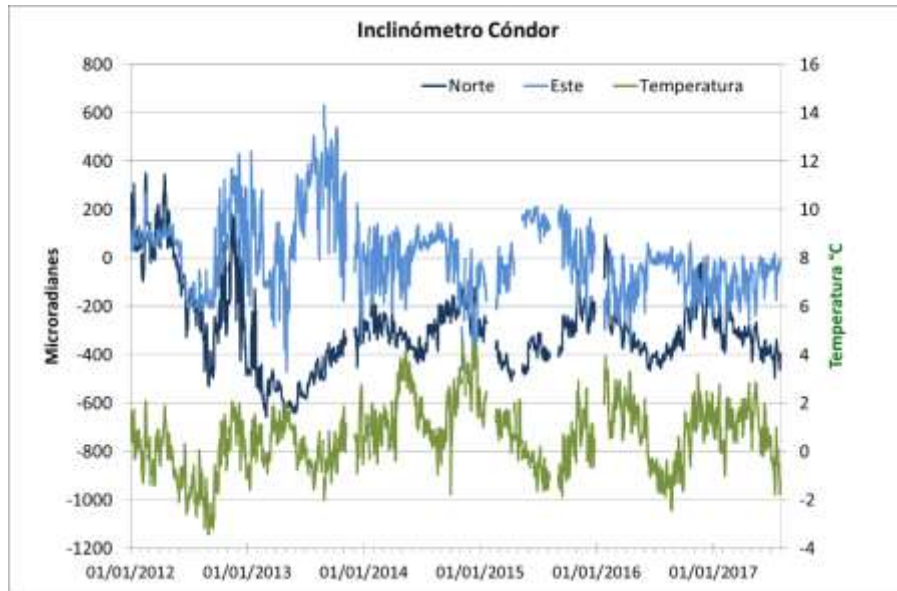


Figura 11. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Cóndor, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 31 de julio de 2017.

Los inclinómetros Peladitos, Huairatola, Cobanegra y Arlés, 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 $10 \mu\text{rad}$ desde 2011 hasta la fecha, y para el mismo periodo la componente Radial, tiene tendencia ascendente de unos $60 \mu\text{rad}$ (Figura 12). El inclinómetro Huairatola, desde mediados del 2015, está indicando en su componente Radial y tangencial tendencias ascendentes acumulando hasta la fecha aproximadamente $30 \mu\text{rad}$ en cada una de ellas (Figura 13). En Cobanegra a en los primeros meses del año, las dos componentes muestran un cambio de tendencia siendo el las dos descendente y acumulando hasta la fecha cerca de 35 y $90 \mu\text{rad}$ para las componentes Este y Norte, respectivamente (Figura 14). El inclinómetro Arlés (Figuras 15), desde julio de 2014 indica en su componente Norte una leve tendencia ascendente que acumula hasta la fecha cerca de $40 \mu\text{rad}$ y su componente Este, para el mismo periodo una tendencia descendente de unos $70 \mu\text{rad}$, algunas de estas fluctuaciones pueden estar asociadas a los cambios de temperatura ambiente.

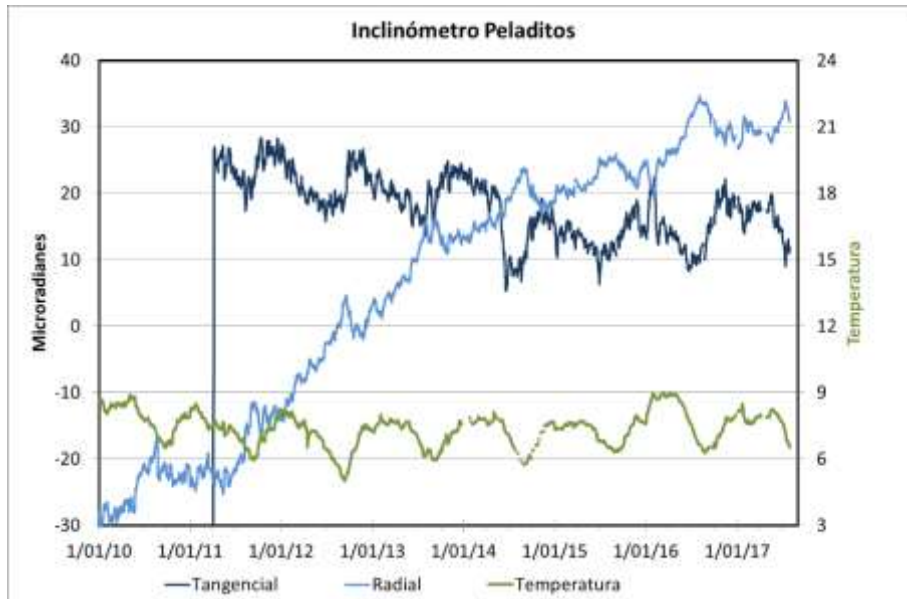


Figura 12. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad) del inclinómetro electrónico Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero 2010 y el 31 de julio de 2017.

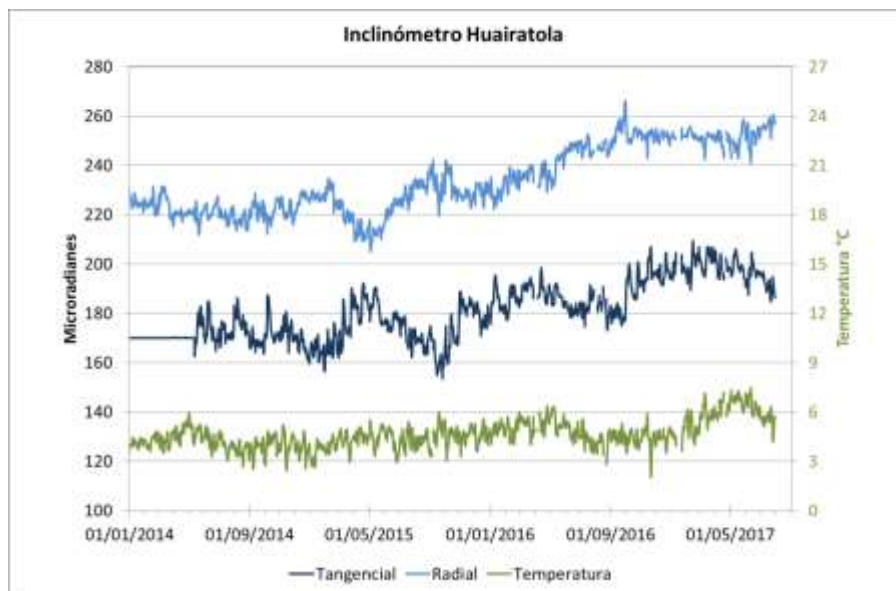


Figura 13. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Huairatola, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de julio de 2017.



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 julio de 2017.

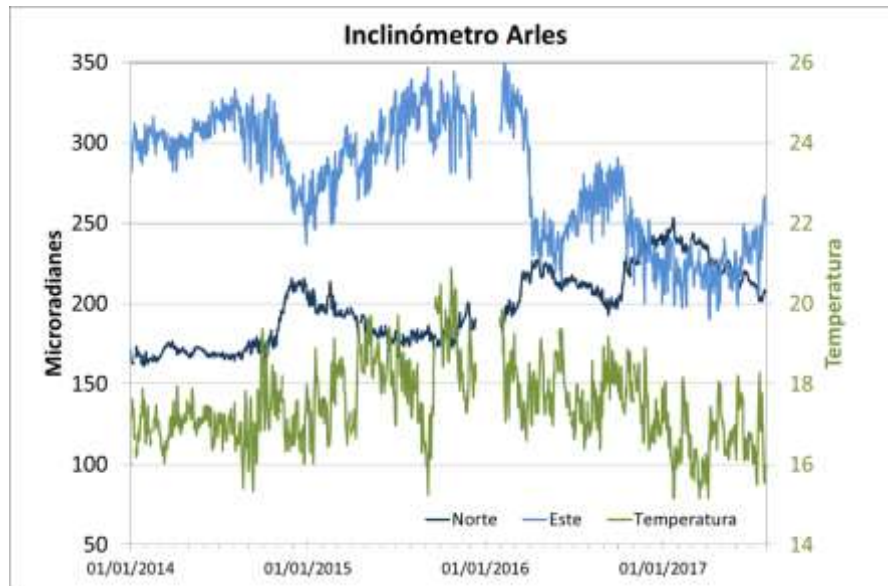


Figura 15. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Arlés, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de julio de 2017.

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. No se presentan datos del GNSS Peladitos, debido a que por problemas de teletría no se tienen en el momento,

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 16 a 25, 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 (Figura 26), 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.

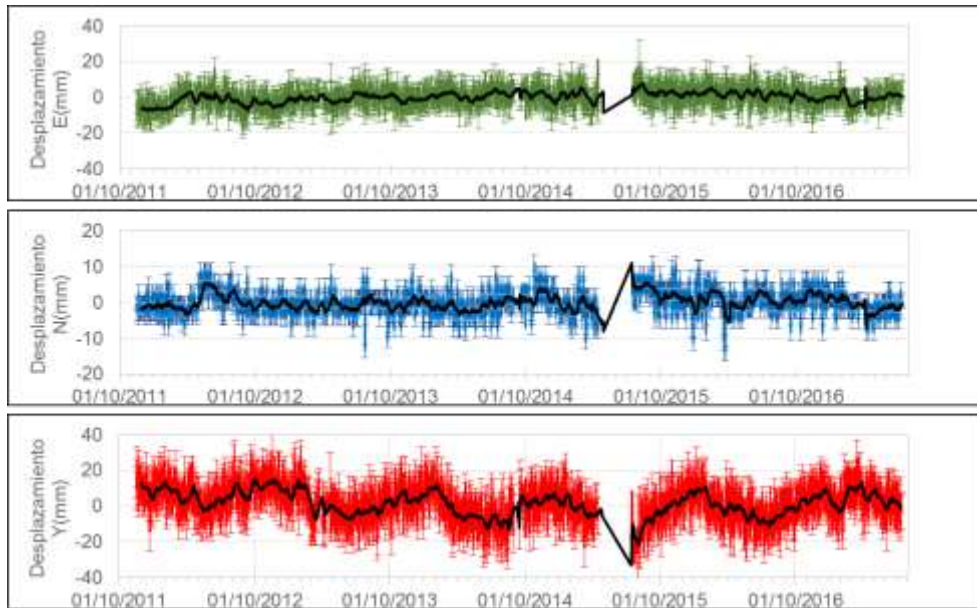


Figura 16. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Barranco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de noviembre de 2011 y el 15 de julio de 2017.

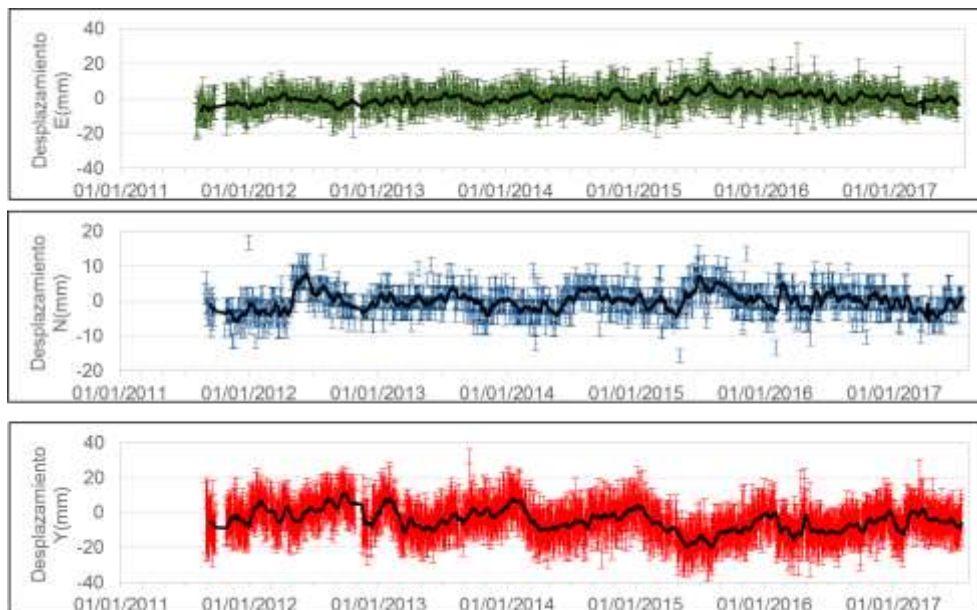


Figura 17. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cráter instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 4 de agosto de 2011 y el 15 de julio de 2017.

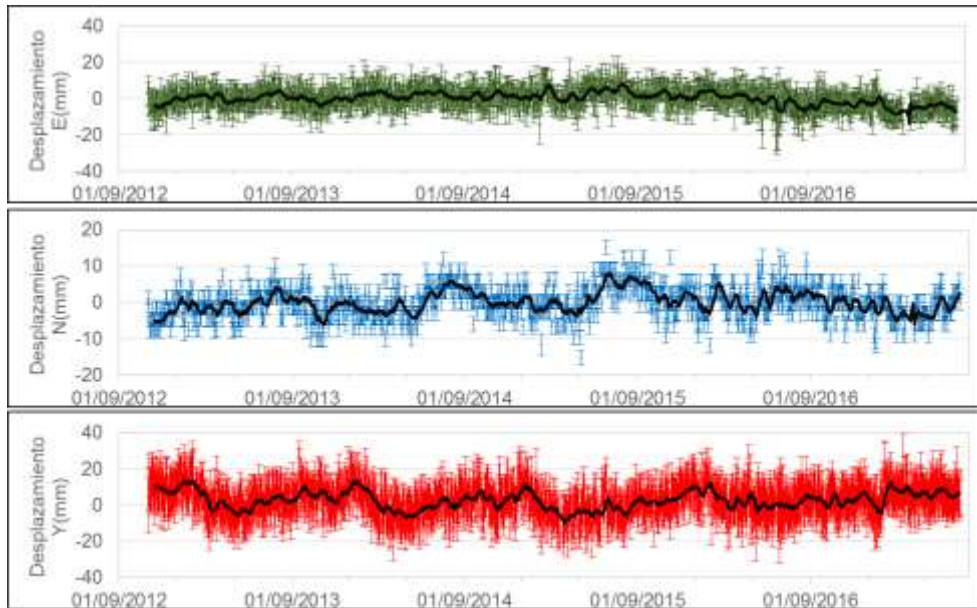


Figura 18. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS San Cayetano instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de octubre de 2012 y el 15 de julio de 2017.

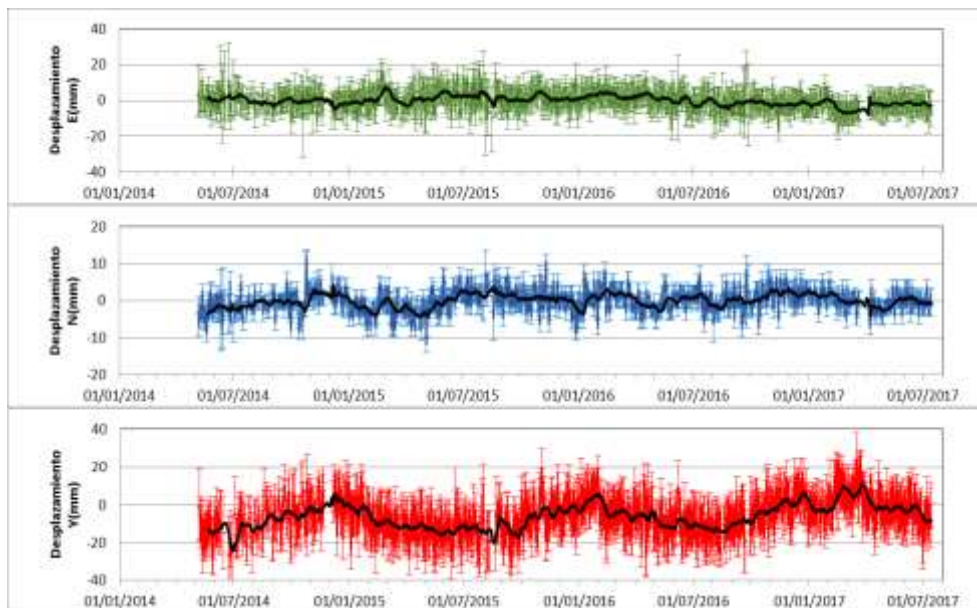


Figura 19. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Chiguaco instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 7 de mayo de 2014 y el 15 de julio de 2017.

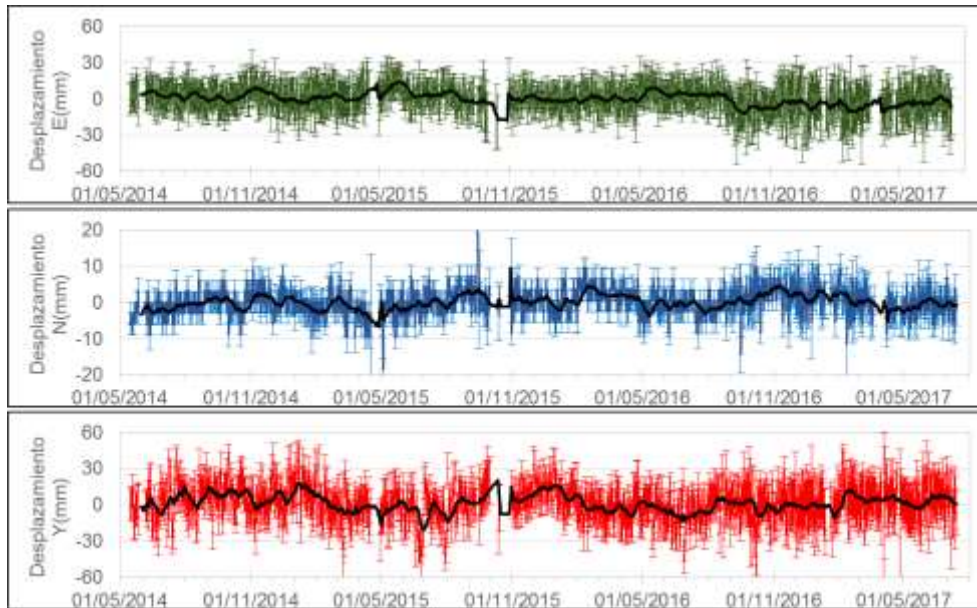


Figura 20. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Ingenio instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de mayo de 2014 y el 15 de julio de 2017.

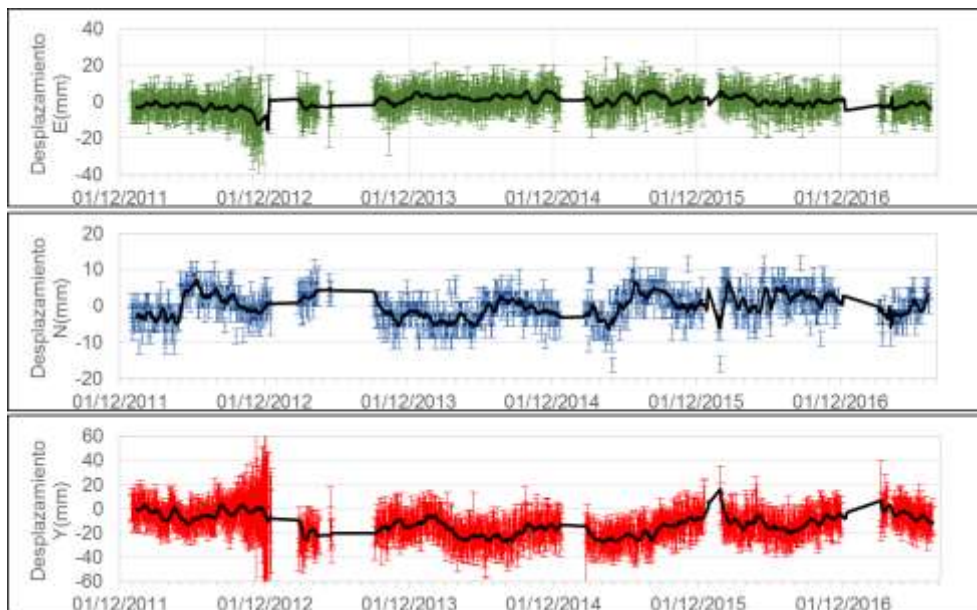


Figura 21. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cónдор instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 15 de julio de 2017.

