



INFORME DE ACTIVIDAD VOLCANICA SEGMENTO NORTE DE COLOMBIA MARZO DE 2016

Manizales, Abril 2016



RESUMEN

La actividad del Segmento Volcánico Norte de Colombia, en general, durante el mes de Marzo de 2016, mostró niveles de actividad estables, con excepción del volcán Nevado del Ruiz, el cual continuó presentado un comportamiento inestable.

El volcán Nevado del Ruiz (VNR) durante el mes de Marzo, mostró inestabilidad en su comportamiento. La actividad sísmica con respecto al mes anterior, presentó un aumento en número de sismos y en energía sísmica liberada, tanto de sismos asociados con la dinámica de fluidos al interior de cavidades y conductos volcánicos como de sismos relacionados con el fracturamiento de roca al interior del edificio volcánico. La actividad sísmica asociada a fracturamiento (sismos volcano-tectónicos) estuvo principalmente localizada en los sectores norte, norte distal, noroccidental, occidental y suroccidental con respecto al Cráter Arenas, y en menor proporción en el cráter y en los sectores oriental, sur y suroriental con respecto al mismo, a profundidades entre 0.3 y 8.8 km. Este tipo de actividad presentó niveles energéticos que son importantes en el reciente ciclo de inestabilidad del volcán iniciado a finales del año 2010 y del subciclo que comenzó en Noviembre de 2014. Es importante además mencionar que durante el mes se presentaron cuatro episodios de sismos tipo *Drumbeat*, en su mayoría de muy baja energía. En cuanto a la actividad sísmica relacionada con la dinámica de fluidos (sismos de largo periodo y de muy largo periodo, pulsos de tremor volcánico, episodios de tremor volcánico) en el VNR, los sismos se localizaron principalmente en el cráter y en sectores próximos, así como en el flanco suroriental y noroccidental a éste. Los episodios de tremor volcánico continuo (TC) y los pulsos de tremor (TR), fueron de duración variable, presentaron niveles energéticos bajos y algunos de ellos estuvieron asociados a pequeñas emisiones de ceniza a la atmósfera.

El continuo seguimiento a las anomalías térmicas (otra característica típica de volcanes activos) relacionadas con la actividad del VNR, mediante las imágenes satelitales suministradas por el portal MIROVA, permitió evidenciar la inestabilidad del sistema volcánico. Se registraron varias anomalías térmicas cercanas al cráter Arenas, de niveles bajos.

El volcán Cerro Machín (VCM), durante el mes de Marzo, presentó un leve aumento en el número de sismos registrados asociados a fracturamiento de roca dentro del edificio volcánico, con respecto al mes de Febrero. Los sismos se localizaron principalmente al Suroccidente del domo principal, a profundidades entre 2.0 y 13.6 km.

Los volcanes Nevado de Santa Isabel (VNSI) y Paramillo de Santa Rosa (VPSR) mostraron una disminución en la actividad sísmica. Los volcanes Paramillo de Quindío (VPQ) y Paramillo del Cisne (VPC) presentaron un leve aumento en la actividad sísmica relacionada con el fracturamiento de roca al interior del edificio, se destaca la ocurrencia de un evento de 2.9 M_L (Magnitud Local) en el Paramillo del Cisne, el cual fue reportado como sentido en el área del volcán.



Con relación a los demás parámetros monitoreados, se observó en el volcán Nevado del Ruiz algunos cambios en la deformación del volcán, así como en los parámetros fisicoquímicos monitoreados. Los demás edificios volcánicos no mostraron variaciones importantes en los parámetros adicionalmente monitoreados.

Con base en la evaluación integral de los parámetros que se monitorean continuamente, se concluye que continúan en NIVEL AMARILLO  (o III): Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica los volcanes Nevado del Ruiz y Cerro Machín, y en NIVEL VERDE  (o IV): Volcán activo y comportamiento estable, los volcanes Nevado del Tolima, Cerro Bravo, Nevado Santa Isabel, Paramillo del Cisne, Paramillo del Quindío, Paramillo de Santa Rosa, San Diego y Romeral.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. VOLCÁN NEVADO DEL RUIZ (VNR)	3
1.1 RED DE VIGILANCIA.....	3
1.2 SISMOLOGÍA	6
1.2.1 Sismos volcano-tectónicos (VT).....	10
1.2.2 Sismos Híbridos.....	15
1.2.3 Sismos de Largo Periodo (LP)	16
1.2.4 Pulsos de tremor y tremor volcánico continuo (TR y TC).	23
1.2.5 Actividad superficial (señales sísmicas asociadas a la actividad glaciar, columna de gases y anomalías térmicas).....	30
1.3 DEFORMACIÓN	35
1.4 GEOQUÍMICA.....	38
1.4.1 Estimación de las emisiones de SO ₂ en estaciones ScanDOAS.....	39
1.4.2 Medidas de Gas Radón.	46
1.4.3 Fuentes Termales.	48
2. VOLCÁN NEVADO DEL TOLIMA (VNT).....	49
2.1 RED DE VIGILANCIA.....	49
2.2 SISMOLOGÍA	49
2.2.1 Sismos volcano-tectónicos	50
2.2.2 Sismos de largo periodo	50
2.2.3 Señales asociadas a la actividad glaciar.....	52
2.3 DEFORMACIÓN	52
3. VOLCÁN CERRO MACHÍN (VCM)	54
3.1 RED DE VIGILANCIA.....	54
3.2 SISMOLOGÍA	54
3.2.1 Sismos volcano-tectónicos	54
3.3 DEFORMACIÓN	58
3.4 GEOQUÍMICA.....	60
3.4.1 Medidas de Gas Radón	61
3.5 MÉTODOS GEOFÍSICOS	63
3.5.1 Magnetometría	63
4. VOLCÁN CERRO BRAVO (VCB).....	64
4.1 RED DE VIGILANCIA.....	64
4.2 SISMOLOGÍA	65
4.2.1 Sismos volcano-tectónicos	66
4.3 DEFORMACIÓN	66

5.	VOLCÁN PARAMILLO DE SANTA ROSA (VPSR)	69
5.1	RED DE VIGILANCIA	69
5.2	SISMOLOGÍA	71
5.2.1	Sismos volcano-tectónicos (VT)	72
6.	VOLCÁN NEVADO DE SANTA ISABEL (VNSI)	76
6.1	RED DE VIGILANCIA	76
6.2	SISMOLOGÍA	76
6.2.1	Sismos volcano-tectónicos (VT)	76
6.3	DEFORMACIÓN	81
6.3.1	GEOQUÍMICA	83
7.	VOLCÁN PARAMILLO DEL CISNE (VPC)	84
7.1	SISMOLOGÍA	84
7.1.1	Sismos volcano-tectónicos (VT)	84
8.	VOLCÁN PARAMILLO DEL QUINDÍO (VPQ)	87
8.1	SISMOLOGÍA	87
8.1.1	Sismos volcano-tectónicos	87
9.	VOLCAN SAN DIEGO (VSD)	90
9.1	RED DE VIGILANCIA	90
9.2	SISMOLOGÍA	90
10.	VOLCÁN ROMERAL (VR)	90
10.1	RED DE VIGILANCIA	90
10.2	SISMOLOGÍA	90
11.	ACTIVIDAD TECTÓNICA (ZONA CENTRAL DE COLOMBIA)	90
11.1	RED DE VIGILANCIA	90
11.2	SISMOLOGÍA	90
	CONCLUSIONES	93

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Red de estaciones. Segmento Volcánico Norte de Colombia.	2
Figura 2. Estación multiparamétrica RECIO3.	3
Figura 3. Estación corto periodo BIS con ceniza en sus paneles solares.	4
Figura 4. Estación de banda ancha RECIO.	5
Figura 5. Estación multiparamétrica REFUGIO.	6
Figura 6. Red Sismológica. Volcán Nevado del Ruiz.	7
Figura 7. a) Número de eventos sísmicos tipo VT, LP e HB diarios, ocurridos desde el 01 de Enero de 2016 en el VNR. b) Número de eventos sísmicos tipo VT, LP e HB diarios, ocurridos durante el mes de Marzo de 2016 en el VNR.	8
Figura 8. a) Raíz de la energía sísmica liberada diaria de los eventos sísmicos tipo VT e HB, registrados desde el 01 de Enero de 2016 en el VNR. b) Raíz de la energía sísmica liberada diaria de los eventos sísmicos tipo VT e HB, registrados durante el mes de Marzo de 2016 en el VNR.	9
Figura 9. Mapa de localización, registro sísmico y espectrograma asociado al evento sísmico tipo VT de mayor energía registrado durante el mes de Marzo en el VNR, ocurrido el día 29 de Marzo a las 20:02 (hora local) con una Magnitud Local en la escala Richter de 3.4 M _L . Estación OLLETA, componente vertical.	11
Figura 10. Mapa de localización hipocentral de los sismos volcano-tectónicos (círculos de colores) registrados en el área del VNR, durante el mes de Marzo de 2016. Los cuadros de color negro representan las estaciones sismológicas.	12
Figura 11. Principal incremento en la actividad sísmica tipo VT en el VNR durante el mes de Marzo, ocurrido el 12 de Marzo de 2016. A la izquierda, mapa de localización, resaltando las dos fuentes activas en el incremento. A la derecha, sismograma donde se aprecia el registro de los sismos tipo VT ocurridos durante la mayor liberación de energía entre la 00:45 y las 09:15 (hora local). Abajo a la derecha, detalle de la forma de onda del sismo de mayor magnitud, 3.0 M _L	13
Figura 12. Segundo incremento importante en la actividad sísmica tipo VT en el VNR durante el mes de Marzo. Izquierda, mapa localización de los sismos registrados en las cuatro fuentes activas durante el incremento (elipses de color amarillo). A la derecha, sismograma donde se aprecia el registro de los sismos tipo VT durante el incremento, y detalle del sismos de mayor magnitud.	14
Figura 13. Episodio de sismicidad tipo <i>Drumbeat</i> registrada en el VNR, el día 04 de Marzo de 2016. El sismograma y el espectrograma (parte inferior)	