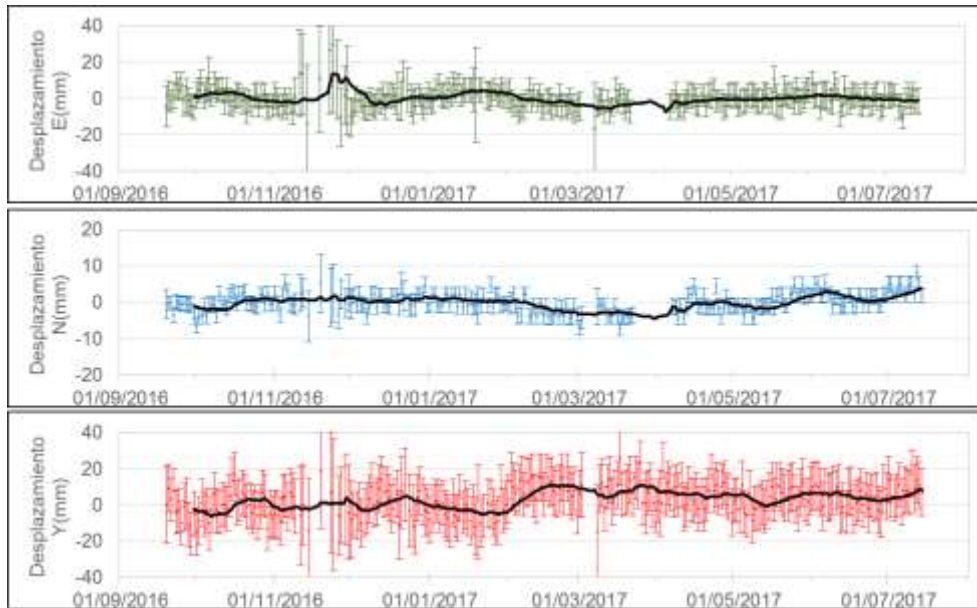


Figura 22. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cufiño instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre septiembre de 2016 y julio de 2017.

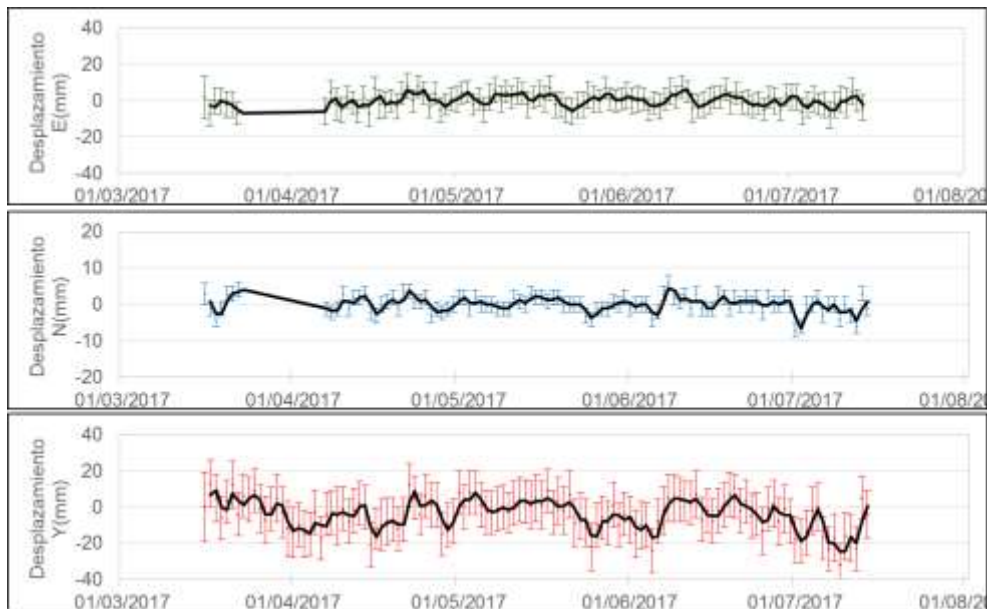


Figura 23. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Nariño instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre marzo y julio de 2017.

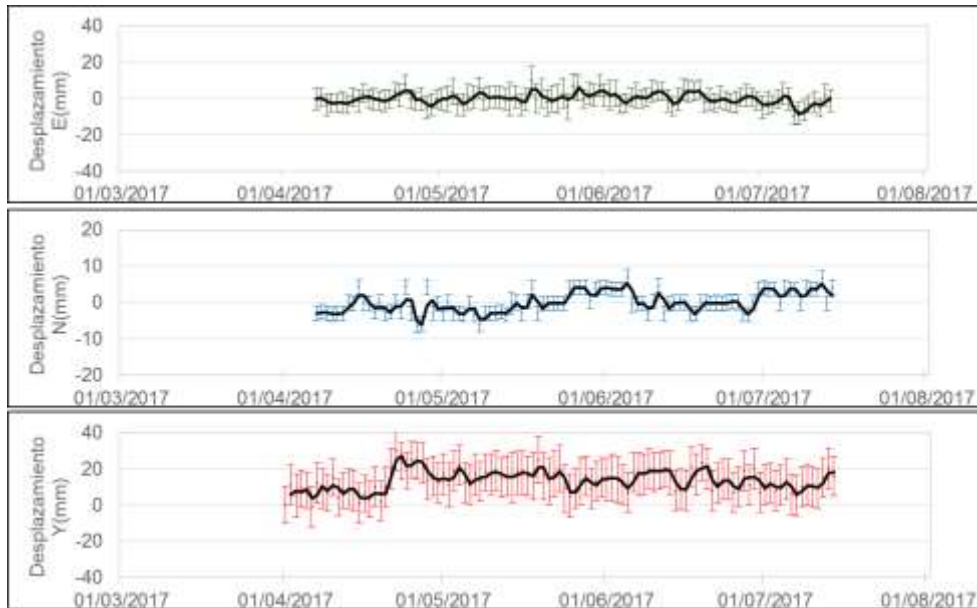


Figura 24. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Condor-2 instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre abril y julio de 2017.

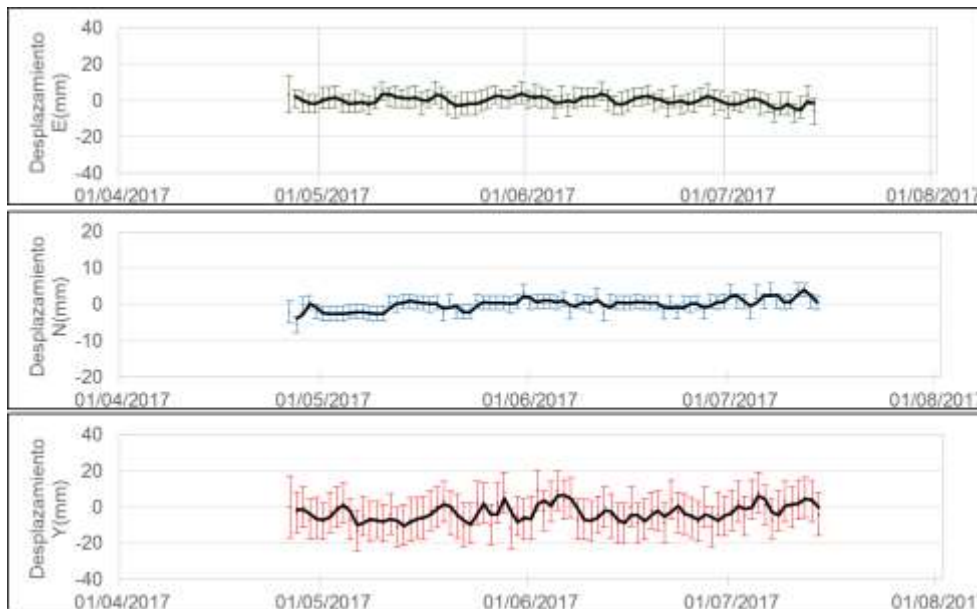


Figura 25. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cobanegra instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre abril y julio de 2017.

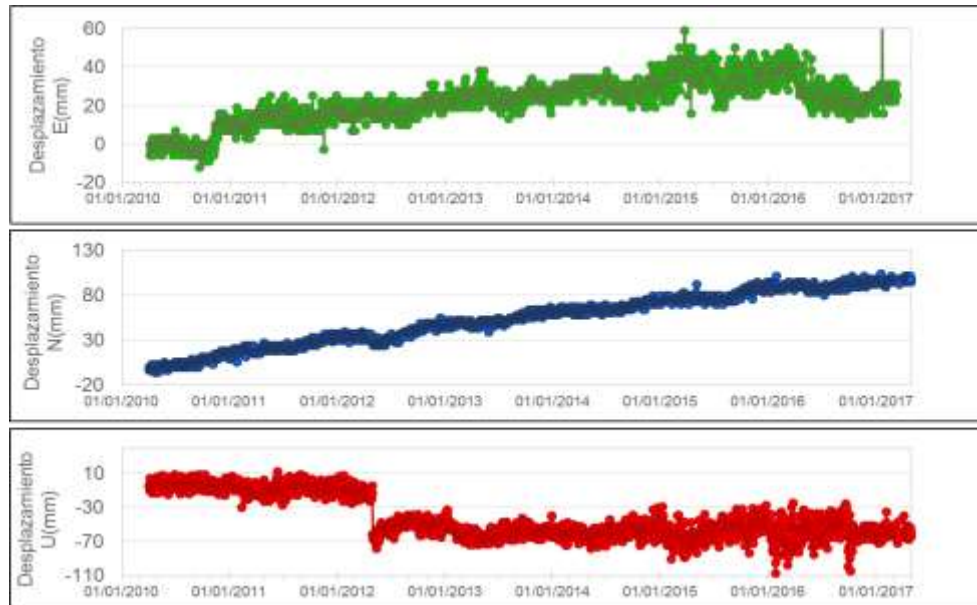


Figura 26. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Quill instalada en el aeropuerto Antonio Nariño, en el Municipio de Chachagui, Departamento de Nariño, para el periodo comprendido entre febrero de 2010 y el 15 de julio de 2017

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 julio 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 entró nuevamente en funcionamiento a partir del 19 de junio, luego de estar por fuera cerca de dos meses debido a una tormenta eléctrica.

La información del Campo Magnético Terrestre total (F), registrado en el sensor magnético ubicado en la estaciones Frailejón, Cráter y Barranco, permiten identificar variaciones asociadas principalmente con los efectos día-noche (Figura 27), 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 28, 29 y 30), 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 27; 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 julio 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 28.470 nT. La estación magnética Cráter varió en un rango no mayor a los 140 nT, con un valor promedio del campo total, para el mes de noviembre de 33.300 nT y la estación Barranco varió en un rango menor a los 130 nT, con un valor promedio del campo total de 28.340 nT (Figura 27).

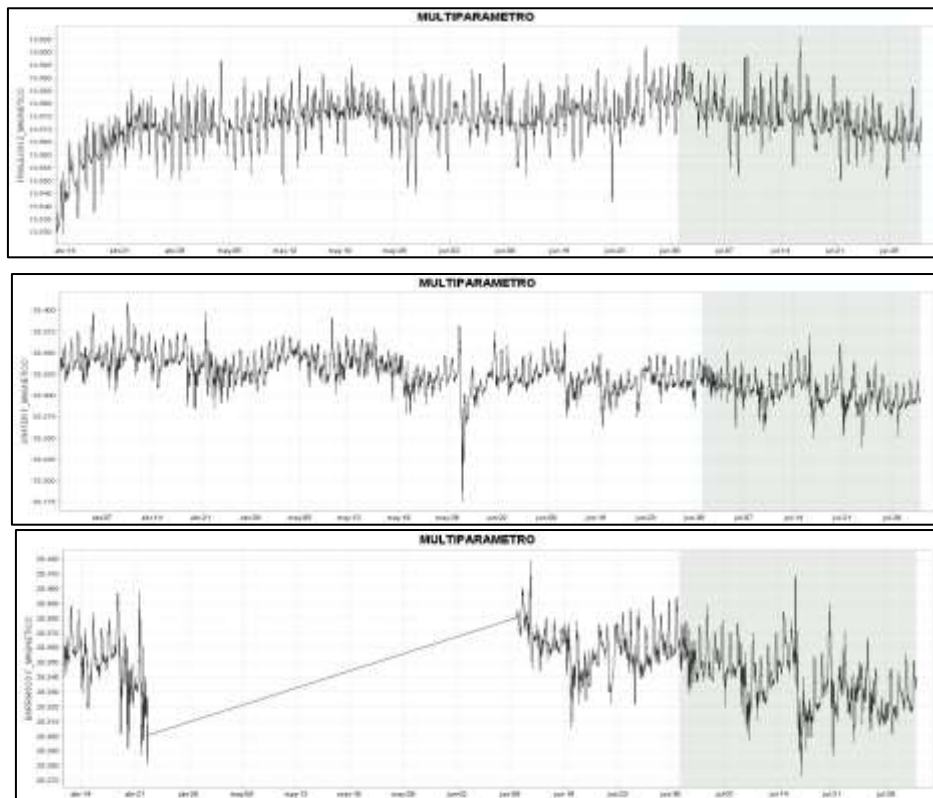


Figura 27. Campo magnético total (F), registrado en las estación de Frailejón (arriba), Cráter (Centro) y Barranco (abajo), perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, entre los meses de abril y julio de 2017. La zona sombreada corresponde al mes evaluado, julio de 2017. La escala de medición está dada en nano Teslas (nT).

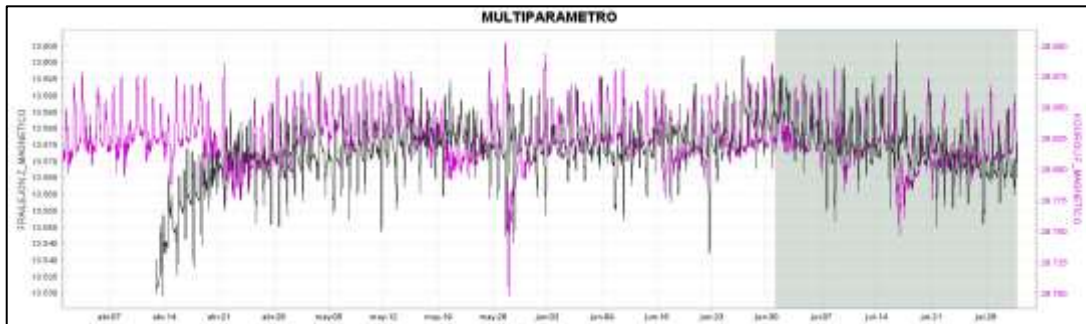


Figura 28. Campo magnético total (F), registrado en las estaciones de Kourou (Fucsia) y Frailejón (Negro), entre abril y julio de 2017, donde se resalta la correspondencia en la ocurrencia de las tormentas magnéticas. La escala de medición para las dos series de tiempo está dada en nano Teslas (nT).

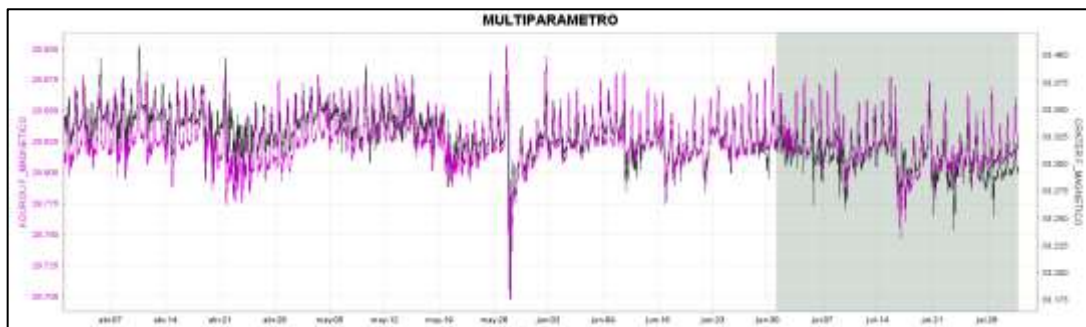


Figura 29. Campo magnético total (F), registrado en las estaciones de Kourou (Fucsia) y Cráter (Negro), entre abril y julio de 2017, donde se resalta la correspondencia en la ocurrencia de las tormentas magnéticas. La escala de medición para las dos series de tiempo está dada en nano Teslas (nT).

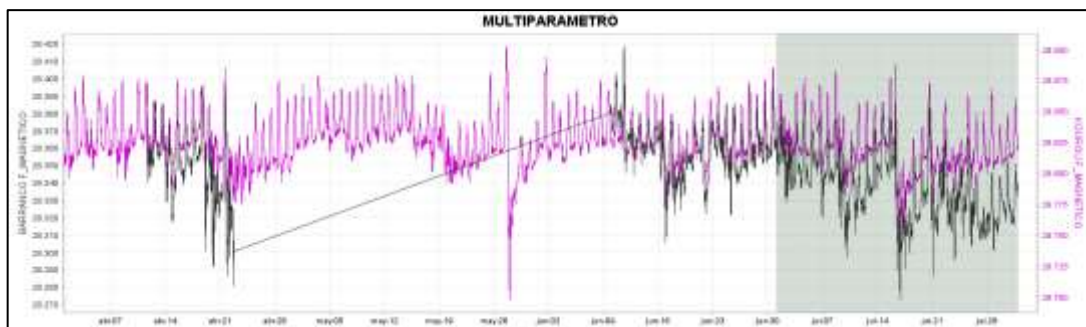


Figura 30. Campo magnético total (F), registrado en las estaciones de Kourou (Fucsia) y Barranco (Negro), entre abril y julio de 2017, donde se resalta la correspondencia en la ocurrencia de las tormentas magnéticas. La escala de medición para las dos series de tiempo está dada en nano Teslas (nT).

El campo eléctrico horizontal medido en 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 90 mV, que se considera como bajo, para una zona volcánica activa, y un valor promedio de campo de 310 mV (Figura 31). 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 32). El salto observado a mediados de Julio se debe a que justamente en esas fechas se realizó mantenimiento correctivo de la estación.



Figura 31. 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 abril y julio de 2017. La escala de medición del campo eléctrico está en mV.



Figura 32. Resultante horizontal del campo eléctrico para la estación Frailejón (Negro), en comparación con el comportamiento del régimen de lluvias (estación geónica en azul), en la zona de estudio, para el periodo comprendido entre los meses de abril y julio 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 dióxido de azufre. (Instructivo del APLICATIVO ISOLUCIÓN: IN-AME-OVS-020).

Se registran escaneos durante todos los días del mes de julio de 2017 (Figura 33 y 34, área sombreada), 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 los 148 y 554 Ton/día, valores considerados como bajos y moderados para el volcán Galeras (Figura 33 y 34, Tabla 10).

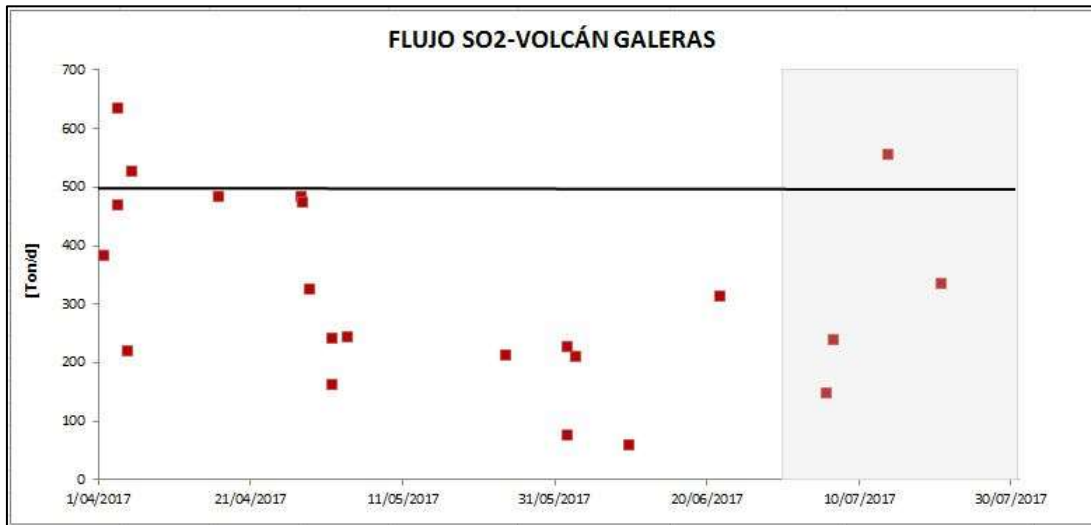


Figura 33. Flujo de dióxido de azufre (SO₂) Volcán Galeras – Julio de 2017.

Para este periodo se sigue evidenciando proceso de desgasificación en Galeras, tal y como se observa en las Figuras 33 y 34, también fue posible observar actividad superficial en Galeras desde las cámaras web instaladas en cercanías al volcán. Se presentaron valores fluctuantes de velocidad del viento durante el periodo evaluado, alcanzando un máximo de 9.5 m/s.