	correspondes a la componente vertical de la estación de BIS. La fecha indica el tiempo de separación entre eventos en segundos.....	16
Figura 14.	Mapa de localización epicentral de sismos tipo LP (Círculos naranja) registrados durante el mes de Marzo de 2016 en el VNR. Los cuadrados negros representan las estaciones sismológicas.....	17
Figura 15.	Registro sísmico y espectrograma de la señal sísmica de periodo muy largo (VLP), de mayor energía registrada en Marzo de 2016, el día 06 a las 22:18 (hora local). Este evento tuvo un desplazamiento reducido promedio de 15.63 cm ² . Estación Olleta banda ancha, Componente vertical.....	18
Figura 16.	Frecuencias asociadas a la máxima amplitud de los eventos sísmicos tipo LP y VLP registradas durante el mes de Marzo de 2016 en el VNR.	18
Figura 17.	Pequeñas explosiones en el VNR. Fotografía tomada por la cámara ubicada en el sector del Cañón del Azufrado, forma de onda y espectrograma de las señales sísmicas asociadas a una pequeña explosión registrada el día 13 de Marzo de 2016 a las 02:59 (hora local). Registro sísmico Estación Olleta banda ancha, componente vertical.....	19
Figura 18.	Registro sísmico y espectrograma de la señal de tremor volcánico asociada a la emisión de ceniza el día 31 de Marzo de 2016 a las 08:05 (hora local), antecedida por un evento tipo VLP (Estación Olleta banda ancha, componente vertical). En la parte inferior de la figura se observan varias fotografías de la emisión de ceniza asociada.	20
Figura 19.	Qr del volcán Nevado del Ruiz obtenido mediante el método Sompi para el periodo Noviembre de 2015 a Marzo de 2016.....	21
Figura 20.	Gráfica de la duración entre el registro del primer evento y el evento de mayor energía (o principal), de los eventos múltiples de fluido registrados durante el mes de Marzo en el VNR.....	22
Figura 21.	Gráfica del desplazamiento reducido del evento de mayor nivel energético que constituye los sismos múltiples de fluido registrados durante el mes de Febrero en el VNR. Medida estimada en la estación de OLLETA banda ancha, Componente vertical.....	22
Figura 22.	Gráfica de la duración de los pulsos de tremor volcánico (TR) y frecuencias asociadas a la mayor amplitud registrada en cada pulso ocurrido en el VNR en Marzo de 2016.	24
Figura 23.	Sismograma y espectrograma del pulso de tremor de mayor nivel energético del mes (TR), con Dr promedio de 18.79.1 cm ² y una duración de 68 s, registrado el día 03 de Marzo a las 09:24 (hora local). Estación Olleta banda ancha. Esta señal fue antecedida por un sismo LP de 2.11 cm ² de DR promedio.....	25
Figura 24.	Sismograma de las variaciones del tremor durante un episodio de tremor	

continuo. El sismograma corresponde al periodo de tiempo entre las 00:00 y las 23:59 (hora local) del día 10 de Marzo de 2016, Estación Olleta corto periodo. Para ver la simbología de los círculos ver la Figura 12..... 27

Figura 25. Gráfica de la duración de los episodios de tremor volcánico continuo (TC) y valor del Desplazamiento reducido (DR) máximo registrado durante cada episodio, registrados en el VNR en Marzo de 2016. LP, TR y TC indican el tipo de señal sísmica asociada al DR máximo..... 28

Figura 26. Gráfica del RSAM (Real-time Seismic Amplitude Measurement) para la estación de Bis, componente vertical. Nótese como entre los días 9 y 12 de Marzo se registraron las mayores amplitudes sísmicas en cuentas RSAM. Este periodo de tiempo coincidente con frecuentes emisiones de ceniza. En la parte superior se muestra el RSAM para el último año, el valor estimado para el 11 de Marzo de 2016, es uno de los mayores. 29

Figura 27. Gráfica SSAM (Seismic Spectral Amplitude Measurement), acumulado diario relativo para el mes de Marzo de 2016. Estación sismológica Bis, componente vertical. 30

Figura 28. Altura de columna de gases o de gases y ceniza, en el VNR, en el mes de Marzo de 2016, a partir de apreciaciones visuales realizadas desde el OVSM y desde las cámaras web instaladas en el área del volcán. 32

Figura 29. Columna de gases o de gases y ceniza del cráter Arenas observada durante algunos de los días de Marzo de 2016 en el VNR. Fotografías capturadas por las cámaras web instaladas en el área del VNR, sectores del Cañón Azufrado y Cerro Gualí..... 33

Figura 30. Anomalías térmicas registradas por el Proyecto MIROVA. La mayor anomalía térmica del mes, asociada al cráter Arenas se presentó el 24 de Marzo, con un valor de 8 MW..... 34

Figura 31. Anomalías térmicas registradas por el proyecto MIROVA, en el VNR, Enero – Marzo de 2016. 35

Figura 32. Red de deformación del Volcán Nevado del Ruiz. 36

Figura 33. Comportamiento de las componentes Norte y Este de los inclinómetros electrónicos a) NERE, b) RECI, c) REFU, d) GUAL, de la red de deformación del VNR hasta Marzo de 2016. 37

Figura 34. Comportamiento de las componentes Norte, Este y Resultante del inclinómetro electrónico REFU, el cual ha registrado picos inflacionarios con posterior emisión de ceniza y SO₂. Los principales pulsos de emisión se representan con líneas de color verde..... 38

Figura 35. Red Geoquímica del Volcán Nevado del Ruiz. 39

Figura 36. Ubicación de las Estaciones SCAN DOAS. Volcán Nevado del Ruiz..... 40

Figura 37. Flujo Diario Máximo de SO ₂ . Enero de 2014 a Marzo de 2016. Volcán Nevado del Ruiz.	42
Figura 38. Promedio de Emisión de SO ₂ en estaciones SCAN DOAS. Enero 2013 – Marzo de 2016. Volcán Nevado del Ruiz.	43
Figura 39. Descarga de SO ₂ acumulada a Marzo de 2016. Volcán Nevado del Ruiz.	44
Figura 40. Imágenes satelitales NESDIS. Marzo de 2016. Volcán Nevado del Ruiz.	45
Figura 41. Serie de Tiempo de las descargas de SO ₂ estimadas mediante imágenes Satelitales Aura/OMI. Marzo de 2016. Área del Ecuador, Volcán Nevado del Ruiz.	46
Figura 42. Variación de los niveles de Radón en suelo. Estaciones GUALI y AZUFRADO, Marzo de 2016. Volcán Nevado del Ruiz.	47
Figura 43. Red Sismológica. Volcán Nevado del Tolima.	49
Figura 44. Número de eventos sísmicos tipo VT y LP diarios, ocurridos durante el mes de Marzo de 2016 en el VNT.	50
Figura 45. Raíz de la energía sísmica liberada diaria de los eventos sísmicos tipo VT, registrados durante el mes de Marzo de 2016 en el VNT.	51
Figura 46. Registro sísmico y espectrograma de la señal de largo periodo con mayor energía registrada en el mes de Marzo de 2016, el día 12 a las 15:36 (hora local). Estación Nido, Componente vertical.	51
Figura 47. Red de deformación del Volcán Nevado del Tolima.	52
Figura 48. Comportamiento de las componentes Norte y Este del inclinómetro electrónico ESME, de la red de deformación del VNT hasta Marzo de 2016.	53
Figura 49. Red Sismológica. Volcán Cerro Machín.	55
Figura 50. Número de eventos sísmicos tipo VT diarios, ocurridos durante el mes de Marzo de 2016 en el VCM.	56
Figura 51. Raíz de la energía sísmica liberada diaria de los eventos sísmicos tipo VT, registrados durante el mes de Febrero de 2016 en el VCM.	57
Figura 52. Mapa de localización hipocentral de los sismos volcano-tectónicos (círculos de colores) registrados en el área del VCM, durante el mes de Marzo de 2016. Los cuadros negros representan las estaciones sismológicas.	58
Figura 53. Red de deformación. Volcán Cerro Machín.	59
Figura 54. Comportamiento de las componentes Norte y Este del inclinómetro electrónico CIMA, de la red de deformación del VCM hasta Marzo de 2016.	60
Figura 55. Red Geoquímica. Volcán Cerro Machín.	61
Figura 56. Variación de los niveles de Radón en suelo. Estaciones: ALEJANDRÍA y	

LAGUNA. Marzo de 2016. Volcán Cerro Machín.....	62
Figura 57. Variaciones del campo magnético en el Volcán Cerro Machín, Enero - Marzo de 2016, Estación DOMO.....	63
Figura 58. Estación corto periodo digitalizado BRASIL.....	64
Figura 59. Circuito de Control Automático de Encendido.....	65
Figura 60. Red Sismológica. Volcán Cerro Bravo.....	66
Figura 61. Red de deformación del Volcán Cerro Bravo.....	67
Figura 62. Comportamiento de las componentes Norte y Este del inclinómetro electrónico CBRA, de la red de deformación del VCB hasta Marzo de 2016.....	68
Figura 63. Estación de banda ancha AFRICA.....	69
Figura 64. Estación de GPS OTUN.....	70
Figura 65. Estación multiparamétrica PARAMILLO.....	71
Figura 66. Red Sismológica. Volcán Paramillo de Santa Rosa.....	72
Figura 67. Número de eventos sísmicos tipo VT diarios, ocurridos durante el mes de Marzo de 2016 en el VPSR.....	73
Figura 68. Raíz de la energía sísmica liberada diaria de los eventos sísmicos tipo VT registrados durante el mes de Marzo de 2016, en el VPSR.....	74
Figura 69. Mapa de localización hipocentral de los sismos volcano-tectónicos (círculos de colores) registrados en el área del VPSR, durante Marzo de 2016. Los cuadrados negros representan las estaciones sismológicas.....	75
Figura 70. Red Sismológica. Volcán Nevado de Santa Isabel.....	76
Figura 71. Número de eventos sísmicos tipo VT diarios, ocurridos durante el mes de Marzo de 2016 en el VNSI.....	77
Figura 72. Raíz de la energía sísmica liberada diaria de los eventos sísmicos tipo VT registrados durante el mes de Marzo de 2016, en el VNSI.....	78
Figura 73. Mapa de localización hipocentral de los sismos volcano-tectónicos (círculos de colores) registrados en el área del VNSI y el sector de Cerro España, durante el mes de Marzo de 2016. Los cuadrados negros representan las estaciones sismológicas.....	79
Figura 74. Número de eventos sísmicos tipo VT diarios, ocurridos durante el mes de Marzo de 2016 en Cerro España.....	80
Figura 75. Raíz de la energía sísmica liberada diaria de los eventos sísmicos tipo VT registrados durante Marzo de 2016, en Cerro España.....	81
Figura 76. Red de deformación del Volcán Nevado de Santa Isabel.....	82

Figura 77. Comportamiento de las componentes Norte y Este de los Inclínómetros electrónicos CHAV (a) y GLAC (b) de la red de deformación del VNSI hasta Marzo de 2016.	83
Figura 78. Número de eventos sísmicos tipo VT diarios, ocurridos durante el mes de Marzo de 2016 en el VPC.	84
Figura 79. Raíz de la energía sísmica liberada diaria de los eventos sísmicos tipo VT registrados durante el mes de Marzo de 2016, en el VPC.....	85
Figura 80. Registro sísmico y espectrograma asociado al evento sísmico tipo VT de mayor energía registrado durante el mes de Marzo para el VPC, ocurrido el día 21 de Marzo a las 04:45 (hora local). Estación LAGUNA VERDE, componente vertical.	86
Figura 81. Mapa de localización hipocentral de los sismos volcano-tectónicos (círculos de colores) registrados en el área del VPC, durante el mes de Marzo de 2016. El círculo amarillo demarca la zona de localización del incremento del 21 de Marzo. Los cuadrados negros representan las estaciones sismológicas.	86
Figura 82. Número de eventos sísmicos diarios tipo VT, ocurridos durante el mes de Marzo de 2016 en el VPQ.	87
Figura 83. Raíz de la energía sísmica liberada diaria de los eventos sísmicos tipo VT registrados durante el mes de Marzo de 2016, en el VPQ.	88
Figura 84. Mapa de localización hipocentral de los sismos volcano-tectónicos (círculos de colores) registrados en el área del VPQ, durante el mes de Marzo de 2016. Los cuadrados negros representan las estaciones sismológicas.....	89
Figura 85. Mapa de localización hipocentral de sismos tectónicos locales en la región central de Colombia, Marzo de 2016.....	92