La dirección del viento durante el mes de julio, presentó un promedio de 302° en azimut, (en dirección noroeste). El mayor flujo de SO₂ registrado para el volcán Galeras durante el mes, se presenta el día 13 de julio de 2017 con un valor de 554 Ton/día, considerado valor moderado para el volcán Galeras.

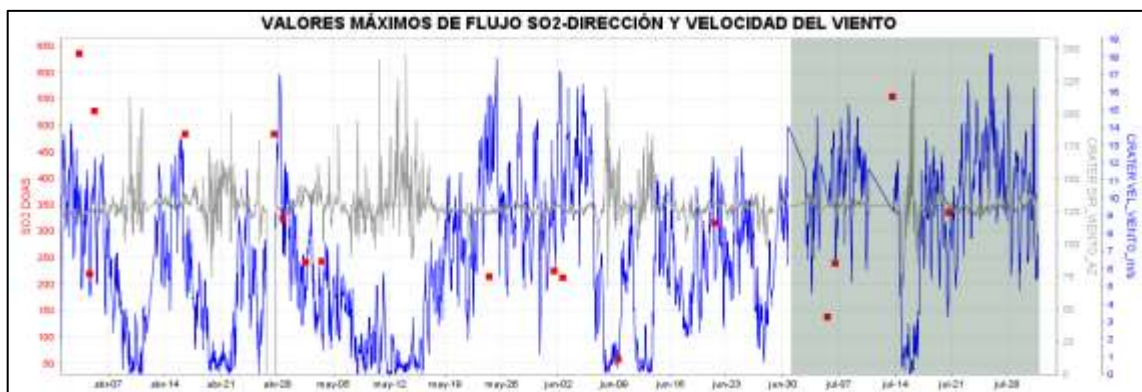


Figura 34. Flujo de dióxido de azufre (SO₂), velocidad y dirección del viento – Julio de 2017.

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

FECHA	HORA LOCAL	DIRECCION AZIMUT	VELOCIDAD [m/s]	Máximo flujo SO2 diario [Ton/d]	Estación de registro	Instrumento
05-jul-17	01:57 PM	279	8.3	148	Alto Tinajillas	SCANDOAS
06-jul-17	01:02 PM	279	7.6	238	Alto Tinajillas	SCANDOAS
13-jul-17	03:41 PM	310	9.5	554	Alto Tinajillas	SCANDOAS
20-jul-17	03:47 PM	339	5	335	Alto Jimenez	SCANDOAS

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

1.6 Actividad superficial

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

Los días 4, 5, 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 18 de julio de 2017, se observó emisión de gases desde las cámaras web de Barranco y Bruma. Los principales focos de emisión se ubican en el cráter principal, campos fumarólicos de El Paisita y el cráter secundario de Las Chavas al occidente del cono volcánico, son columnas de color blanco, poca altura y dispersión variable por acción del viento.

En las Figuras 35 a 42 se presentan algunas imágenes asociadas a procesos de emisión de gases de Galeras.



Figura 35. Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde la cámara ubicada en el sector de Barranco el 4 de Julio de 2017 a las 6:46 p.m. (izquierda) y el 5 de julio de 2017 a las 5:26 p.m (derecha).



Figura 36. Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde la cámara ubicada en el sector de Barranco el 11 de Julio de 2017 a las 12:18 p.m.



Figura 37. Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde las cámaras ubicadas en el sector de Bruma (izquierda), el 12 de julio de 2017 a las 3:44 p.m. y Barranco (Derecha) el 12 de julio de 2017 a las 4:09 p.m.



Figura 38. Registro fotográfico de la emisión de gases observada el 13 de julio del 2017 desde las cámaras ubicadas en Bruma (izquierda) a las 11:30 a.m. y Barranco (derecha) a las 11:48 a.m.



Figura 39. Registro fotográfico de la emisión de gases observada el 14 de julio del 2017 desde las cámaras ubicadas en Bruma (izquierda) a las 8:08 a.m. y Barranco (derecha) a las 8:12 a.m.



Figura 40. Registro fotográfico de la emisión de gases observada el 15 de julio del 2017 desde las cámaras ubicadas en Bruma (izquierda) a las 5:46 p.m. y Barranco (derecha) a las 4:43 p.m.



Figura 41. Registro fotográfico de la emisión de gases observada el 16 de julio del 2017 desde las cámaras ubicadas en Bruma (izquierda) a las 10:16 a.m. y Barranco (derecha) a las 10:27 a.m.



Figura 42. Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde la cámara ubicada en el sector de Barranco el 18 de Julio de 2017 a las 6:17 a.m.

1.7 CONCLUSIONES

En Galeras se registró disminución en la ocurrencia y un importante incremento 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 1.8 en la escala de Richter.

El volcán Galeras mantiene en general bajos niveles de emisión de SO_2 a la atmósfera, relacionado directamente con la baja actividad volcánica. Se continuará monitoreando y evaluando los datos de dióxido de azufre adquiridos desde las estaciones SCANDOAS.

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 – JULIO DE 2017

2.1 RED DE VIGILANCIA

En julio 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 43, Tabla 11).
- Un sensor de presión acústico ubicado en el sitio de la estación sismológica La Mesa (Figura 43).
- 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 43).
- A partir del 12 de julio se cuenta con un pluviómetro y un anemómetro instalados en el sitio donde se ubica la estación La Nieve (Figura 43).
- Cuatro inclinómetros electrónicos, dispuestos para el seguimiento de los cambios en superficie asociados a la deformación volcánica (Figura 44, Tabla 11)

Para este periodo la estaciones sísmicas, de inclinometría, climatológica y presión acústica tuvieron en promedio un porcentaje de funcionamiento del 80,1 % (Figura 45).

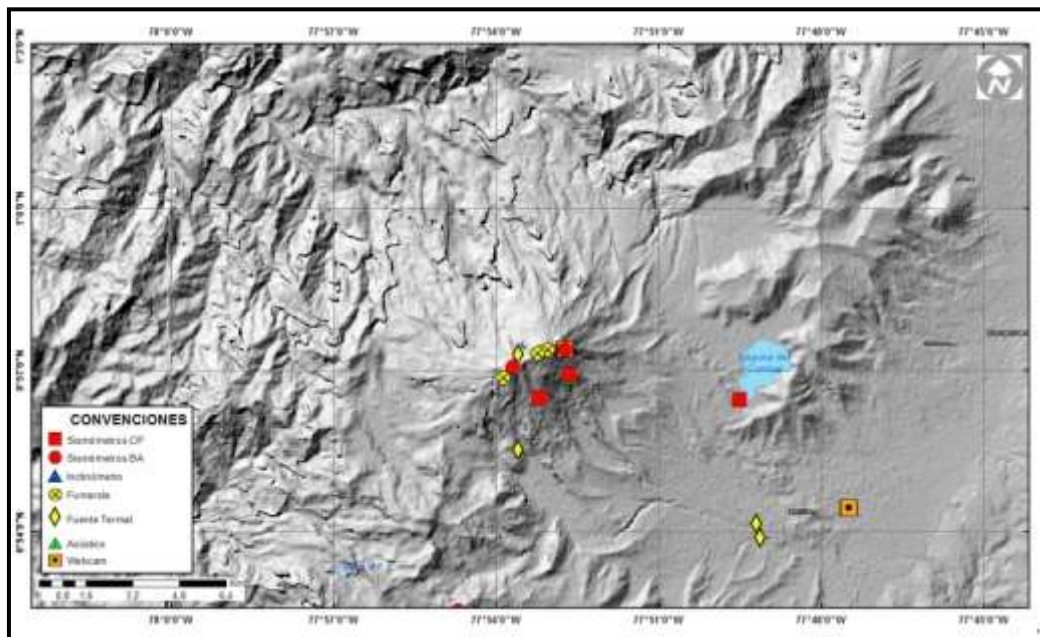


Figura 43. Mapa de localización de las estaciones telemétricas y no telemétricas que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico de Cumbal durante el mes de julio de 2017.

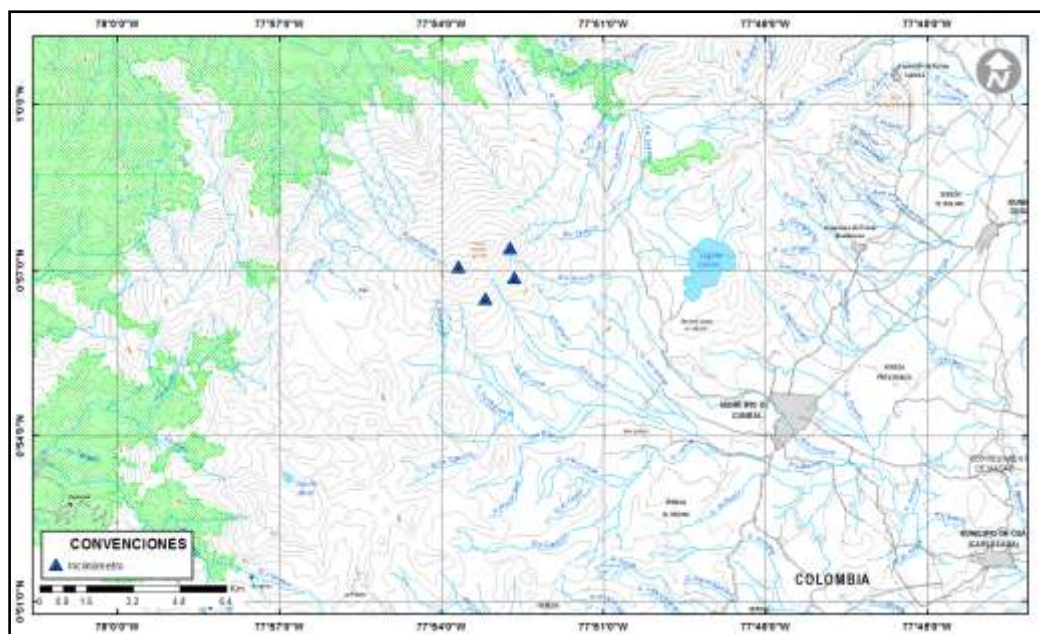


Figura 44. Mapa de localización de las estaciones de deformación volcánica, inclinómetros electrónicos que conformaron la red de vigilancia del Complejo Volcánico de Cumbal durante el mes de julio de 2017.

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

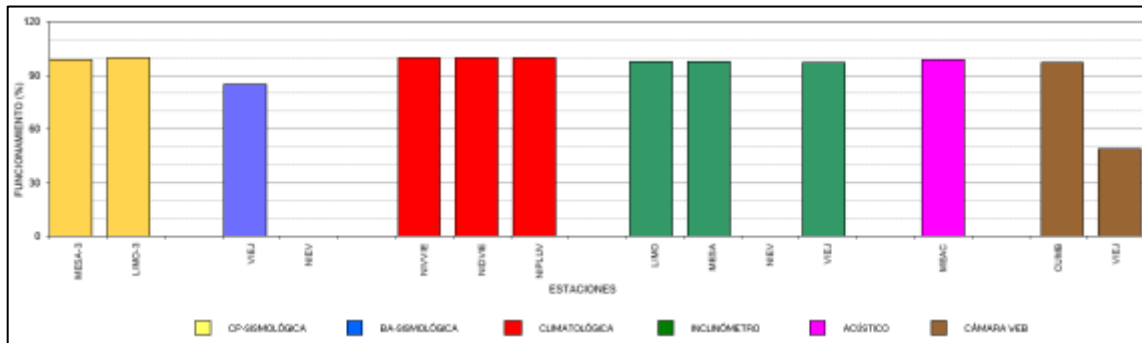


Figura 45. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico de Cumbal en julio de 2017.

2.2 SISMOLOGÍA

La sismicidad de julio en el complejo volcánico de Cumbal (CVC) disminuyó un 21% su número pasando de 2111 a 1673 eventos en comparación con el mes de junio. La sismicidad dominante fue la asociada con movimiento de fluidos, tanto los de fuente transitoria al interior del volcán (LPS) con 1050 eventos que representan el 63% del total, como también los sismos de tipo tremor (TRE), con 318 sismos que representan el 19% de los eventos. Se registraron 220 sismos asociados con fractura de roca al interior del volcán (VT) y 85 eventos que involucran fractura de roca con el subsiguiente tránsito de fluidos (HIB) que representan el 13% y 5% de la sismicidad respectivamente (Tabla 12, Figuras 46 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 20 de julio, con 138 sismos (70 LP, 52 VT, 9 TRE y 7 HIB).

Tabla 12. Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el CVC entre junio y julio de 2017.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					
	VT	LPS	TRE	HYB	VOL	TOTAL
Junio de 2017	107	1498	472	34	0	2111
Julio de 2017	220	1050	318	85	0	1673

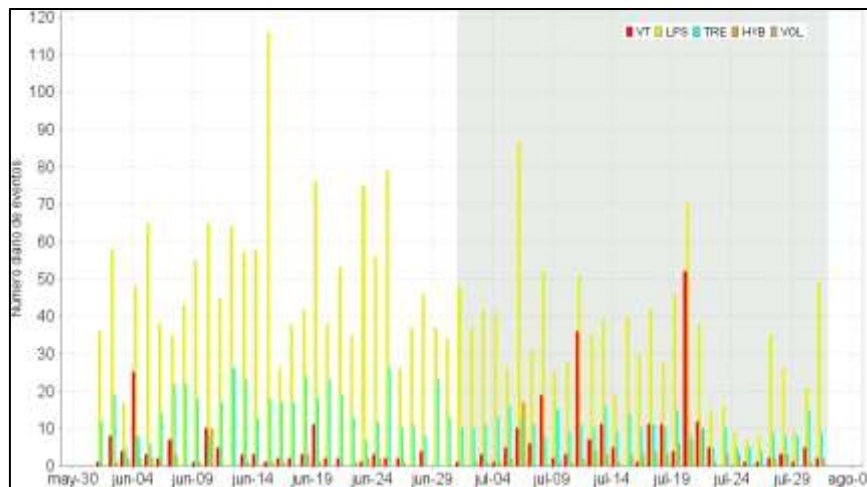


Figura 46. Ocurrencia diaria de sismos por tipo de evento en el CVC, para el periodo comprendido entre el 1 de junio y el 31 de julio de 2017. El recuadro gris resalta el periodo evaluado en este informe.

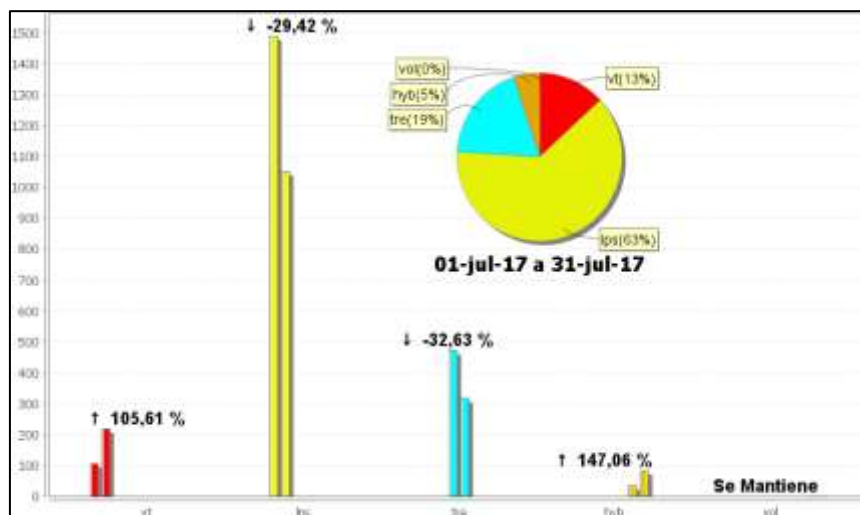


Figura 47. Relación porcentual de ocurrencia sísmica mensual por tipo de evento en el volcán Cumbal entre junio y julio de 2017. En la Figura el valor de los porcentajes se aproxima a valores enteros.

Con respecto a los valores registrados en el mes anterior, los sismos de tipo VT duplicaron su número y los sismos de tipo HIB aumentaron 2.5 veces su ocurrencia, los LP disminuyeron en un 30% y los episodios de tremor (TRE) en un 33% (Tabla 12, Figuras 46 y 47).

Se destaca el registro de 11 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 julio presentaron en general varios picos en su espectro de frecuencias y un pico dominante entre 2.0 y 2.5 Hz, otros sismos TOR presentaron el pico dominante entre 1.1 y 1.7 Hz (Figura 48). Las señales sísmicas y los componentes espectrales de los eventos tipo TOR del CVC indican que están asociados con movimiento de fluidos que implican resonancia en los conductos volcánicos que los contienen y están relacionados principalmente con el sistema hidrotermal del CVC. Se resalta que a diferencia del volcán Galeras, los eventos TOR del CVC no muestran en sus parámetros evaluados una correlación con procesos de presurización del sistema.

Fue posible localizar 48 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 2.5 km con respecto a La Plazuela, magnitud local máxima de 1.2 y profundidades menores de 3 km con respecto a su cima (4700 m). Algunos sismos se ubicaron dispersos a distancias entre 3.0 y 12 km del cráter la Plazuela, con magnitud local máxima de 1.5 y profundidades entre 3 y 8.5 km con respecto a su cima (4700 m) (Figura 49). Los dos sismos de mayor magnitud local de julio en el CVC ocurrieron el 6 a las 13:38 hora local ubicado a 4 km al norte del cráter La Plazuela, con profundidad de 6 km y ML de 1.3; el otro sismo ocurrió el 21 a las 02:13 hora local, ubicado a 3.5 km al ESE del cráter La Plazuela, con profundidad de 1.9 km y ML de 1.5 (Tabla 13). La energía de los sismos localizados en julio de 2017 alcanzó un valor de 3.27×10^{14} ergios.

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

Fecha	Hora local	Latitud	Longitud	Prof. km	ML
06/07/2017	13:38	0-59.43	77-53.05	6.2	1.3
21/07/2017	02:13	0-57.04	77-51.43	1.9	1.5

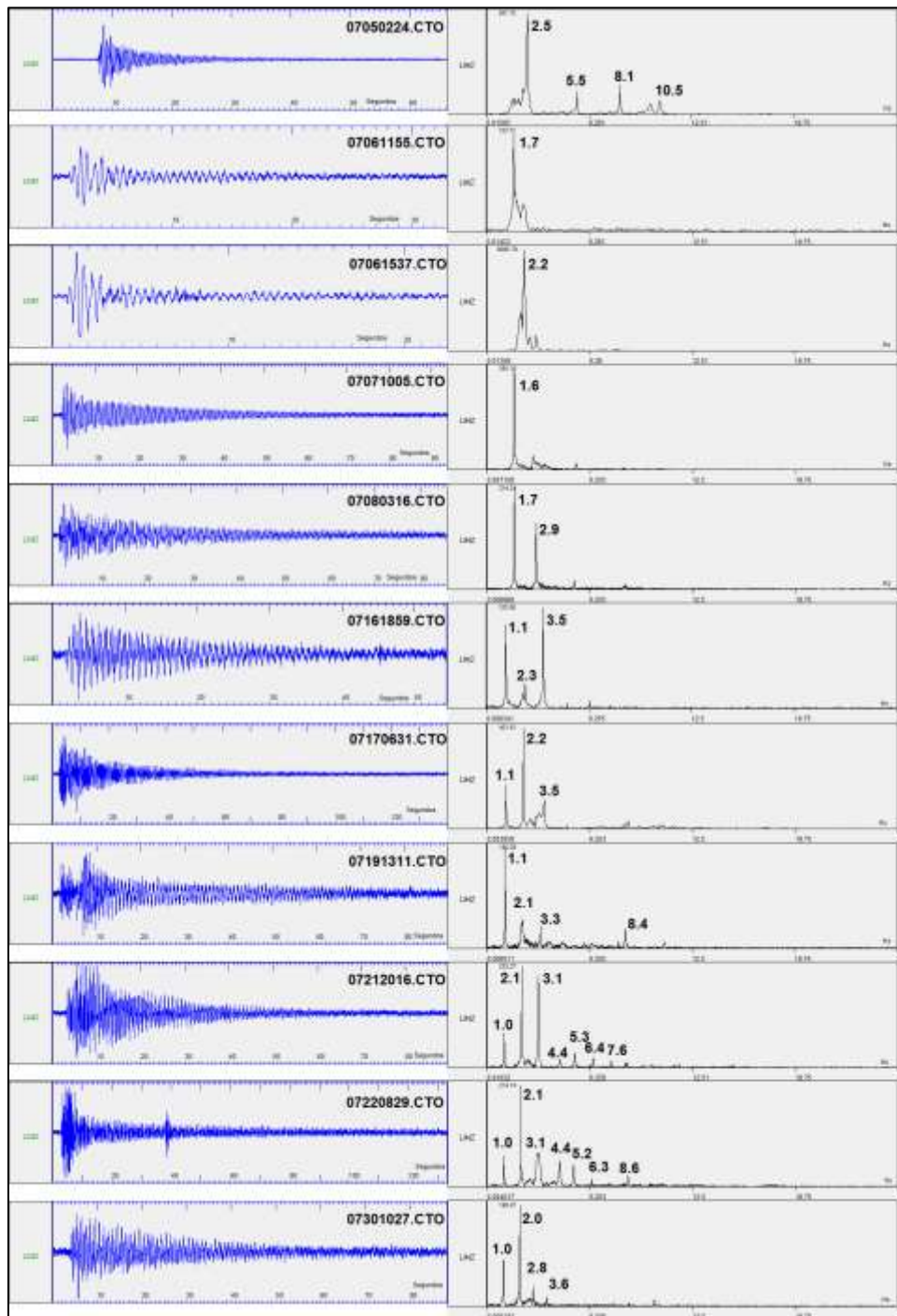


Figura 48. Sismogramas y espectros en frecuencia de los eventos TOR, registrados en julio de 2017 en la componente vertical de la estación Limones del CVC.