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de las principales fuentes activas durante Marzo de 2016 en el VNR. El * indica que los sismos fueron reportados como sentidos en el área del volcán.....	10
Tabla 2. Episodios de sismicidad tipo <i>Drumbeat</i> registrados durante Marzo de 2016 en el VNR.....	15
Tabla 3. Episodios de tremor volcánico continuo (TC) registrados durante el mes de Marzo de 2016 en el VNR. (OLBZ estación Olleta banda ancha, componente vertical).....	26
Tabla 4. Flujos máximos y promedios de SO ₂ . Estaciones ALFOMBRALES, OLLETA e INDERENA. Marzo de 2016. Volcán Nevado del Ruiz.	41
Tabla 5. Parámetros fisicoquímicos de muestras de agua medidos in situ en el Volcán Nevado del Ruiz.	48
Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos de muestras de agua y gases medidos in situ en el Volcán Nevado Santa Isabel.....	83

INTRODUCCIÓN

El Servicio Geológico Colombiano (SGC), a través de la dirección de Geoamenazas, ha implementado una red de Observatorios Vulcanológicos y Sismológicos en el costado centro-occidental del territorio colombiano, con el fin de monitorear los volcanes activos de esta sección del país. El Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales (OVS-Manizales), creado en 1986, se encarga de realizar monitoreo continuo de los volcanes pertenecientes al Segmento Norte de Colombia. Se monitorea permanentemente los volcanes San Diego, Romeral, Cerro Bravo, Volcán Nevado del Ruiz, Volcán Paramillo del Cisne, Volcán Nevado de Santa Isabel, Volcán Paramillo de Santa Rosa, Volcán Paramillo del Quindío, Volcán Nevado del Tolima y Volcán Cerro Machín, así como los demás centros volcánicos situados dentro del complejo volcánico. Estos volcanes se encuentran localizados en los departamentos de Caldas, Risaralda, Quindío y Tolima.

Cumpliendo con la misión que le ha sido encomendada, el OVS-Manizales realiza monitoreo continuo del comportamiento que presentan los citados volcanes, prestando especial atención a la actividad registrada por los volcanes Nevado del Ruiz, Santa Isabel y Cerro Machín, los cuales han venido mostrando variaciones en su comportamiento con diferentes fluctuaciones en cuanto a la liberación de energía sísmica y demás parámetros geofísicos, geodésicos y geoquímicos que se tienen en cuenta para valorar la actividad volcánica.

El SGC presenta el informe de actividad de dichos volcanes, correspondiente al mes de Marzo de 2016. Este informe compila la información obtenida a través de las redes de vigilancia instaladas en los alrededores de los centros volcánicos (Figura 1).

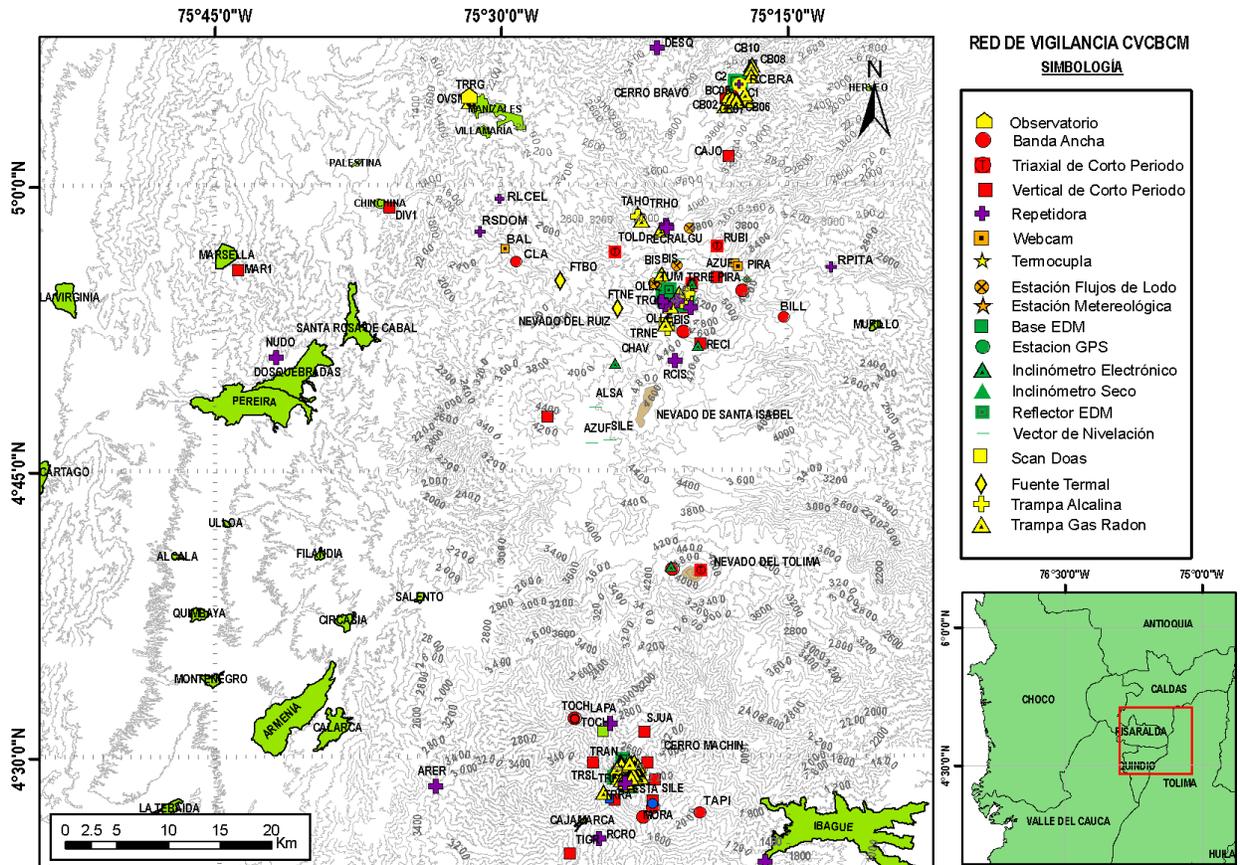


Figura 1. Red de estaciones. Segmento Volcánico Norte de Colombia.