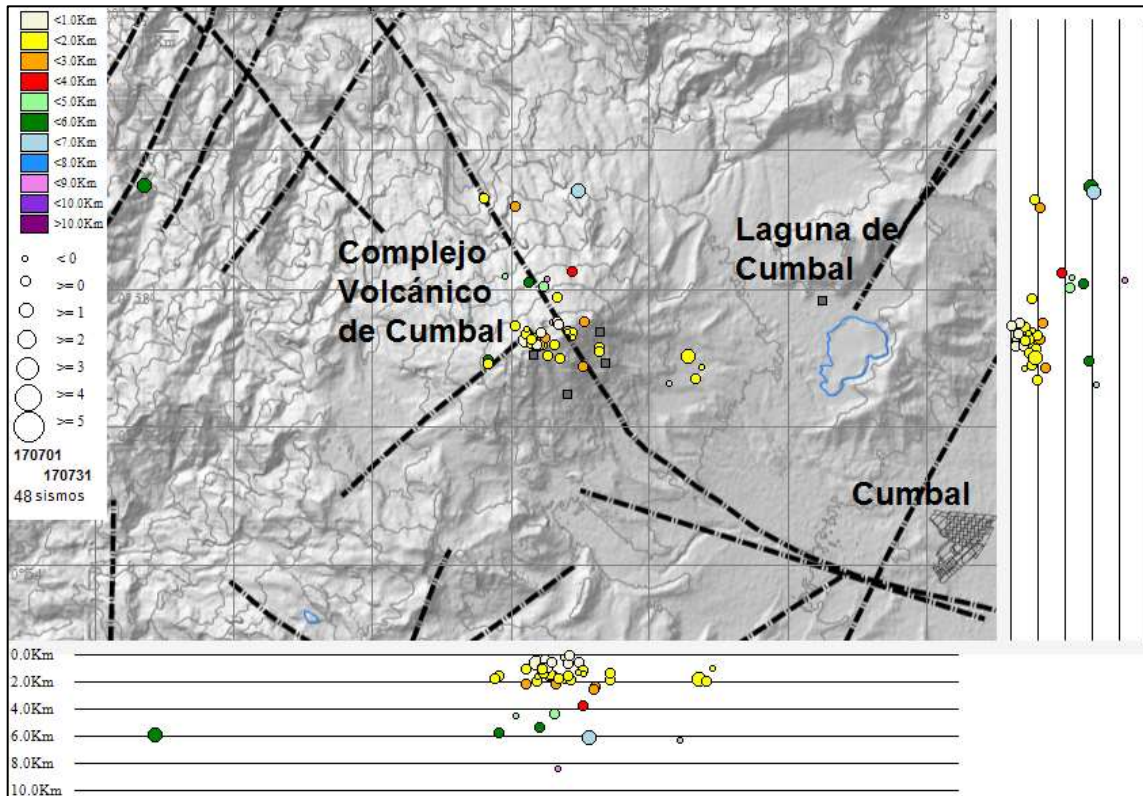


Figura 49. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 31 de julio de 2017. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2,0 Km de profundidad respecto a la cima volcánica (4760 m).

2.3 DEFORMACIÓN

Las componentes de los inclinómetros La Mesa, Limones y Punta vieja, muestran tendencias estables, con variaciones que probablemente están asociadas con la temperatura ambiente (Figuras 50, 51 y 52). El inclinómetro Nieves salió de funcionamiento a partir del 11 de abril de 2017 por una tormenta eléctrica que dañó el sensor.

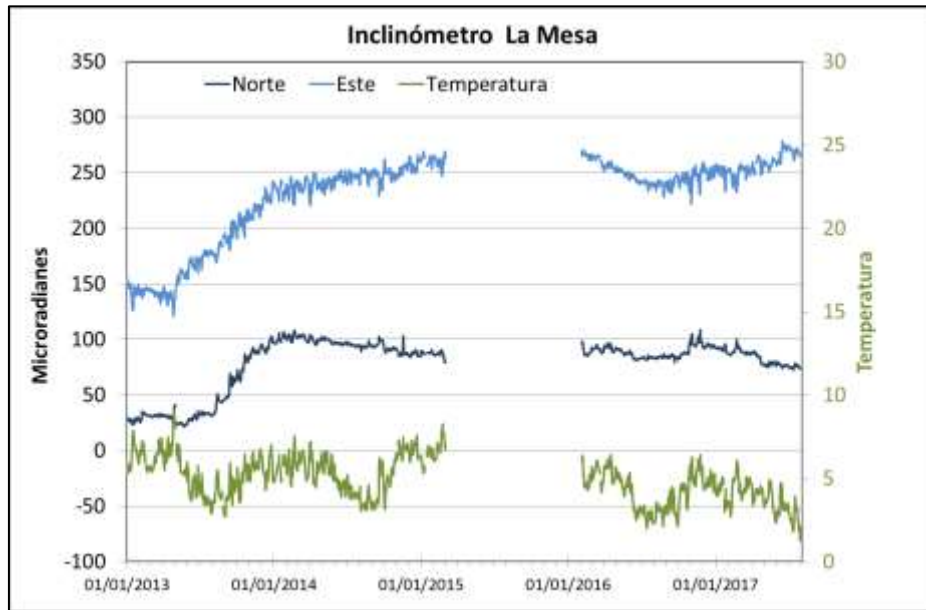


Figura 50. Componentes de inclinación Norte, Este y temperatura del inclinómetro electrónico La Mesa, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de julio de 2017.

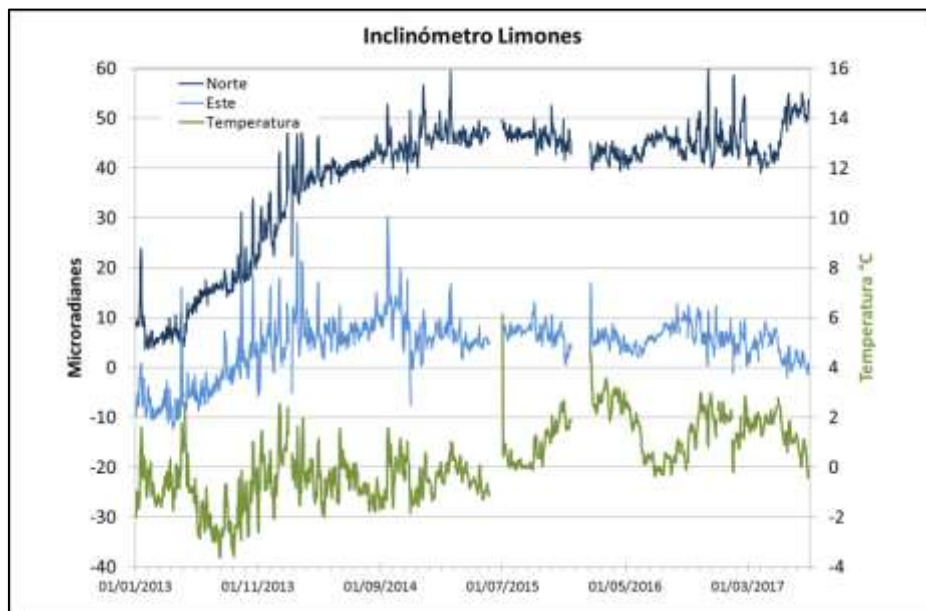


Figura 51. Componentes de inclinación Norte, Este y temperatura del inclinómetro electrónico Limones, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de julio de 2017.

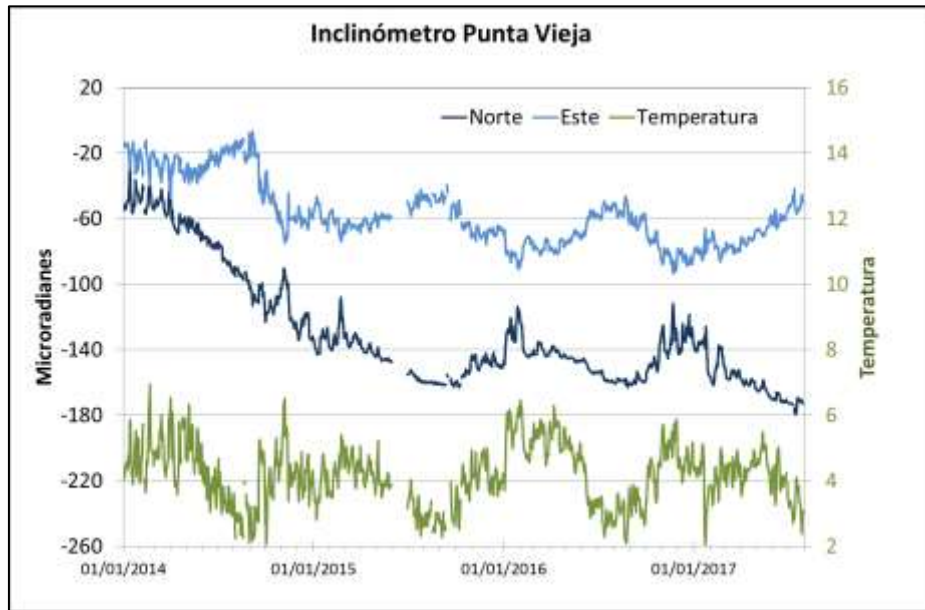


Figura 52. Componentes de inclinación Norte, Este y temperatura del inclinómetro electrónico Punta Vieja, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de julio de 2017.

2.4 GEOQUÍMICA

2.4.1 Muestreo de aguas en fuentes termales-volcán Cumbal.

El volcán Cumbal cuenta con una red actual de monitoreo de 5 fuentes termales (FT), entre las que se encuentran: FT Hueco Grande, FT Salado de Cuetial, FT Zapatero, FT Las Cruces y FT Güalgüeros. (Figura 43, tabla 14). No fue posible realizar muestreo de aguas en las FT Las Cruces y Güalgüeros y gases de las fumarolas Rastrojo, Las Bandas, Boca Vieja, El Verde y Desfondada, debido a que las condiciones climáticas en la cima volcánica no favorecieron el trabajo en campo.

Las fuentes termales de Cumbal presentaron potenciales de hidrógeno (pH) cercanos a la neutralidad, se registraron de 6.1, 6.2 y 6.7 para las FT Salado de Cuetial, Zapatero y Hueco Grande respectivamente.

Tabla 14. Fuentes termales volcán Azufral – julio 2017.



Las tres FT cercanas a la neutralidad deben su característica a su origen hidrotermal combinado con agua meteórica y la presencia de iones, producto de la lixiviación de las rocas, destacándose la presencia del ión bicarbonato. (HCO_3^{-2}). Estas fuentes termales se visitaron entre los días 26 y 27 de septiembre del 2017.

En las siguientes figuras se puede observar las variaciones de temperatura, conductividad eléctrica, pH y alcalinidad en el tiempo, respecto a meses anteriores, las mediciones corresponden a las FT de la zona de influencia del volcán Cumbal registradas en trabajo de campo durante el mes de julio.

Para el caso de la temperatura (Figura 53) se observan pequeñas variaciones con respecto a meses anteriores. Con respecto a la conductividad eléctrica (Figura 54) puede verse de manera más clara un ligero incremento para las FT Zapatero y Hueco Grande, mientras que la FT Salado Cuetial presenta variaciones similares en el tiempo, esta variable indica la concentración de iones en el manantial y podría estar relacionado con el leve incremento de temperatura comparado con meses anteriores, es importante continuar realizando el monitoreo a este parámetro para determinar diferencias dentro de la línea base de comportamiento, su relación con la actividad volcánica y posibles anomalías.

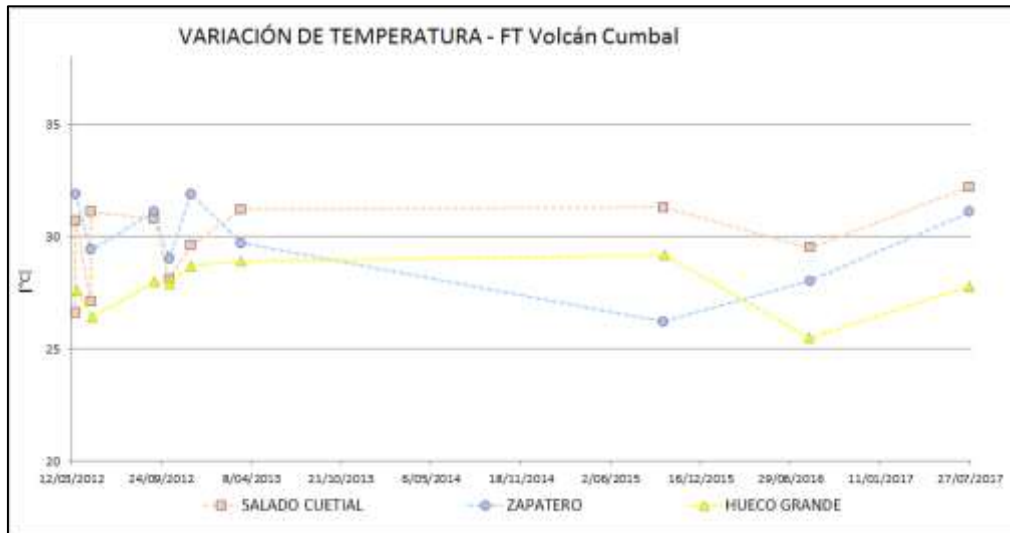


Figura 53. Variación de temperatura de las FT de Volcán Cumbal – julio 2017.

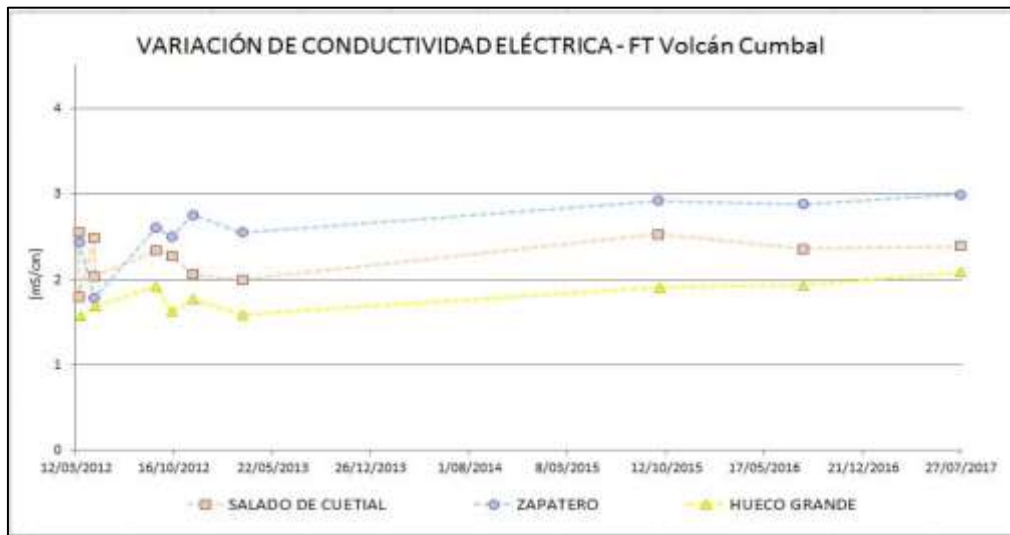


Figura 54. Variación de la conductividad eléctrica en las FT de Volcán Cumbal – julio 2017.

Los manantiales de Cumbal aquí registrados se clasifican como termales (tabla 15), de acuerdo a su temperatura:

Tabla 15. Clasificación de aguas termales de acuerdo a la temperatura.

TEMPERATURA	CLASIFICACIÓN
20-35°C	Aguas hipotermas
35-45°C	Aguas mesotermas
45-100°C	Aguas hipertermas
100-150°C	Aguas supertermas

- **Fuente termal Zapatero**

Temperatura superficial: 31.1°C (Temperatura registrada en julio de 2017 con termómetro digital y cámara térmica).

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: Por la temperatura de la manifestación termal puede ser clasificada como hipotermal. Presenta también una conductividad eléctrica de 2,9 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio en baja concentración.

- **Fuente termal Hueco Grande**

Temperatura superficial: 27,8°C. (Temperatura registrada en julio de 2017 con termómetro digital y cámara térmica) (Figura 55).

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: puede ser clasificada según su temperatura como hipotermal. Presenta una conductividad eléctrica de 2,0 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en solución en baja concentración.



Figura 55. Imagen térmica FT Hueco Grande julio 2017.

- **Fuente termal Salado de Cuetial**

Temperatura superficial: 32.2°C. (Temperatura registrada en julio de 2017 con termómetro digital) (Figura 56).

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: puede ser clasificada según su temperatura como hipotermal. Presenta también una conductividad eléctrica de 2,4 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

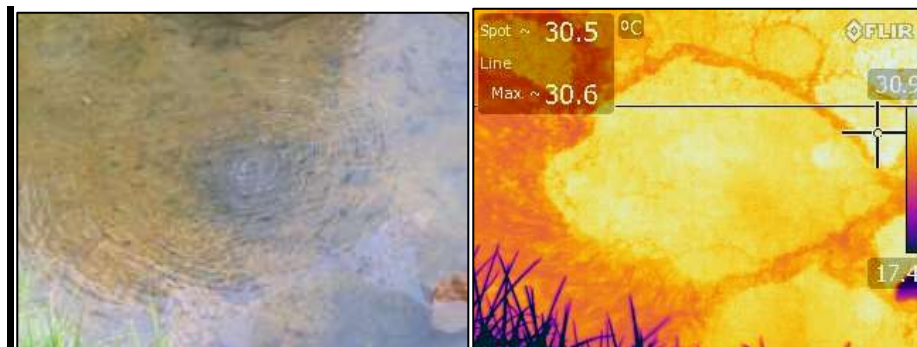


Figura 56. Imagen térmica FT Salado de Cuetial 2017.

En la figura 57 se presenta la variación del pH para la FT termales, no se observan cambios importantes en comparación con meses anteriores y la alcalinidad expresada en términos de concentración del ión bicarbonato (Figura 58) presenta una variación similar a la de meses anteriores, sin embargo es importante continuar realizando seguimiento a estos parámetros para determinar su relación con la actividad volcánica.

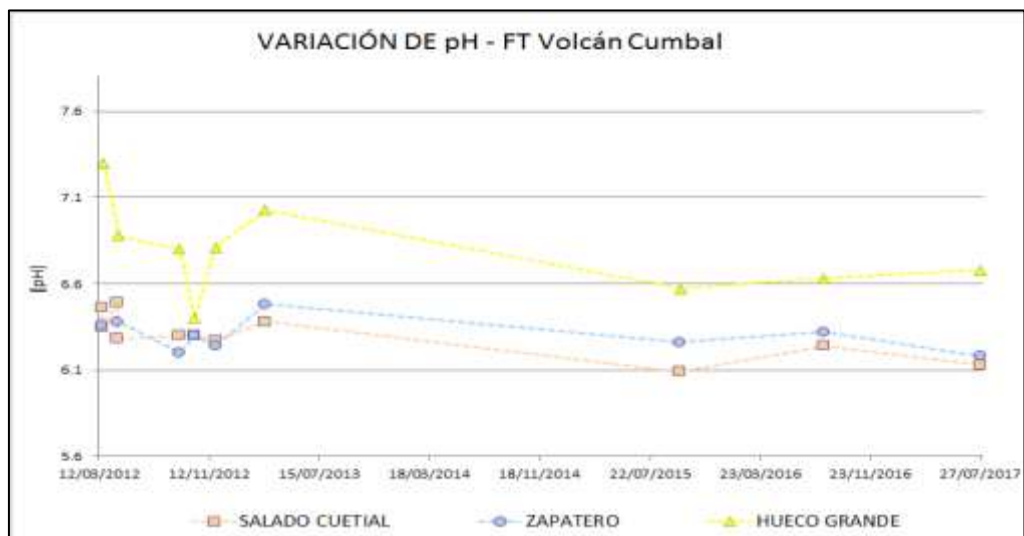


Figura 57. Variación del pH en las FT de Volcán Cumbal – julio 2017

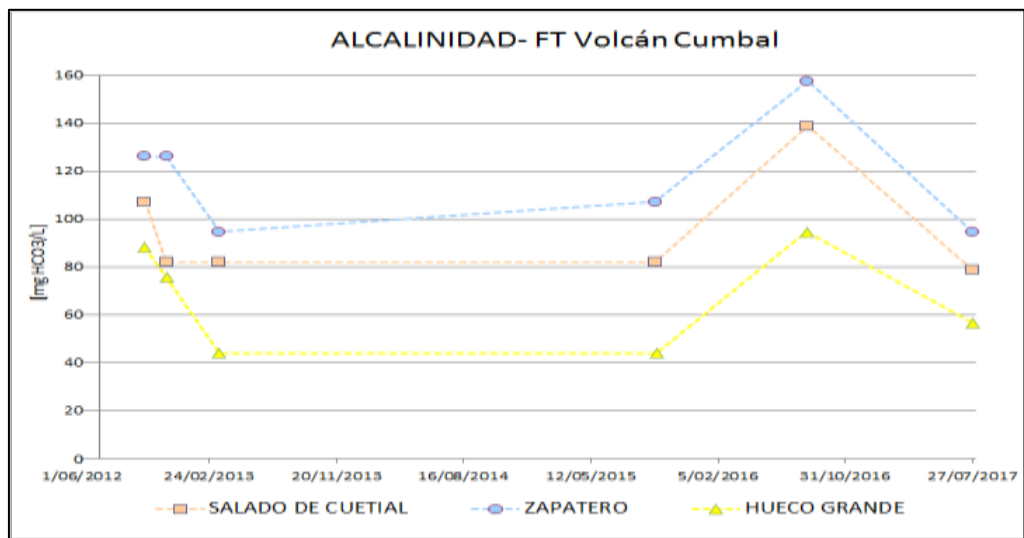


Figura 58. Variación de alcalinidad en las FT de Volcán Cumbal – julio 2017.

2.5 ACTIVIDAD SUPERFICIAL

Los días 15, 16, 17 y 20 de julio de 2017 con la cámara web de Cumbal se observó emisiones de gases desde el campo fumarólico El Verde con pequeñas columnas de gas de color blanco, con dispersión variable por acción del viento. A la cámara web de Punta Vieja que no se estaba funcionando se le realizó su mantenimiento y entro en servicio el día 14 de julio de 2017.

Para el día 16 de julio de 2017, a las 10:36 a.m., el satélite Sentinel-2 (Agencia Espacial Europea -ESA-) captó imágenes multiespectrales de la zona del Complejo Volcánico Cumbal (CVC). En este momento la cima volcánica estaba despejada, observándose procesos de desgasificación, principalmente desde el campo fumarólico El Verde, localizado al nororiente del CVC, que pudieron ser captados simultáneamente por la cámaras de monitoreo del SGC-OVS Pasto en Punta Vieja (ubicada a aproximadamente 750 m al Este de La Plazuela) y en el casco urbano del municipio de Cumbal (11.8 km al sureste), ver figura 61.

En las Figuras 59 a 64 se presentan algunas imágenes asociadas a procesos de emisión de gases del complejo volcánico de Cumbal.



Figura 59. Imágenes de emisión de Gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal presentada el 15 de julio de 2017, capturadas desde el casco urbano de Cumbal (izquierda) y Punta Vieja (derecha) en horas de la mañana.



Figura 60. Imágenes de emisión de Gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal presentada el 16 de julio de 2017, capturadas desde el casco urbano de Cumbal (izquierda) a las 9:51 a.m y Punta Vieja (derecha) a las 6:36 p.m.



Figura 61. Observación de actividad superficial (mediante las cámaras web del SGC-OVS Pasto e imágenes satelitales) del Complejo Volcánico Cumbal, para el día 16 de julio de 2017, entre las 10:34 a.m. y las 10:36 a.m.



Figura 62. Imágenes de emisión de Gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal presentada el 17 de julio de 2017, capturadas desde el casco urbano de Cumbal (izquierda) a las 6:03 a.m y Punta Vieja (derecha) a las 6:06 a.m.



Figura 63. Imágen de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal (sector El Verde), el 20 de julio de 2017 a las 7:01 a.m., capturadas desde la cámara ubicada en la estación Punta Vieja.

2.6 CONCLUSIONES

En julio, en el Complejo Volcánico de Cumbal (CVC) se registró disminución en la ocurrencia sísmica manteniendo 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 3 km. El sismo de mayor magnitud alcanzó una ML de 1.5 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 julio 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 JULIO 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 64).

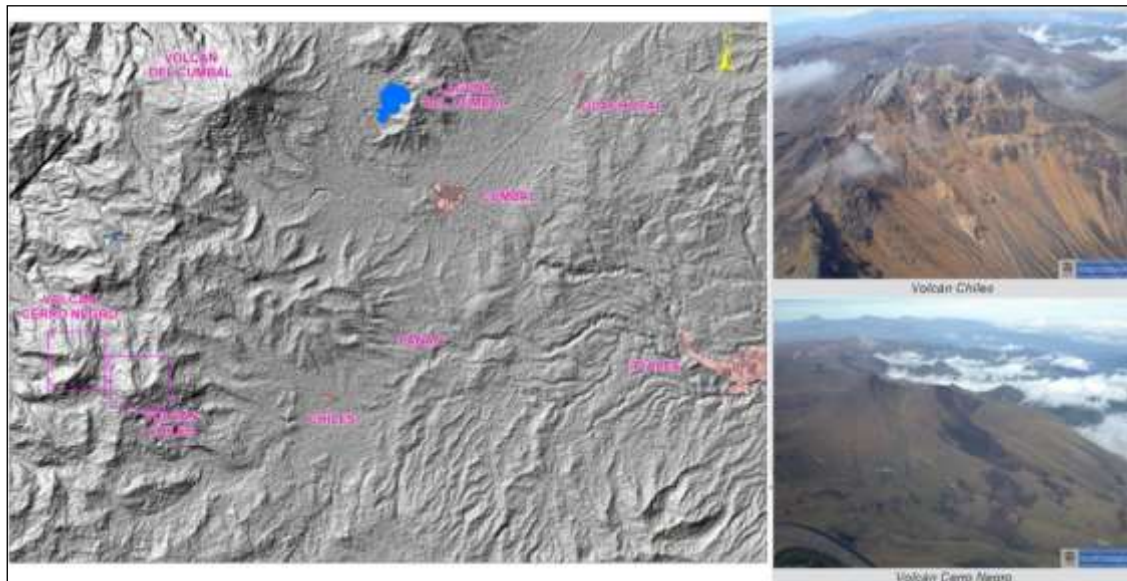


Figura 64. Localización de los volcanes Chiles y Cerro Negro (izquierda) e imágenes de los mismos (derecha).

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 - Julio 2017

estación Termales (Sismómetro y Termocupa 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 65, Tablas 14 y 15).

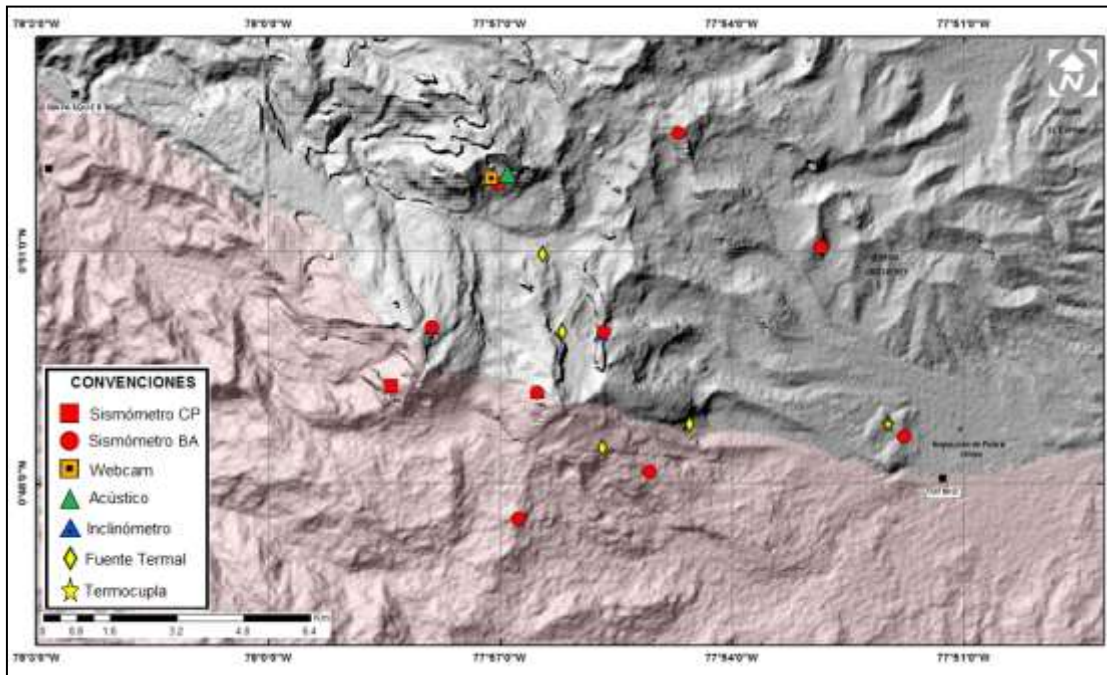







Figura 65. Estaciones telemétrica y no telemétricas que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro en el mes de julio de 2017.

Tabla 16. 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
Termales	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	9,3	E	3329

Servicio Geológico Colombiano

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

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

En el periodo evaluado, las estaciones de la red instalada para el monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro tuvo un funcionamiento promedio del 87,2 % (Figura 66).

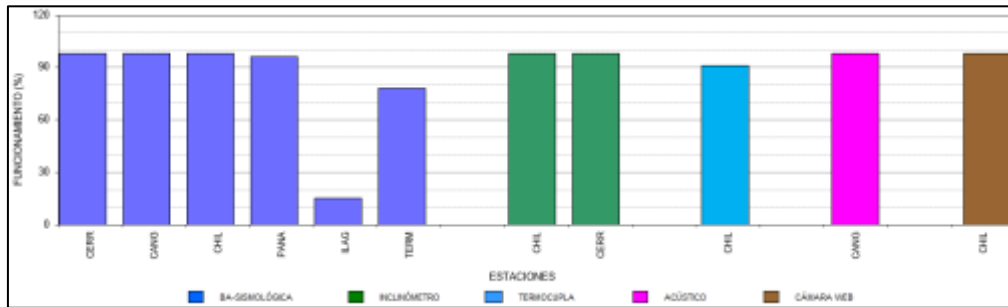


Figura 66. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro en julio de 2017.

3.3. SISMOLOGÍA

La sismicidad en los volcanes Chiles y Cerro Negro mostró un importante incremento tanto en ocurrencia como en energía con respecto a los meses anteriores. En comparación con junio, en julio se registró un aumento del número de sismos de casi el doble, pasando de 767 a 1483 eventos. Continúa el predominio de la sismicidad asociada con fractura de roca al interior del volcán (VT) con 1479 eventos que representan el 99.7% del total y 4 eventos que fueron renombrados como LP, representando el 0.3% del total (Tabla 16, Figura 67). La sismicidad de tipo VT incrementó su ocurrencia 1.98 veces. El pico de ocurrencia sísmica se registró el día 14 con 402 sismos VT y se destaca el registro de picos secundarios de ocurrencia en los días 15 y 16 de julio con 328 y 262 eventos respectivamente (Figura 2.5.2.1). La energía sísmica de los eventos localizados en julio alcanzó un valor de 3.72×10^{16} ergios.

Tabla 18. Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en junio y julio de 2017 en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					TOTAL
	VT	LPS	TRE	HYB	VOL	
Junio de 2017	747	20	0	0	0	767
Julio de 2017	1479	4	0	0	0	1483



Figura 67. Ocurrencia diaria de sismos volcánicos por tipo durante junio y julio de 2017 en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro, el recuadro gris resalta el periodo evaluado en este informe.

Se localizaron 300 eventos VT la mayoría de los cuales se ubicaron hacia el sector sur de la zona de influencia del volcán Chiles en territorio ecuatoriano en distancias entre cero y 14.5 km, con profundidades entre 1.5 y 15 km con respecto a la cima de Chiles (4700 m) y con magnitud local máxima de 3.8 en la escala abierta de Richter. Por su disposición, se destacan 3 grupos de sismos, el primero ubicado en el sector sur-suroccidental de Chiles, en distancias entre cero y 4 km y profundidades menores de 6 km, los focos de éste grupo epicentral se disponen siguiendo en planta un sentido aproximado norte - sur; el segundo grupo de sismos está ubicado en el sector sur-suroccidental de Chiles en distancias entre 3.8 y 10.5 km y profundidades entre 6 y 12 km, los focos de este grupo epicentral se disponen en planta siguiendo un sentido SE-NW; finalmente el tercer grupo de sismos está ubicado al suroriente en distancias entre 10 y 13 km y profundidades entre 6 y 9 km, los focos de este grupo epicentral también se disponen en planta siguiendo un sentido aproximado SE-NW (Figura 68).

Se resalta el incremento en la ocurrencia y energía liberada a partir del día 14 de julio, con el registro de tres sismos a las 9:57, 11:58 y 15:12 horas locales, con magnitudes respectivas de 3.7, 3.8 y 3.4 en la escala abierta de Richter; estos eventos se ubicaron al sur-este del volcán Chiles a distancias de 7.4, 10.5 y 5.1 km, con profundidades de 7.8, 8.2 y 7.9 km con respecto a la cima del volcán Chiles (4700 msnm) y fueron reportados Informe mensual de actividad de los volcanes Galeras, Chiles – Cerro Negro, Cumbal, Las Ánimas, Doña Juana y Azufral - Julio 2017

como sentidos por habitantes de los municipios de Ipiales, Túquerres y Cumbal (Resguardos Indígenas de Chiles, Cumbal, Panán y Mayasquer). Entre el 14 y el 17 de julio se registraron cerca de 1060 sismos.

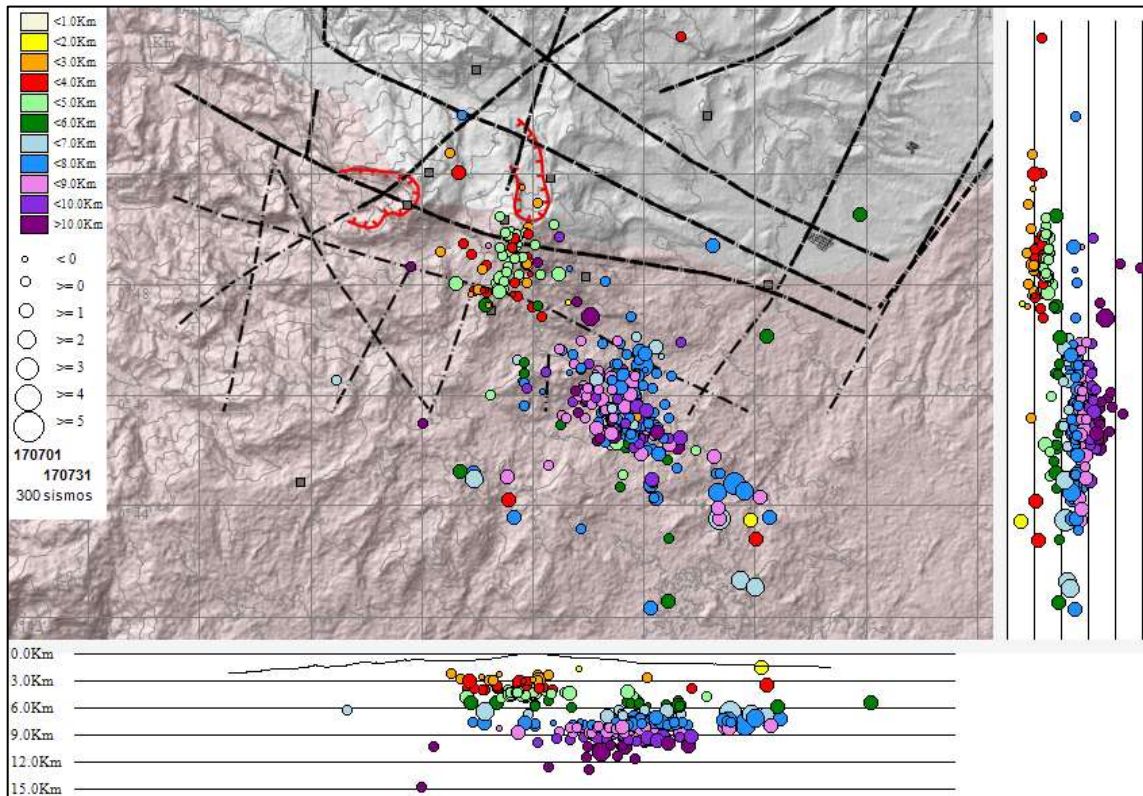


Figura 68. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 31 de julio de 2017. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 3,0 Km de profundidad respecto a la cima volcánica (4760 m).

La magnitud local de los sismos localizados de julio osciló entre -0.3 y 3.8 en la escala abierta de Richter. Se destaca el registro de 11 sismos con magnitud local mayor o igual a 2.0 en la escala de Richter, en la tabla 17 se consignan sus características de localización.

Tabla 19. Sismos con magnitud local mayor o igual a 2.0 grados en la escala de Richter registrados en Chiles - Cerro Negro en julio de 2017

Fecha	Hora local	Latitud	Longitud	Prof. km	ML
14/07/2017	09:49	0-45.03	77-54.02	7.6	2.5
14/07/2017	09:57	0-45.36	77-54.21	7.8	3.7
14/07/2017	11:58	0-44.41	77-52.36	8.2	3.8
14/07/2017	15:12	0-46.54	77-54.03	7.9	3.4
14/07/2017	15:17	0-45.52	77-54.03	7.6	2.0
14/07/2017	18:14	0-42.68	77-52.27	6.7	2.2
15/07/2017	00:50	0-42.54	77-52.01	6.9	2.6
16/07/2017	01:13	0-44.26	77-52.69	7.4	2.3
17/07/2017	07:30	0-44.27	77-52.21	7.1	2.2
19/07/2017	04:04	0-44.50	77-57.09	6.3	2.3
23/07/2017	20:25	0-47.43	77-55.00	10.9	2.3

3.4. DEFORMACIÓN

Las componentes del inclinómetro Chiles para el último año mostraron estabilidad, con cambios asociados a la temperatura ambiente (Figura 69). 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. Para el 2017, las dos componentes muestran tendencias descendentes acumulando cerca de 100 μ rad en cada una de ellas (Figura 70).

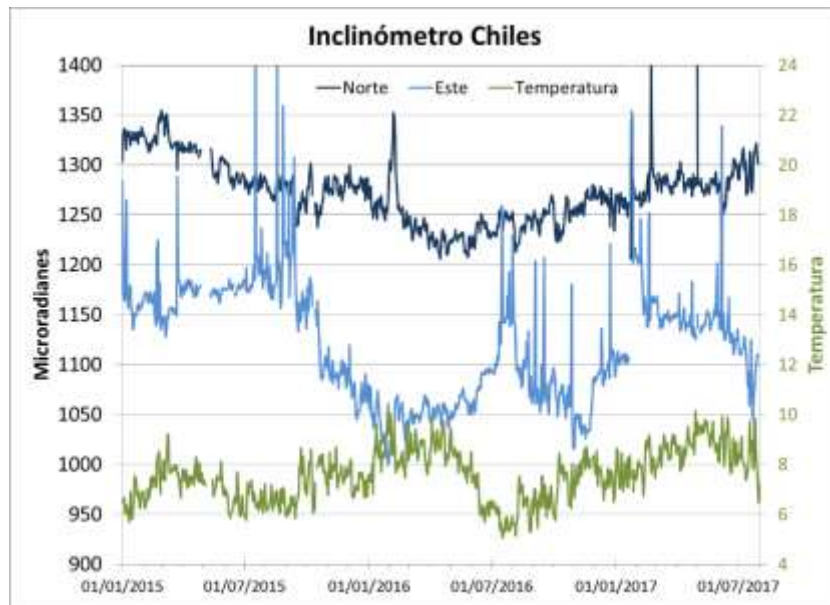


Figura 69. Componentes de inclinación Norte y Este, registro de temperatura del inclinómetro electrónico Chiles, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2017.