1. VOLCÁN NEVADO DEL RUIZ (VNR)

1.1 RED DE VIGILANCIA

El porcentaje de operación de la red telemétrica para este volcán en el mes de Marzo fue del **96.3%**.

Este mes se destaca la instalación de un nuevo sensor acústico para la estación multiparamétrica RECIO3 (Figura 2), la cual además cuenta con un sismómetro de corto periodo, un inclinómetro digital y un GPS permanente. El sistema de transmisión es totalmente digital con tecnología IP.



Figura 2. Estación multiparamétrica RECIO3.

En este periodo se realizaron varios mantenimientos correctivos de cambio de baterías y de sistemas eléctricos en general, ya que la emisión de ceniza que se presentó el día 15 de Marzo afectó a las estaciones más cercanas al cráter, principalmente a la estación de corto periodo BIS (Figura 3).



Figura 3. Estación corto periodo BIS con ceniza en sus paneles solares.

Adicionalmente a los trabajos de mantenimientos se realizó la digitalización de la estación sísmológica de RECIO, que además se mejoró con un sismómetro de banda ancha que reemplazo al de corto periodo (Figura 4).



Figura 4. Estación de banda ancha RECIO.

El punto de repetición ALGUACIL fue afectado parcialmente por una descarga eléctrica que dejó por un día fuera de funcionamiento a las estaciones AZUFRADO, PIRAÑA, RUBI y CAJONES.

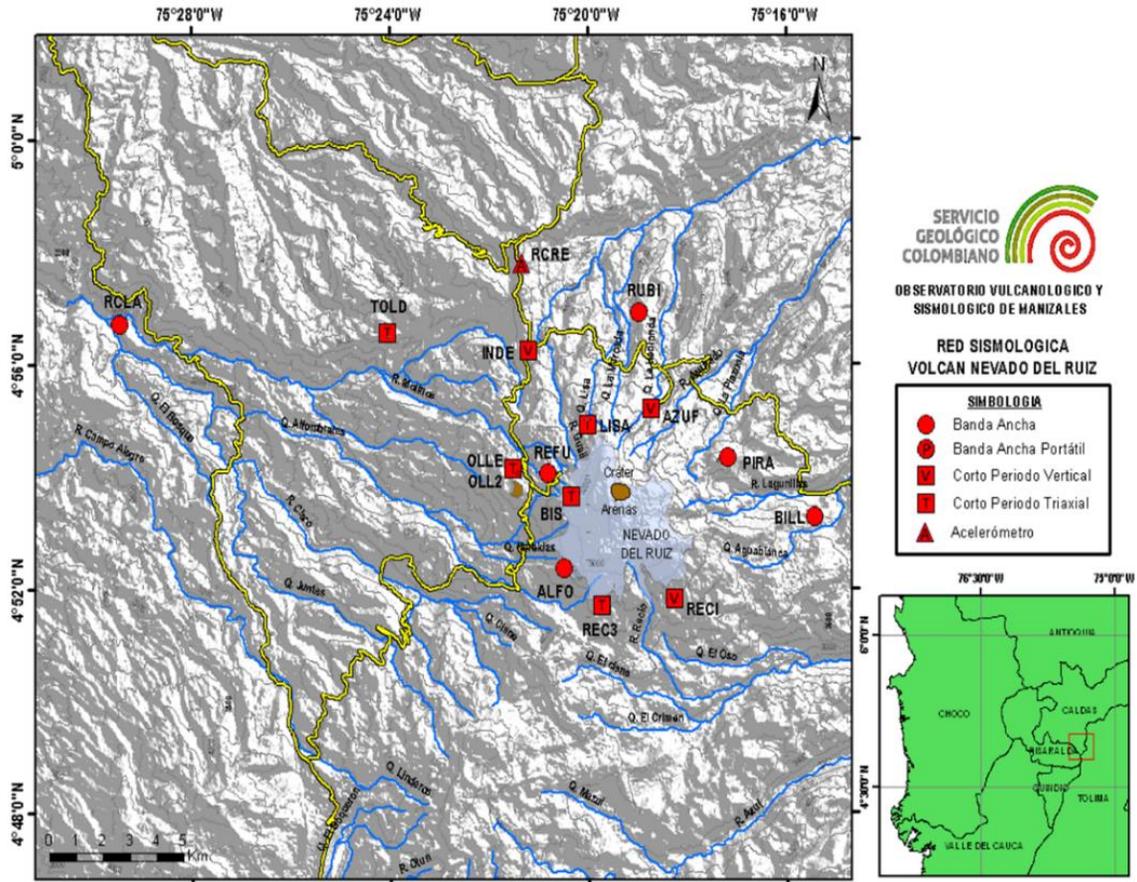
En la estación de REFUGIO se realizó mantenimiento general (Figura 5).



Figura 5. Estación multiparamétrica REFUGIO.

1.2 SISMOLOGÍA

La actividad sísmica del Volcán Nevado del Ruiz (VNR) durante el mes de Marzo, presentó un aumento con respecto al mes de Febrero de 2016, evidenciando que el sistema volcánico continua inestable. La red de estaciones sismológicas instaladas en el Volcán Nevado del Ruiz (VNR) (Figura 6), registró actividad sísmica asociada principalmente con el fracturamiento de roca del edificio volcánico y con procesos de dinámica de fluidos al interior de las cavidades y los conductos volcánicos. Durante Marzo de 2016 se registraron en el VNR, 5541 eventos tipo VT, 849 tipo LP, 17 tipo HB, 369 pulsos de tremor y 11182 sismos asociados la dinámica glaciar.