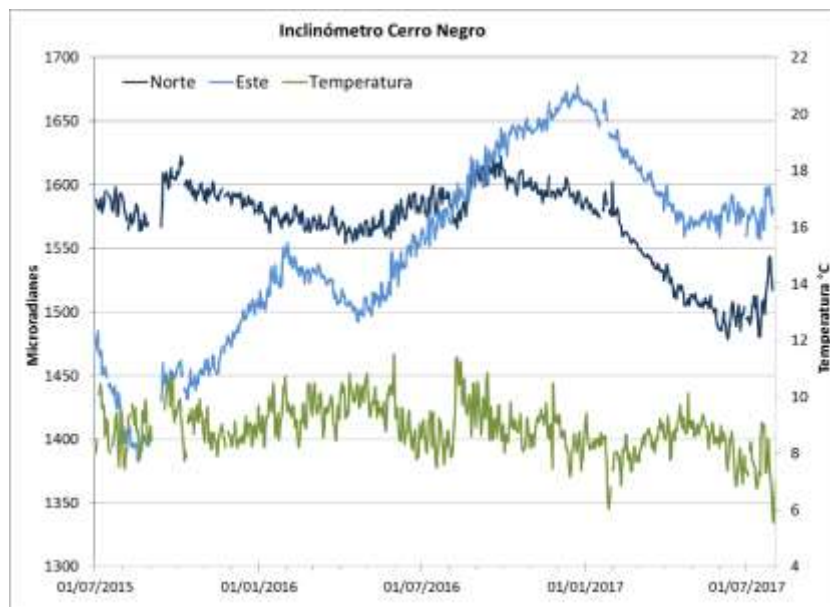


Figura 70. Componentes de inclinación Norte y Este, registro de temperatura del inclinómetro electrónico Cerro Negro, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de julio de 2015 y el 31 de julio de 2017.

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 julio de 2017 no se tuvo reportes relacionados con actividad superficial del Complejo Volcánico Chiles – Cerro Negro.

3.7 CONCLUSIONES

- En julio la sismicidad en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro mostró un importante incremento tanto en su ocurrencia como en su energía, con el registro de más de 1000 eventos asociados con fractura de roca al interior del volcán. Se destaca el registro de 11 sismos VT con magnitudes entre 2.0 y 3.8 grados en la escala de Richter, de los cuales al menos 3 se reportaron como sentidos en la zona de influencia de los dos volcanes.
- La sismicidad registrada desde finales de 2013 hasta la fecha se asocia con una posible intrusión magmática en profundidad, que hasta el momento no ha mostrado manifestaciones en superficie. A pesar de la tendencia general de disminución en la ocurrencia y energía de los sismos y la estabilidad de los otros parámetros medidos, ocasionalmente se presentan enjambres de sismos VT con picos de energía y ocurrencia con sismos sentidos por los habitantes de la zona, lo cual indica que los volcanes Chiles y Cerro Negro aún no han retornado a un estado de equilibrio, por lo tanto se mantiene 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 julio 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 – JULIO DE 2017

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

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

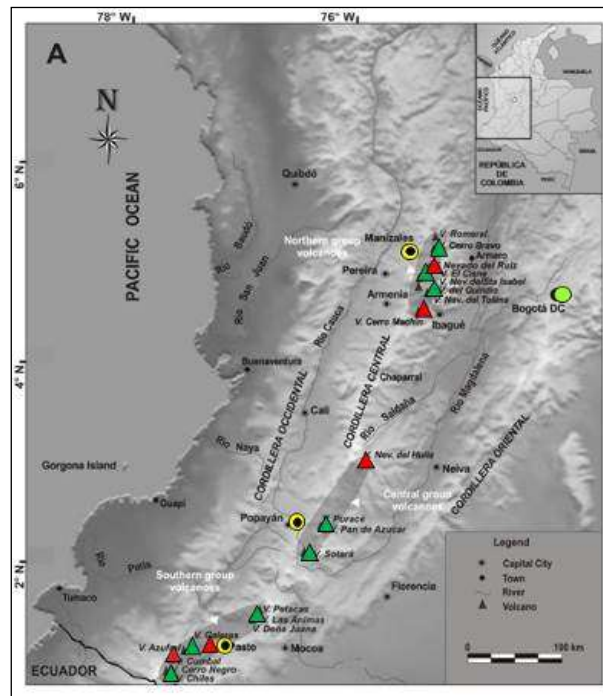


Figura 71. Localización de algunos volcanes del sur de Colombia, entre ellos están Galeras, Doña Juana, Azufral, Cumbal, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro monitoreados por el OVSP - Servicio Geológico Colombiano.

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

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

4.1 ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES DOÑA JUANA Y LAS ÁNIMAS

4.1.1 Red de vigilancia

La red de monitoreo de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas está distribuida de la siguiente manera: tres estaciones sísmicas, dos inclinómetros electrónicos localizados en las zonas conocidas como Altamira, Petroglifo y El Troje sobre el costado occidental del volcán Las Ánimas, 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; y se cuenta para el volcán Doña Juana con tres estaciones sísmicas telemétricas triaxiales, tres inclinómetros localizados en cada una de las estaciones sísmicas, dos GNSS, uno de ellos instalado al sector nororiente del volcán y el último instalado el 28 de junio de 2017 en el sitio de la estación Lavas. Es de resaltar que la estación multiparámetro Altamira (sísmica y deformación), se encuentra ubicada en los límites de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas (Tabla 18, Figura 72).

Adicionalmente se cuenta con la señal digital de la estación La Cruz que pertenece a la Red Sismológica Nacional de Colombia, RSNC (Tabla 18, Figura 72).

En el periodo evaluado, las estaciones de la red instalada para el monitoreo de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas tuvieron un funcionamiento del 92,4 % (Figura 73).

Tabla 20. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas de 2017

Estación	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia Respecto a Doña Juana (Km)	Dirección respecto a Doña Juana	Distancia Respecto a Las Ánimas (Km)	Dirección respecto a Las Ánimas	Altitud (msnm)
Páramo	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	2,0	S	12,3	SW	3533
I. Páramo	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	2,0	S	12,3	SW	3533
Florida	Digital	Sismómetro Corto Periodo	Triaxial	2,3	W	13,0	SW	3140
I. Florida	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	2,3	W	13,0	SW	3140
Lavas	Analógica	Sismómetro Corto Periodo	Triaxial	4,1	SW	15,5	SW	3145
I. Lavas	Analógica	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	4,1	SW	15,5	SW	3145
Lavas	Digital	GNSS	Triaxial	4,1	SW	15,5	SW	3145
La Palma	Digital	GNSS	Triaxial	2,7	N	9,0	SW	3477
Altamira	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	4,1	NE	7,9	SW	3137
I. Altamira	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	4,1	NE	7,9	SW	3137
Petroglifo	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	8,9	NE	4,6	W	2905
I. Petroglifo	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	8,9	NE	4,6	W	2905
Troje	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	9,6	NE	6,2	NW	2726
Pradera	Digital	GNSS	Triaxial	7,53	KW	4,0	WSW	2995
La Cruz	Digital	Sismómetro Corto Periodo	Uniaxial	7,5	NNW	10,3	W	2761

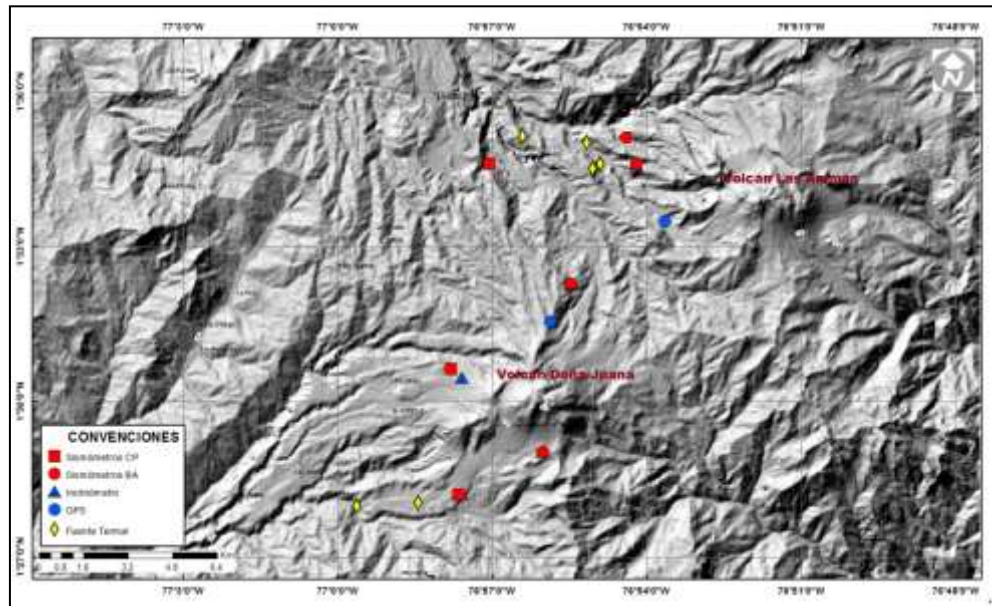


Figura 72. Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas durante el mes de julio de 2017. Adicionalmente se cuenta con una red de muestreo de aguas en fuentes termales y fuentes frías, resaltadas con r

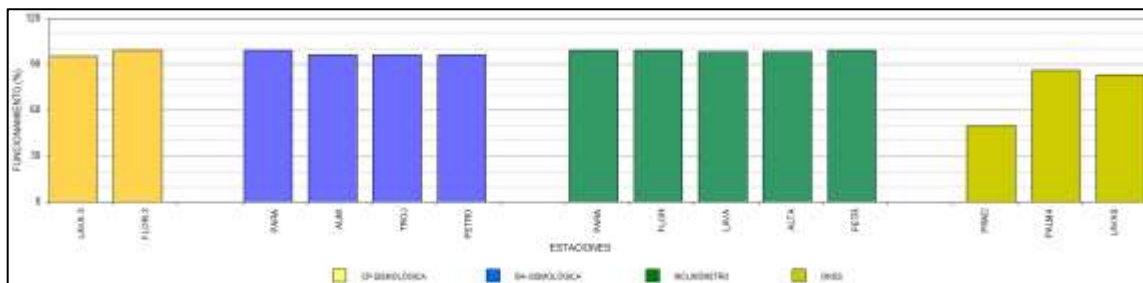


Figura 73. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas en julio de 2017.

4.1.2 Sismología

En julio se registró una disminución considerable de la sismicidad en la zona de influencia de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas, la ocurrencia diaria bajó un 94%, pasando de 79 a 5 eventos. Se registraron 5 sismos asociados con fractura de roca al interior del volcán (VT) (Tabla 21). Se localizaron 2 VT que se ubicaron hacia la zona de influencia del volcán Las Ánimas, a distancias de 4 y 7 km, profundidades de 6 y 17 km

con respecto a su cima (4300 m) y magnitud local de 1.1 y 1.5 respectivamente (Figura 74). La energía de los sismos localizados alcanzó un valor de 2.27×10^{14} ergios.

Tabla 21. Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en junio y julio de 2017 en la zona de influencia de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					
	VT	LPS	TRE	HIB	VOL	TOTAL
Junio de 2017	79	0	0	0	0	79
Julio de 2017	5	0	0	0	0	5

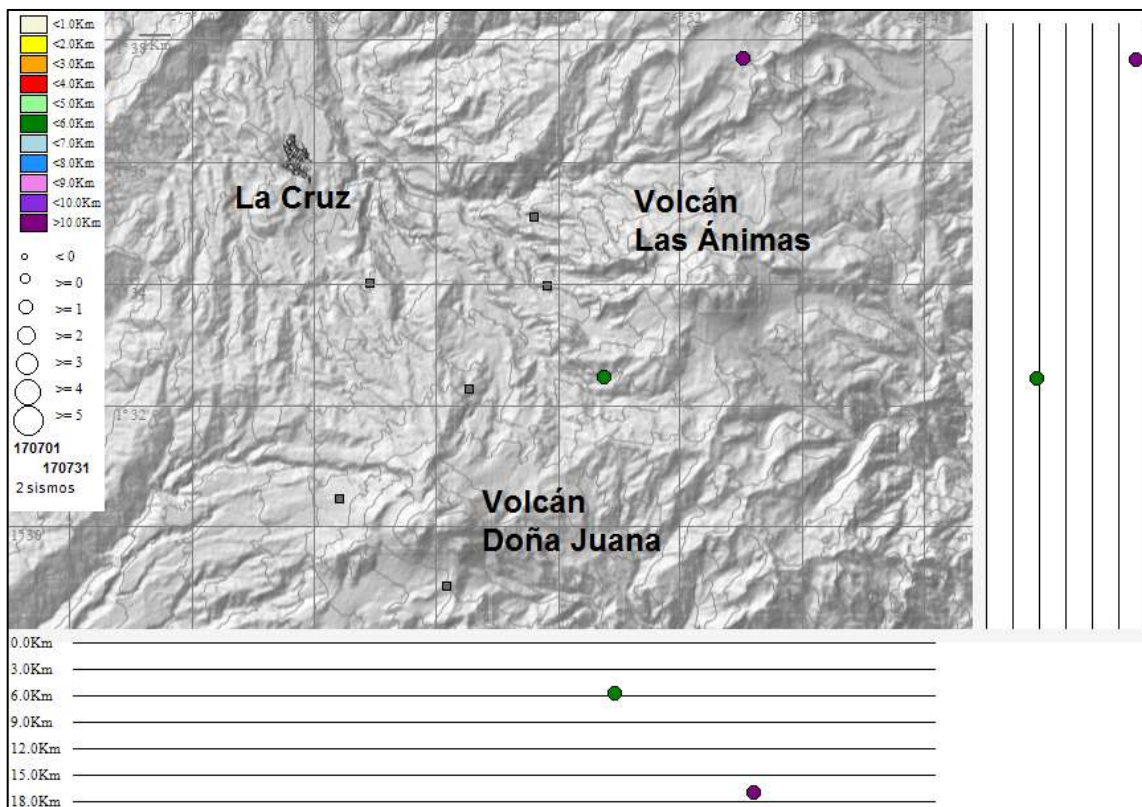


Figura 74. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Las Ánimas, en el mes de julio de 2017, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 3 km de profundidad con respecto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

4.1.3 Deformación

4.1.3.1. Inclinometría Electrónica

El inclinómetro Altamira, en el 2017, muestra estabilidad en sus componentes (Figura 75). El inclinómetro Petroglifo no está funcionando por problemas electrónicos. 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 (Figura 76). El inclinómetro Páramo después del mantenimiento, tiende a estabilizarse (Figura 77). El inclinómetro Florida presenta interferencias en sus componentes.



Figura 75. 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 el enero de 2014 y julio de 2017.

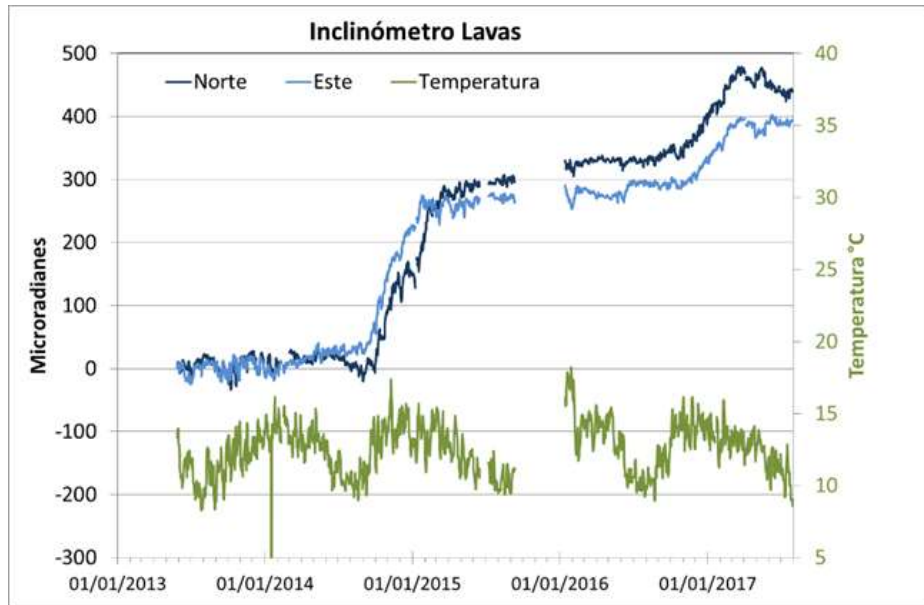


Figura 76. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Lavas, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de julio de 2017.

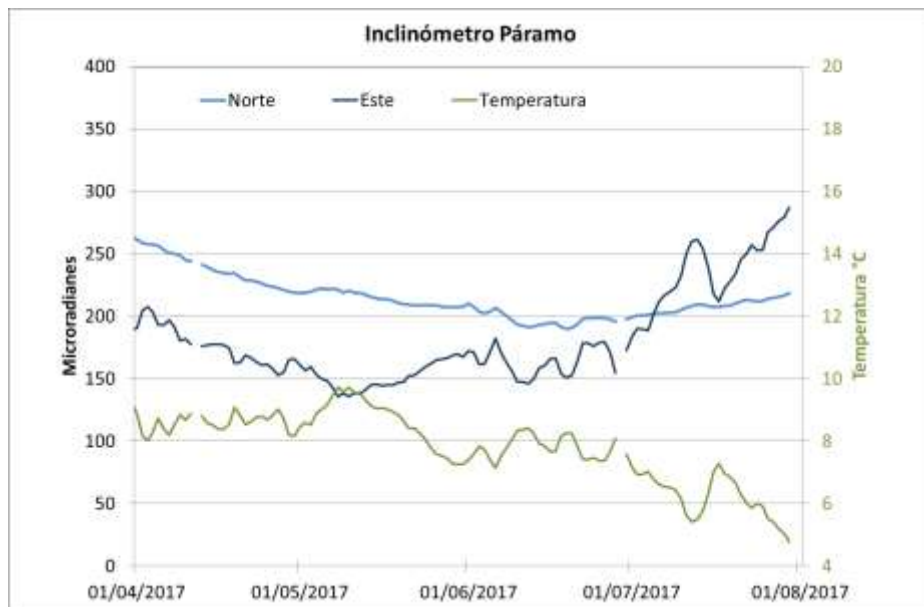


Figura 77. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Paramo, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre abril y julio de 2017.

4.1.3.2. 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 78, 79 y 80 se indica el comportamiento de las direcciones del GNSS Pradera, La Palma y Lavas instalados en el volcán Las Ánimas y en el volcán Doña Juana. En general se observa un comportamiento estable en el desplazamiento indicado por las direcciones Este, Norte y Altura.

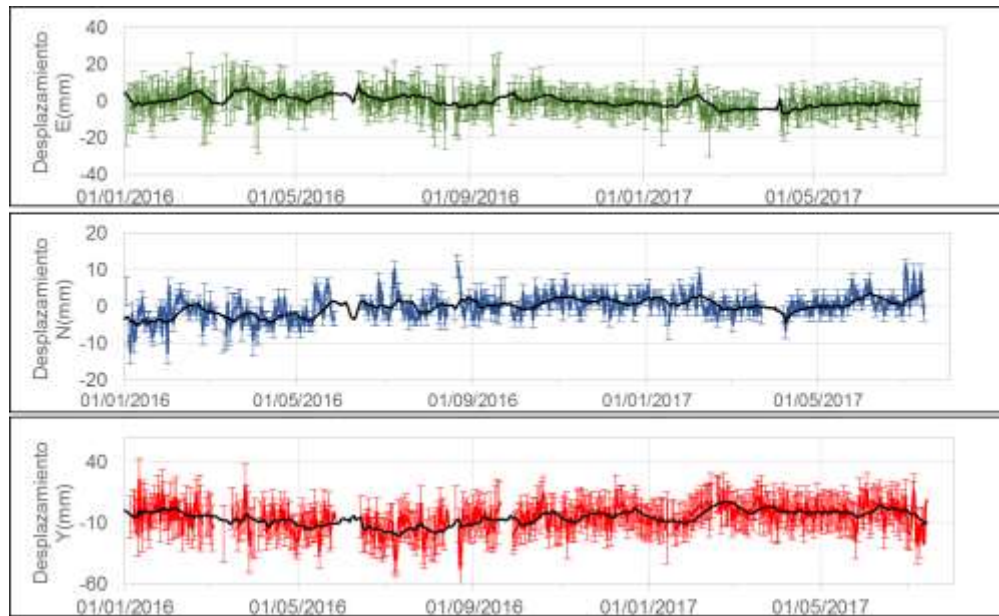


Figura 78. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS Pradera instalada sobre la superficie del volcán Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2016 y el 15 de julio de 2017.

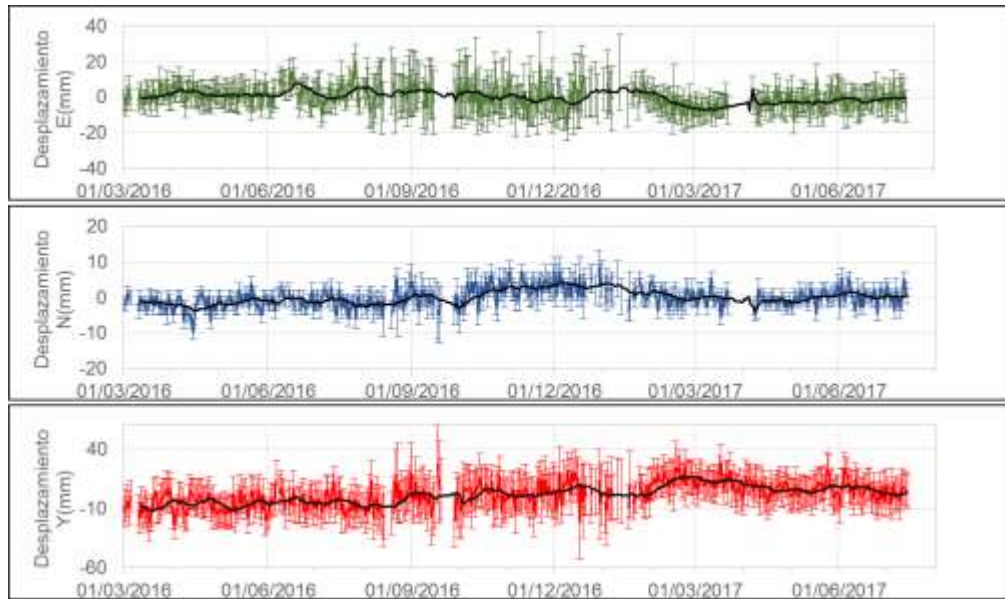


Figura 79. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS La Palma instalada sobre la superficie del volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de marzo de 2016 y el 15 de julio de 2017.

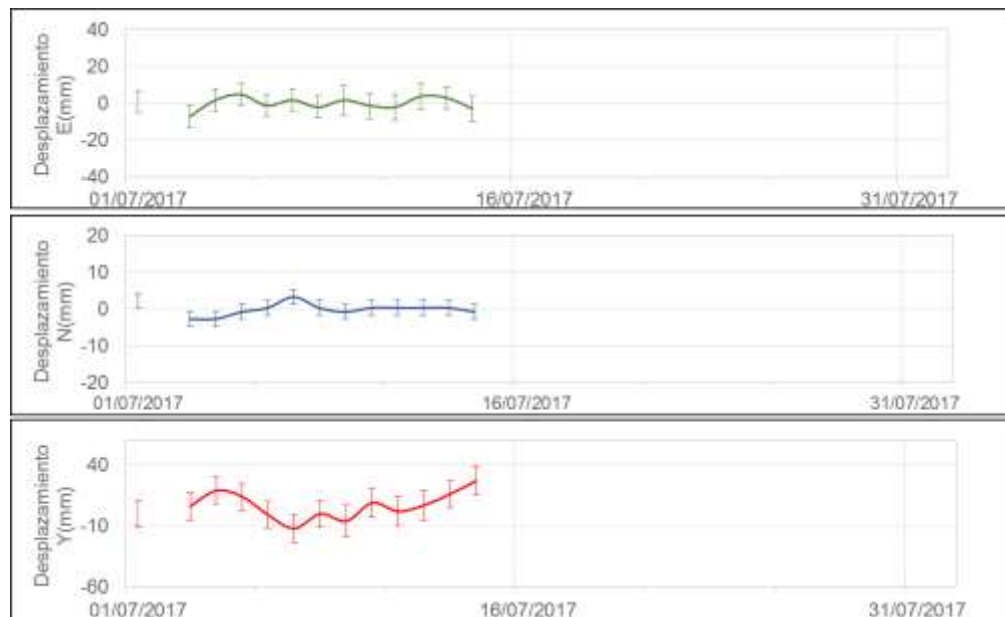


Figura 80. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS La Palma instalada sobre la superficie del volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de marzo de 2016 y el 15 de julio de 2017.

4.1.4 Geoquímica

Durante el mes de julio de 2017 no se realizó análisis relacionados con estudios geoquímicos en los volcanes Doña Juana y Las Ánimas.

4.1.5 Actividad Superficial

Durante el mes de julio de 2017 no se tuvo reportes relacionados con actividad superficial en los volcanes Doña Juana y Las Ánimas.

4.1.6 Conclusiones

En julio se registraron niveles bajos de ocurrencia y energía sísmica. La sismicidad registrada en la zona de influencia de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas corresponde a eventos asociados con fractura de material cortical (VT) con ML máxima de 1.5 en la escala de Richter.

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

4.2 ACTIVIDAD DEL VOLCÁN AZUFRAL

4.2.1 Red de vigilancia

En la Figura 81 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 82).

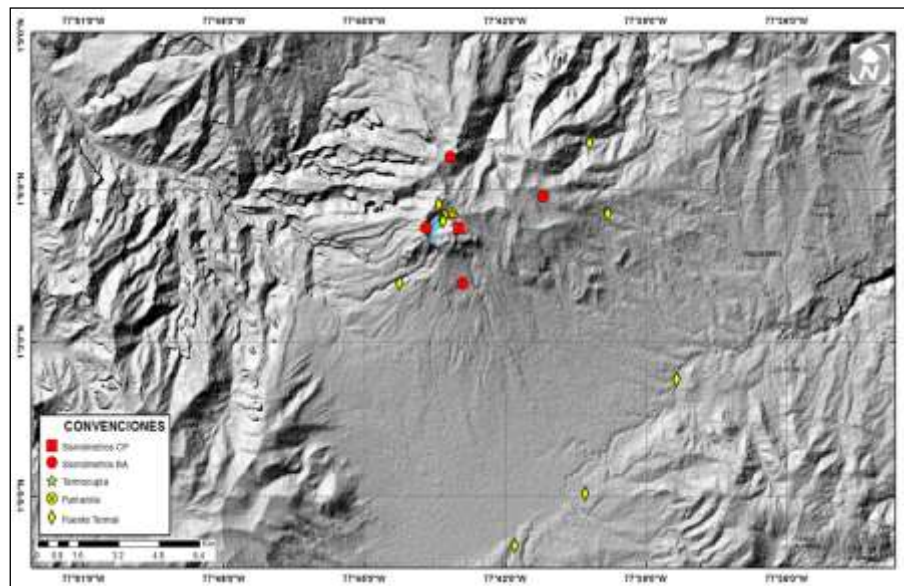


Figura 81. Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo sísmico y geoquímico del volcán Azufral durante el mes de julio de 2017.

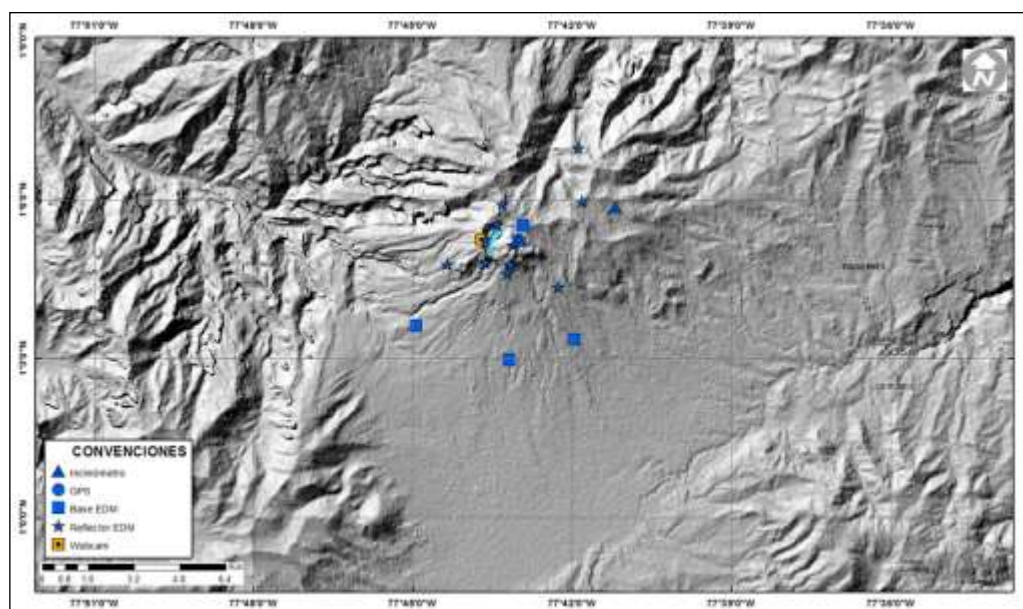


Figura 82. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo en deformación y cámara web del volcán Azufral en el mes de julio de 2017.

Tabla 22. Estaciones que conformaron la red de vigilancia del volcán Azufral en el mes de julio 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 97,6 % para este mes (Figura 83).

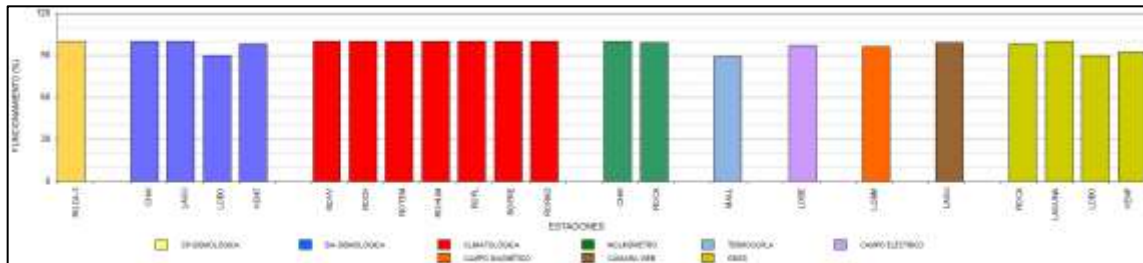


Figura 83. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante julio de 2017.

4.2.2 Sismología

En julio la sismicidad de Azufral disminuyó su ocurrencia 53% con relación a lo registrado en junio, pasando de 15 a 7 eventos. Los 7 sismos registrados fueron asociados con fractura de roca al interior del volcán (VT) (Figura 84, Tabla 21). Fue posible localizar 5 VT que se ubicaron dispersos en la zona de influencia volcánica, a distancias entre 7.5 y 11 km, profundidades entre 4 y 15.5 km con respecto a la cima (4070 m) y magnitud local máxima de 1.8 en la escala abierta de Richter (Figura 85). El mayor sismo de julio se registró el día 4 a las 11:54 hora local, fue ubicado a 7.5 km al SW de la Laguna Verde, con profundidad de 15.5 km y magnitud local de 1.8 (Figura 85). La energía de los sismos localizados en julio alcanzó un valor de 4.53×10^{14} ergios.

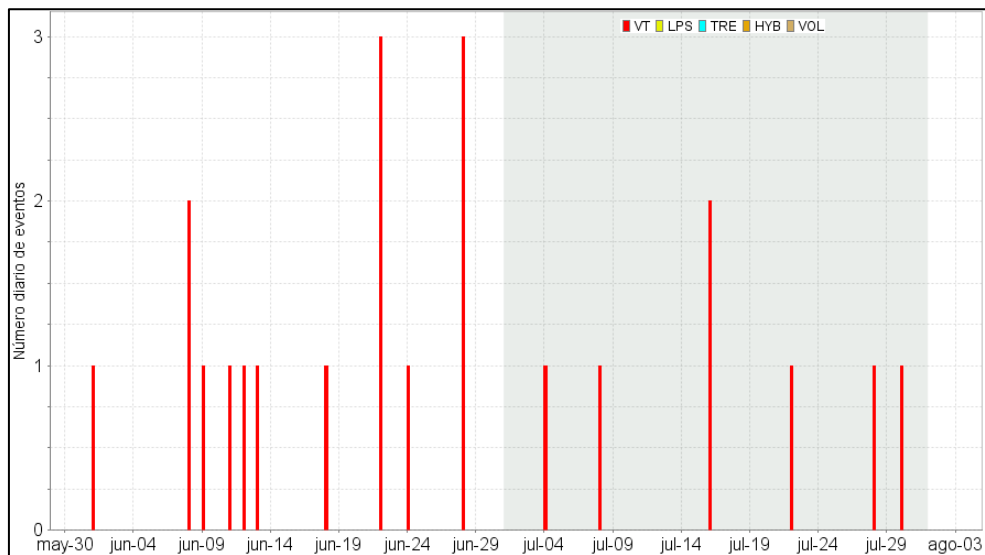


Figura 84. Ocurrencia diaria de sismos por tipo de evento en Azufral, durante junio y julio de 2017. El recuadro gris resalta el periodo evaluado en este informe.

Tabla 23. Número de eventos volcánicos por tipo para el volcán Azufral ocurridos entre el 1 de junio y el 31 de julio de 2017. Se resalta en verde el último mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					
	VT	LPS	TRE	HIB	VOL	TOTAL
Junio de 2017	15	0	0	0	0	15
Julio de 2017	7	0	0	0	0	7

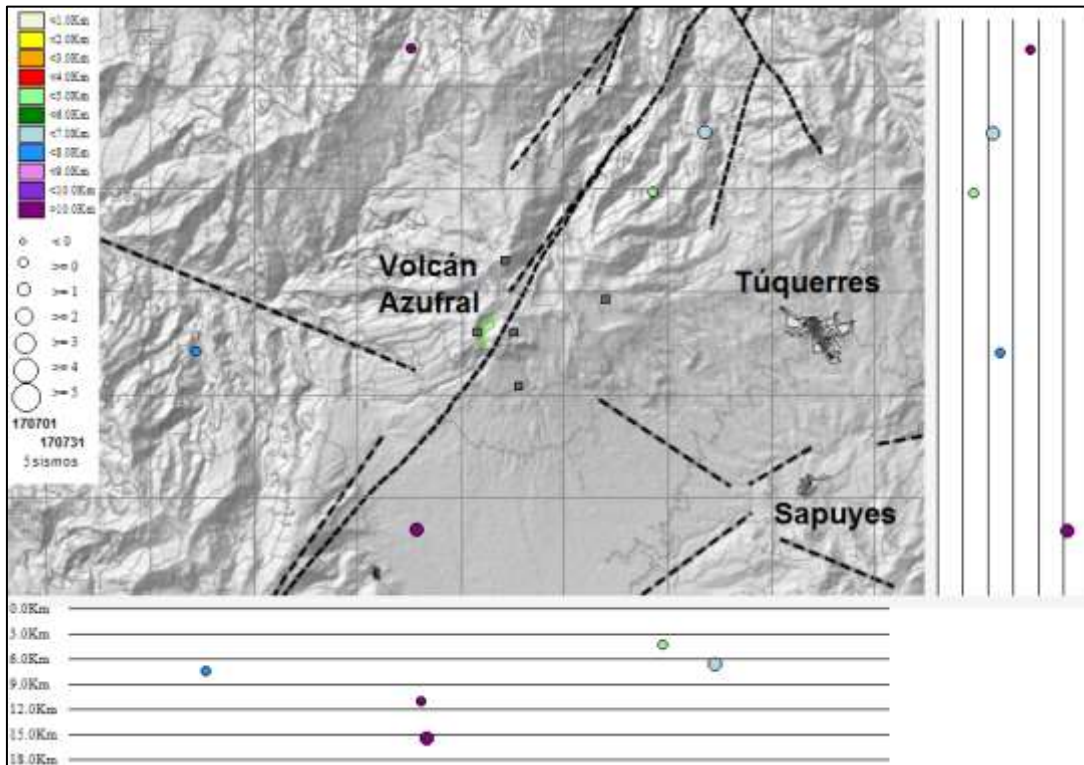


Figura 85. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Azufral, en el mes de julio de 2017, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 3,0 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.

La magnitud local de la mayoría de los sismos es pequeña, pues son eventos de baja energía, se destacan 2 sismos con magnitud local igual o superior a 1.6 grados, en la tabla 22 se consignan sus características de localización.

Tabla 24. Sismos con Magnitud local mayor o igual a 1.5 grados en la escala de Richter registrados en el volcán Azufral en julio de 2017.

Fecha	Hora local	Latitud	Longitud	Prof. km	ML
04/07/2017	11:54	1-01.39	77-44.87	15.5	1.8
22/07/2017	23:50	1-09.11	77-39.29	6.6	1.6

4.2.3 Deformación

4.2.3.1. Inclínometría Electrónica

En el inclinómetro Chaitan, después del cambio de ubicación y del sistema de protección muestra estabilidad en sus compentes con variaciones que obedecen a las condicione climáticas (figura 86). 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 (figura 87).

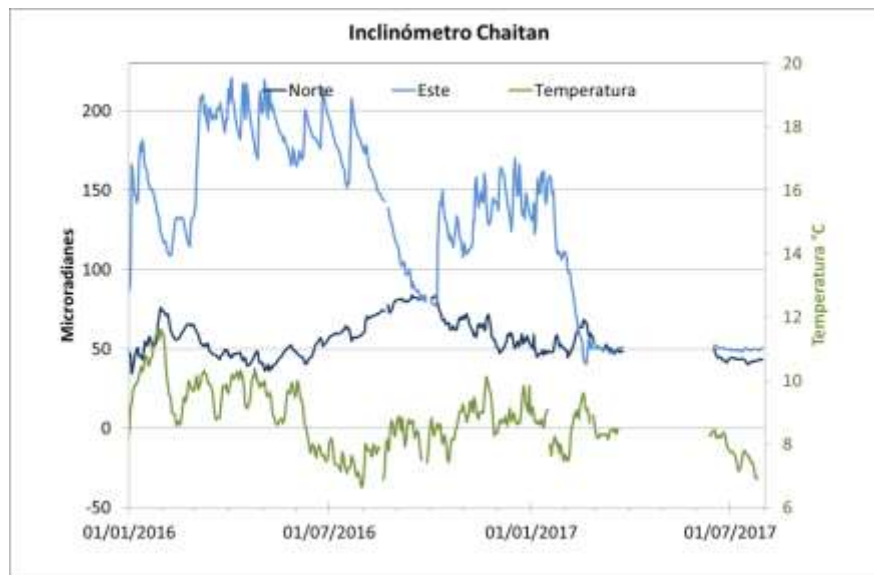


Figura 86. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Chaitán, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2016 y el 31 de julio de 2017.

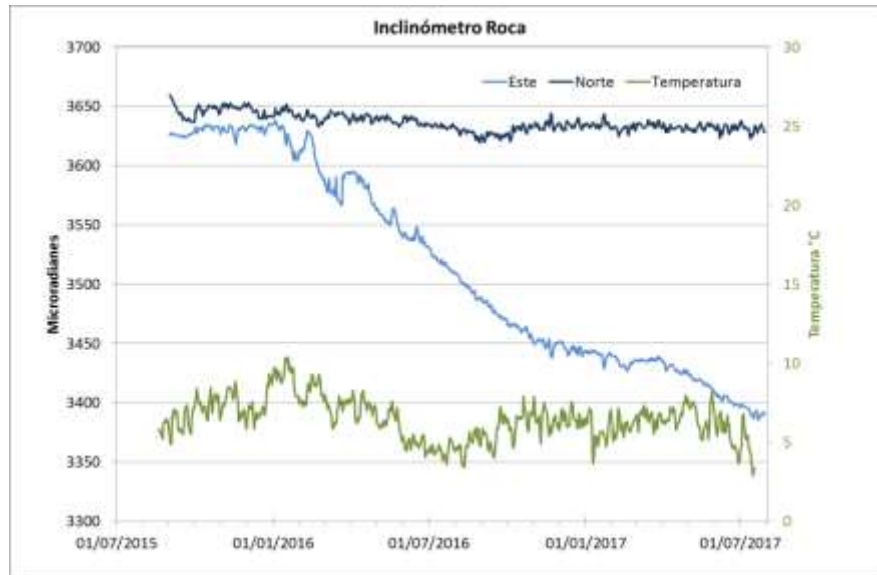


Figura 87. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro La Roca, instalado en el volcán Azufra, para el periodo comprendido entre el 1 de julio de 2015 y el 31 de julio de 2017.