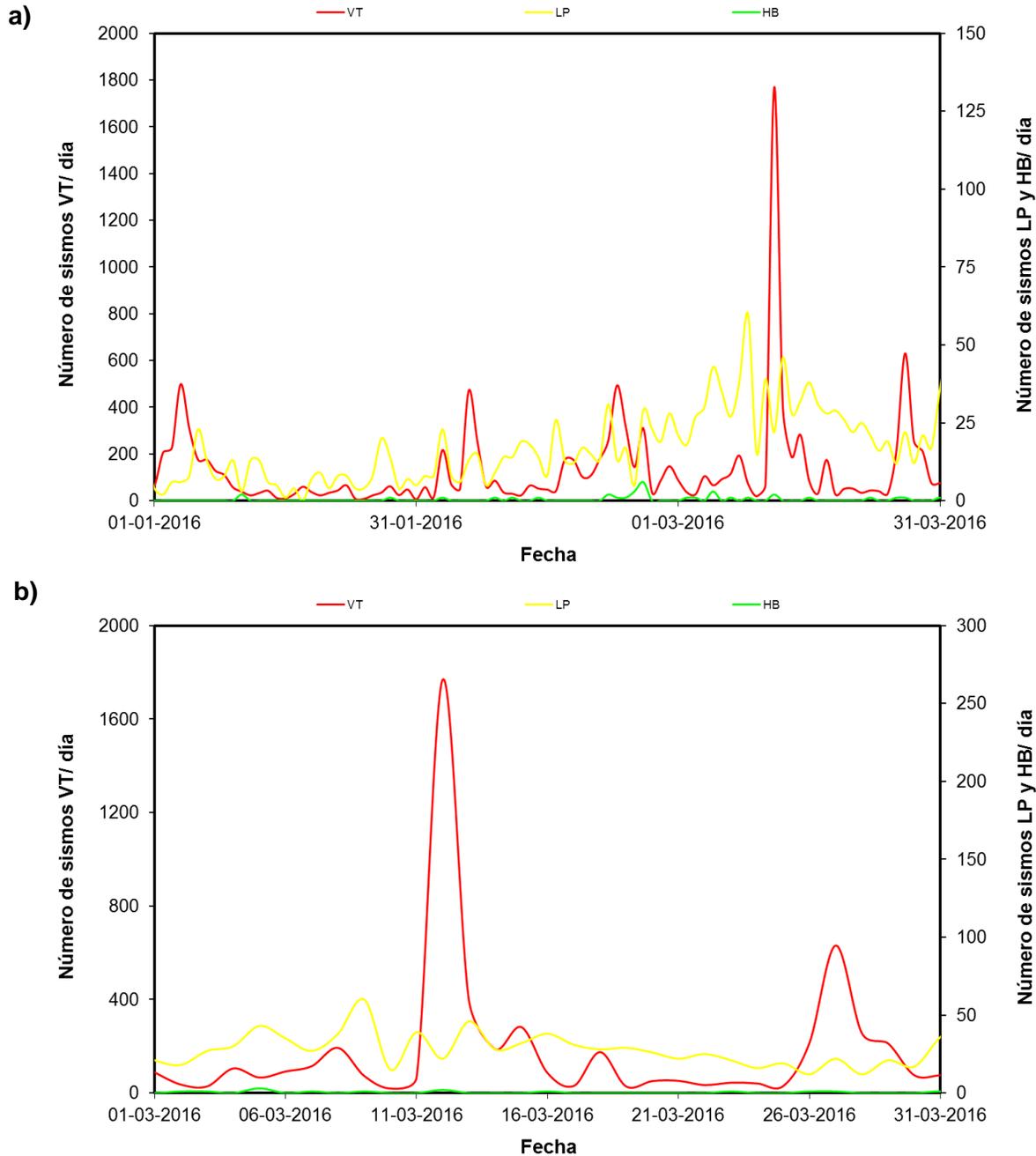


Figura 7. a) Número de eventos sísmicos tipo VT, LP e HB diarios, ocurridos desde el 01 de Enero de 2016 en el VNR. b) Número de eventos sísmicos tipo VT, LP e HB diarios, ocurridos durante el mes de Marzo de 2016 en el VNR.