4.3.3.2. Estaciones GNSS Permanentes

En el volcán Azufra, 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 88, 89, 90 y 91 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.

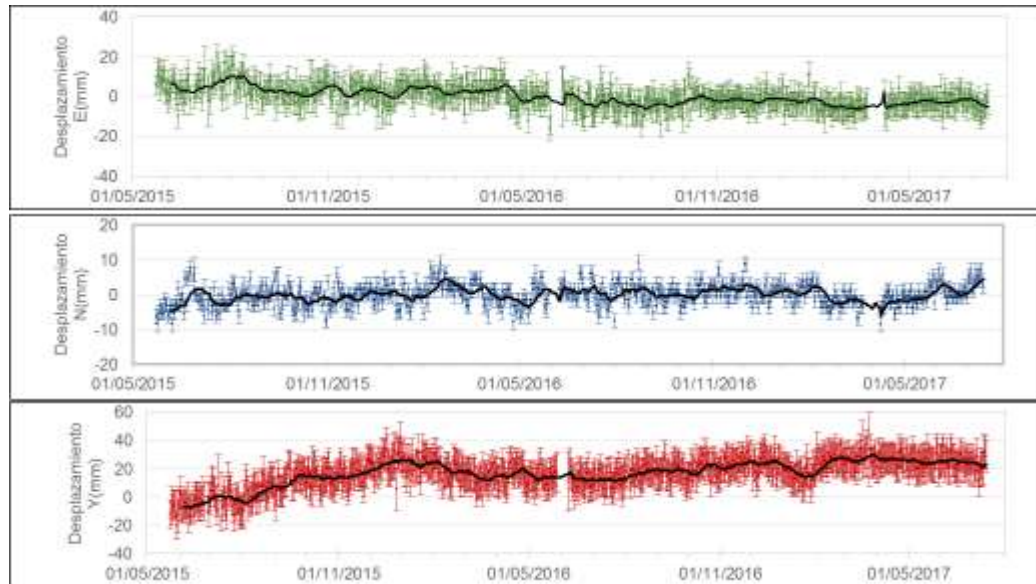


Figura 88. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS Roca instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de julio de 2015 y el 15 de julio de 2017.

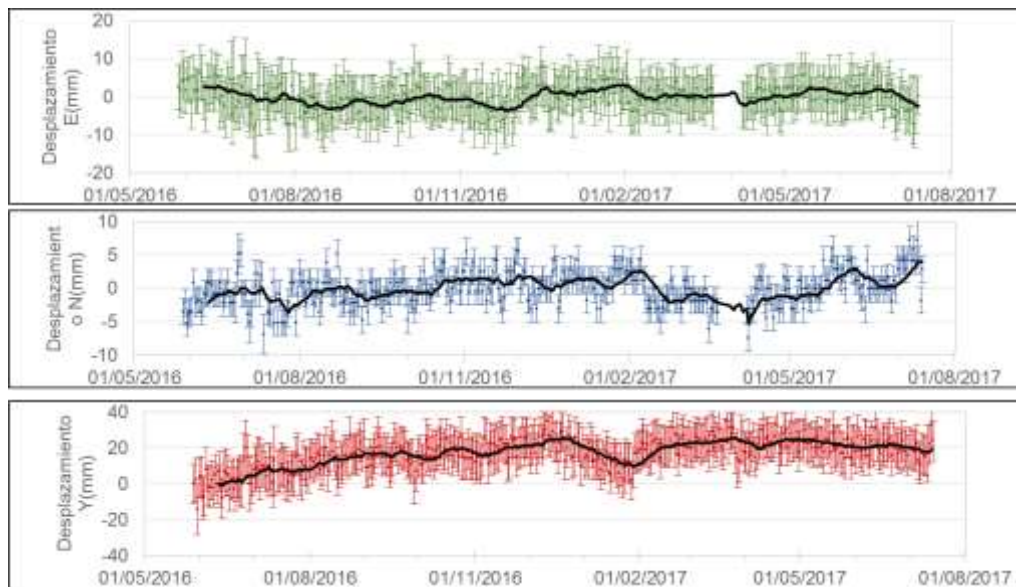


Figura 89. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS Lobo instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 28 de mayo de 2016 y el 15 de julio de 2017.

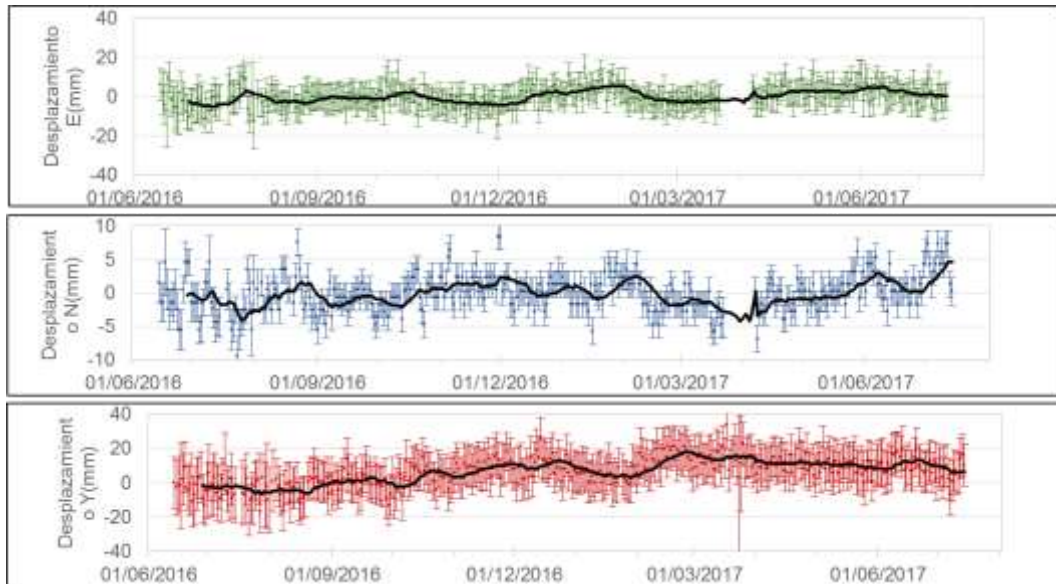


Figura 90. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS Laguna instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 14 de junio de 2016 y el 15 de julio de 2017.



Figura 91. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS Laguna instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 26 de junio de 2017 y el 15 de julio de 2017.

4.2.4 Electromagnetismo

La estación de campo electromagnético Lobo fue reinstalada en la última semana de junio, sin embargo no se observan cambios asociados a actividad sísmica del volcán Azufra (Figura 92 y 93).

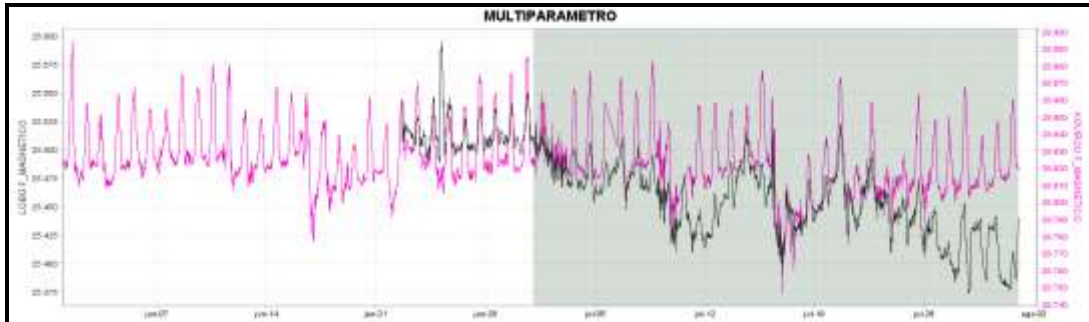


Figura 92. Campo magnético total (F), registrado en las estaciones de Lobo (Negro) y Kourou (Fucsia), entre junio y julio de 2017, donde se resalta la correspondencia en la ocurrencia de las tormentas magnéticas. La escala de medición para las dos series de tiempo está dada en nano Teslas (nT).

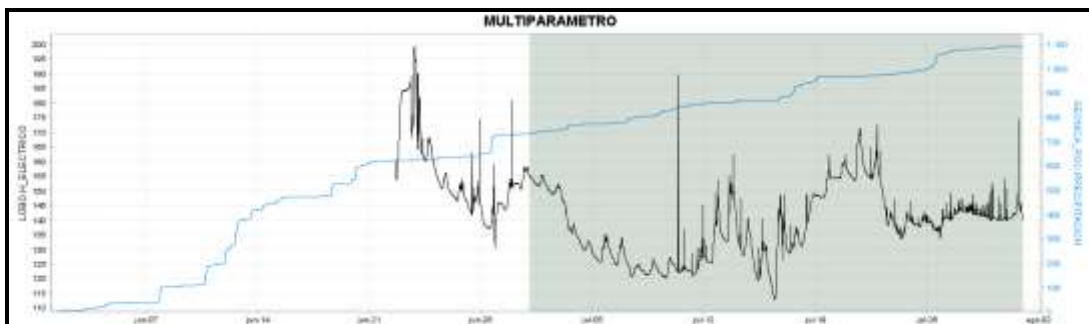


Figura 93. Resultante horizontal del campo eléctrico para la estación Frailejón (Negro), en comparación con el comportamiento del régimen de lluvias (estación geónica en azul), en la zona de estudio, para el periodo comprendido entre los meses de junio y julio de 2017.

4.2.5 Geoquímica

4.2.5.1 Registro de temperatura-Estación térmica telemétrica Mallama-volcán Azufra

Los datos sobre la variación de temperatura en el campo fumarólico del volcán Azufra, se obtienen a partir de una estación telemétrica ubicada en el Domo activo “Mallama”, lugar donde se realizan mediciones de temperatura y muestreo de gases. Los datos de

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

temperatura se registran diariamente, sin embargo la estación presentó algunos problemas técnicos a partir del día 30 de julio de 2017, el grupo de electrónica realizará la revisión correspondiente.

En la figura 94 (área sombreada) se registran las variaciones de temperatura que corresponden a valores medidos en continuo, arrojando un promedio de 80.8°C (Tabla 25) durante el periodo evaluado.

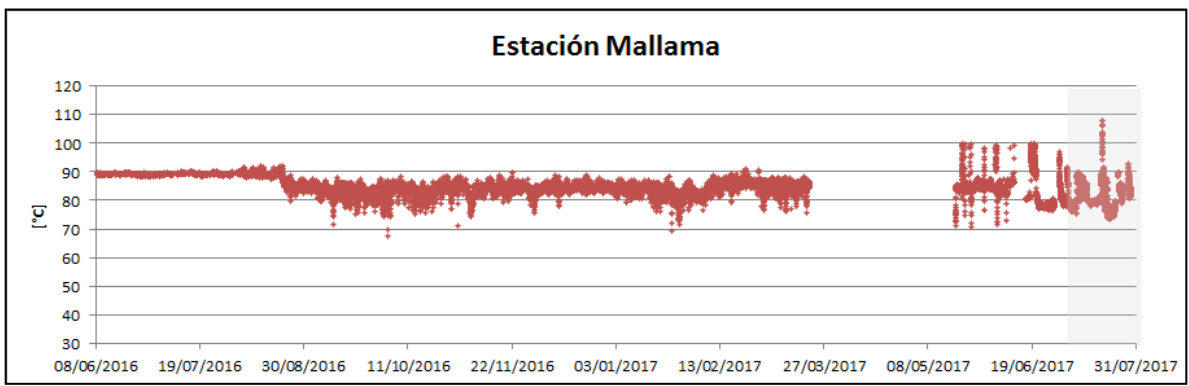


Figura 94. Variación de temperatura estación térmica Malla-Volcán Azufral – julio de 2017.

Tabla 25. Temperatura estación térmica Malla – julio 2017.

TEMPERATURA [°C]	
Promedio	80,8
Máximo	108,0
Mínimo	73,4

El grupo de Geoquímica del OVS Pasto continuará con el monitoreo de esta variable, registrando el comportamiento y operación de la estación para detectar cambios que puedan estar relacionados con la actividad del volcán.

La estación climatológica La Roca, monitorea las variables: velocidad del viento, dirección del viento, temperatura ambiente, humedad relativa, punto de rocío, presión atmosférica, radiación solar y precipitación. En el cual se puede observar cambios importantes a mediados del mes de julio de 2017 en los parámetros dirección del viento, temperatura ambiente, humedad relativa y precipitación, el comportamiento y los datos pueden observarse en la figura 95, tabla 24.

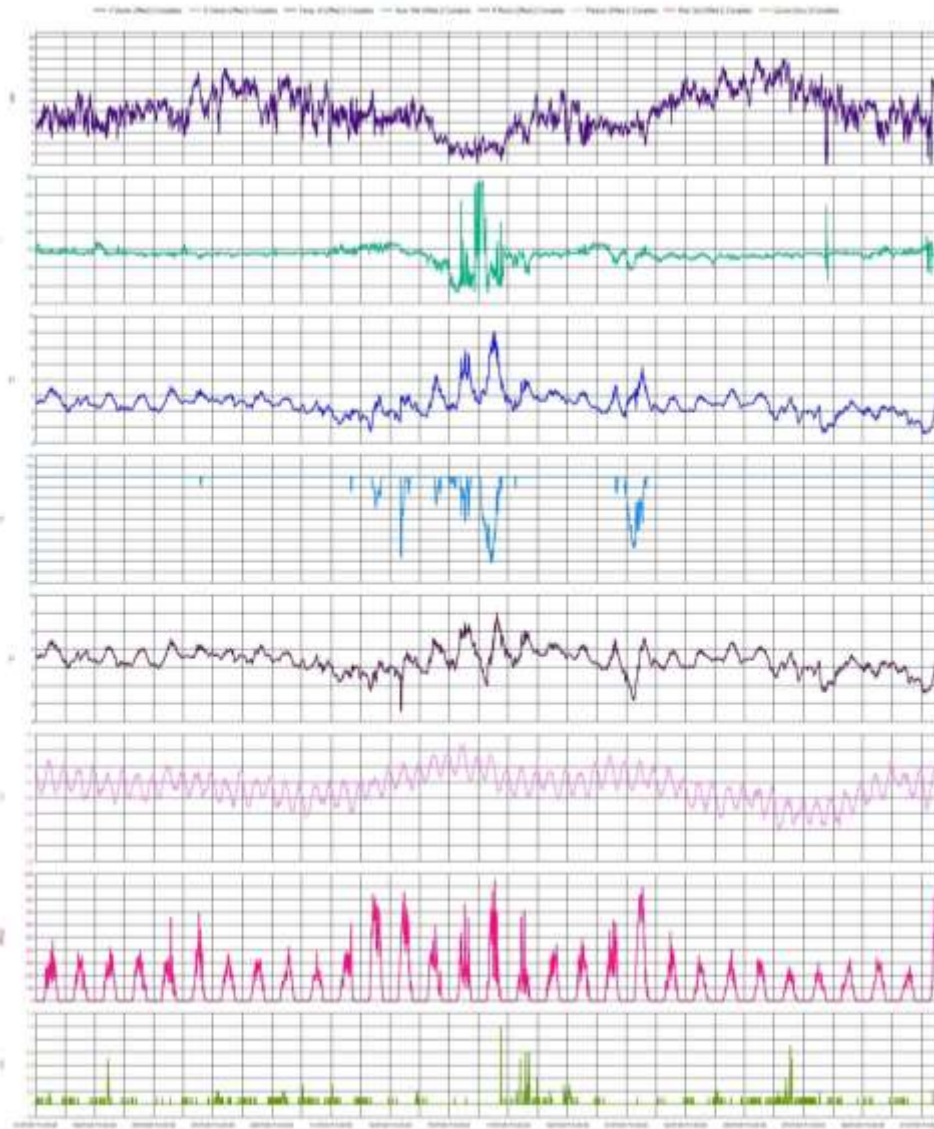


Figura 95. Variaciones parámetros estación climatológica La Roca Volcán Azuftral – julio de 2017.

Tabla 26. Datos parámetros estación climatológica La Roca-julio 2017

	V.Viento Med (m/s)	D.Viento Med (°)	Temp. Ai Med (°C)	Hum. Rel Med (%)	P.Rocio Med (°C)	Presion Med (mb)	Rad. Sol Med (W/m2)	Lluvia Acu (mm)
Med.	9.9	136.7	2.9	98.7	2.7	630.7	104.6	-
Máx.	20.2	337.5	12.1	100	8.1	633.3	954.6	1.2
Acu.	--	--	--	--	--	--	--	59.6

4.2.6 Actividad Superficial

Las condiciones de clima favorables permitieron a través de las imágenes capturadas por la cámara instalada en el costado suroccidental de la laguna cratérica observar emisiones de gases de color blanco de baja altura provenientes del domo Mallama ubicado en el nororiente de la Laguna Verde para los días 4, 5, 11, 12, 13, 14, 15 y 16 del mes de julio de 2017.

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

En las Figuras 96 a 99 se presentan algunas imágenes relacionadas con procesos de emisión de gases en el volcán Azufra.

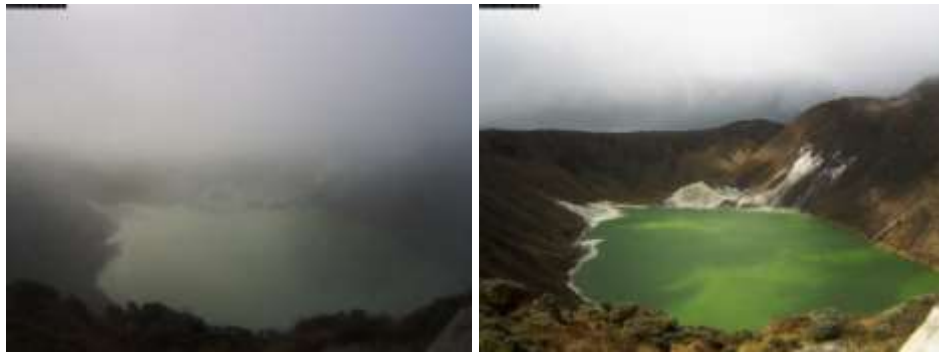


Figura 96. Imágenes de la emisión de gases del domo Mallama –Volcán Azufra, registradas el 4 de julio de 2017 a las 6:46 p.m. (izquierda) y 5 de julio de 2017 a las 2:36 p.m. (derecha), capturadas desde la cámara web ubicada al suroccidente del volcán.

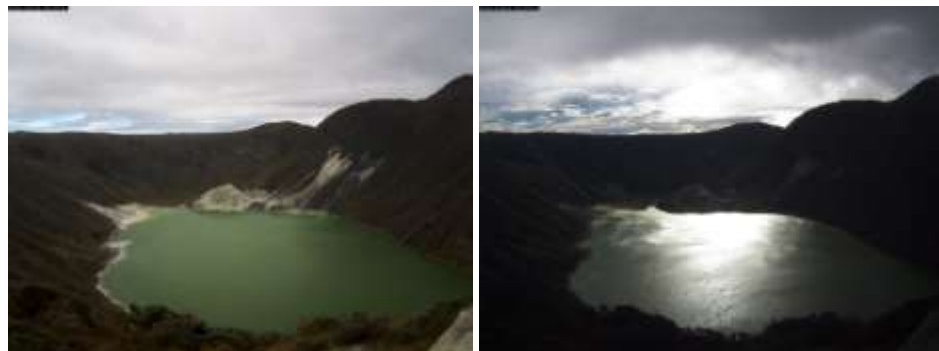


Figura 97. Imágenes de la emisión de gases del domo Mallama –Volcán Azufra, registradas el 11 de julio de 2017 a las 3:06 p.m. (izquierda) y 12 de julio de 2017 a las 7:51 a.m. (derecha), capturadas desde la cámara web ubicada al suroccidente del volcán.



Figura 98. Imágenes de la emisión de gases del domo Mallama –Volcán Azufral, registradas el 13 de julio de 2017 a las 7:51 a.m. (izquierda) y 14 de julio de 2017 a las 7:36 a.m. (derecha), capturadas desde la cámara web ubicada al suroccidente del volcán.



Figura 99. Imágenes de la emisión de gases del domo Mallama –Volcán Azufral, registradas el 15 de julio de 2017 a las 9:01 a.m. (izquierda) y 16 de julio de 2017 a las 7:06 a.m. (derecha), capturadas desde la cámara web ubicada al suroccidente del volcán.

4.2.7 Conclusiones

En julio la sismicidad registrada en la zona de influencia del volcán Azufral disminuyó 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 1.8 en la escala abierta de Richter.

La evaluación de la actividad volcánica de Azufral durante julio de 2017 permitió establecer el **NIVEL VERDE ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”**.

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 junio y julio 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>