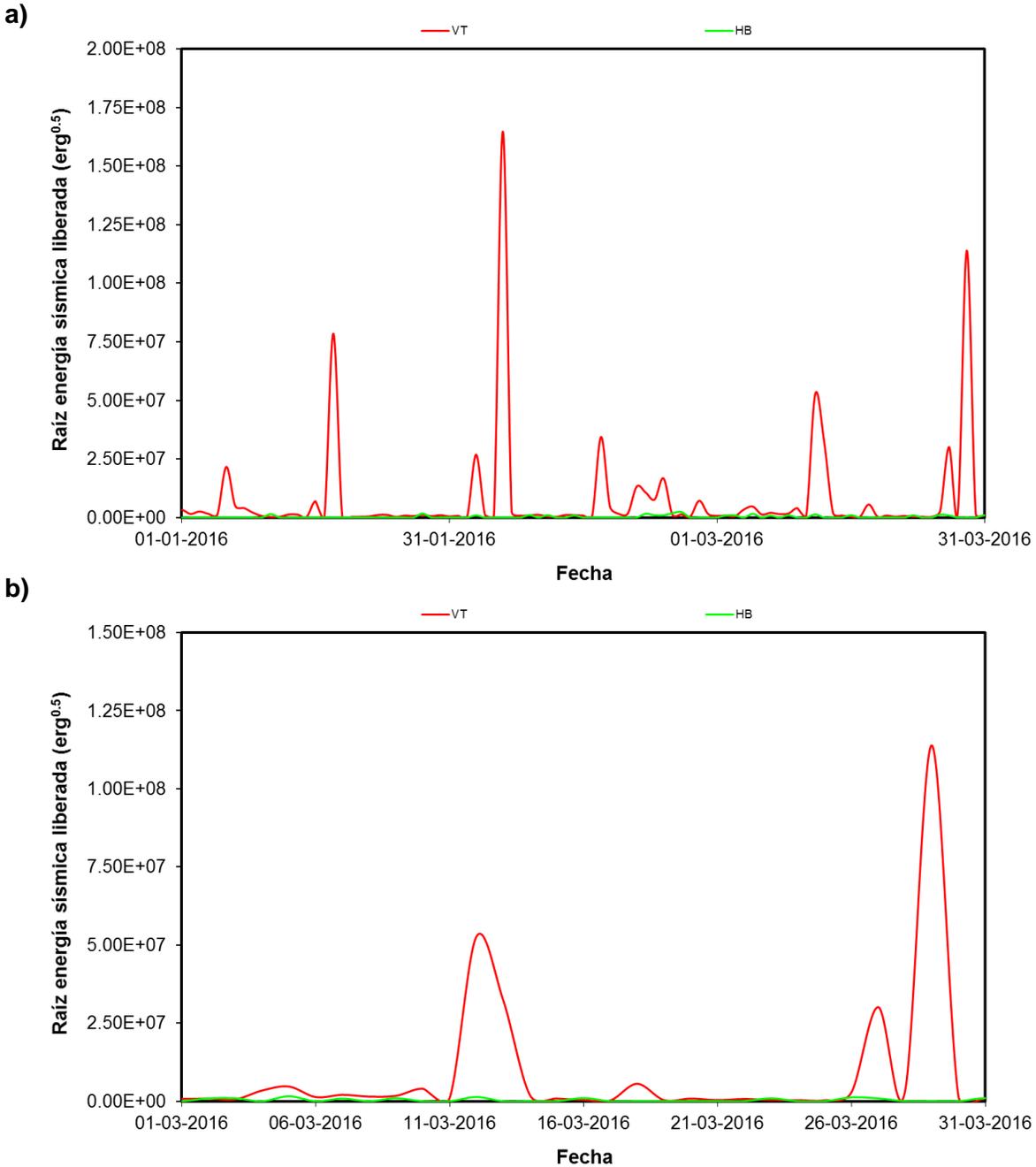


Figura 8. a) Raíz de la energía sísmica liberada diaria de los eventos sísmicos tipo VT e HB, registrados desde el 01 de Enero de 2016 en el VNR. b) Raíz de la energía sísmica liberada diaria de los eventos sísmicos tipo VT e HB, registrados durante el mes de Marzo de 2016 en el VNR.

1.2.1 Sismos volcano-tectónicos (VT)

La actividad sísmica de tipo VT registrada en el área del VNR durante el mes de Marzo de 2016 mostró un incremento en el número de sismos, con respecto al mes de Febrero. El 12 de Marzo se presentó la mayor tasa diaria de sismicidad, en lo que va corrido del año 2016, con el registro de 1769 eventos (Figura 7). Este número importante de señales no refleja sin embargo, un aumento significativo en los valores de energía sísmica liberada (Figura 8), debido a la baja magnitud de las señales; la mayor liberación de energía sísmica diaria fue alcanzada el día 29 de Marzo cuando se registró el sismo de máxima magnitud del mes, el cual ocurrió a las 20:02 (hora local), con una magnitud de 3.4 M_L (Magnitud Local) localizado a 4.5 km al Norte del cráter Arenas, a una profundidad de 3.0 km, y reportado como sentido en el sector de Brisas por personal del Parque Nacional Natural de los Nevados (PNNN). El segundo valor importante en la gráfica de energía sísmica liberada se presentó el 12 de Marzo, fecha en la cual se registró el segundo sismo VT de mayor energía del mes, éste se presentó a las 02:32 (hora local), con una magnitud de 3.0 M_L (Magnitud Local), localizado a 2.8 km al Noroccidente del cráter Arenas, a 5.55 km de profundidad, y reportado como sentido por personal del PNNN (Figura 9).

Este tipo de sismicidad estuvo principalmente localizada en los sectores norte, noroccidental, occidental, norte distal, nororiental distal y suroriental con respecto al cráter Arenas; en menor proporción se presentó sismicidad al Suroccidente, Nororiente, Sur y Oriente del cráter Arenas, y en el cráter mismo, con diferentes rangos de profundidad (Tabla 1). Las profundidades de estos eventos variaron entre 0.32 y 8.83 km (Figura 10).

Tabla 1. Resumen de las principales fuentes activas durante Marzo de 2016 en el VNR. El * indica que los sismos fueron reportados como sentidos en el área del volcán.

Fuente	Distancia promedio al cráter Arenas	Rango de profundidades	Sismo de mayor energía M_L (Magnitud Local)	Hora y fecha del sismo de mayor magnitud
Norte	5 km	2.5 – 6.0 km	3.4*	20:02 29/03/2016
Noroccidental	2.7 km	3.0 – 7.1 km	3.0*	02:32 12/03/2016
Occidental	6.2 km	3.7 – 6.5 km	1.9	05:17 27/03/2016
Norte Distal	5 km	2.8 – 8.1 km	2.0	10:53 27/03/2016
Nororiental Distal	2.5 km	3.3 – 5.7 km	1.7	07:58 10/03/2016
Suroriental	2.2 km	0.3 – 4.0 km	2.7	11:11 27/03/2016
Nororiental	1.4 km	0.4 – 5.7 km	2.8	20:31 13/03/2016

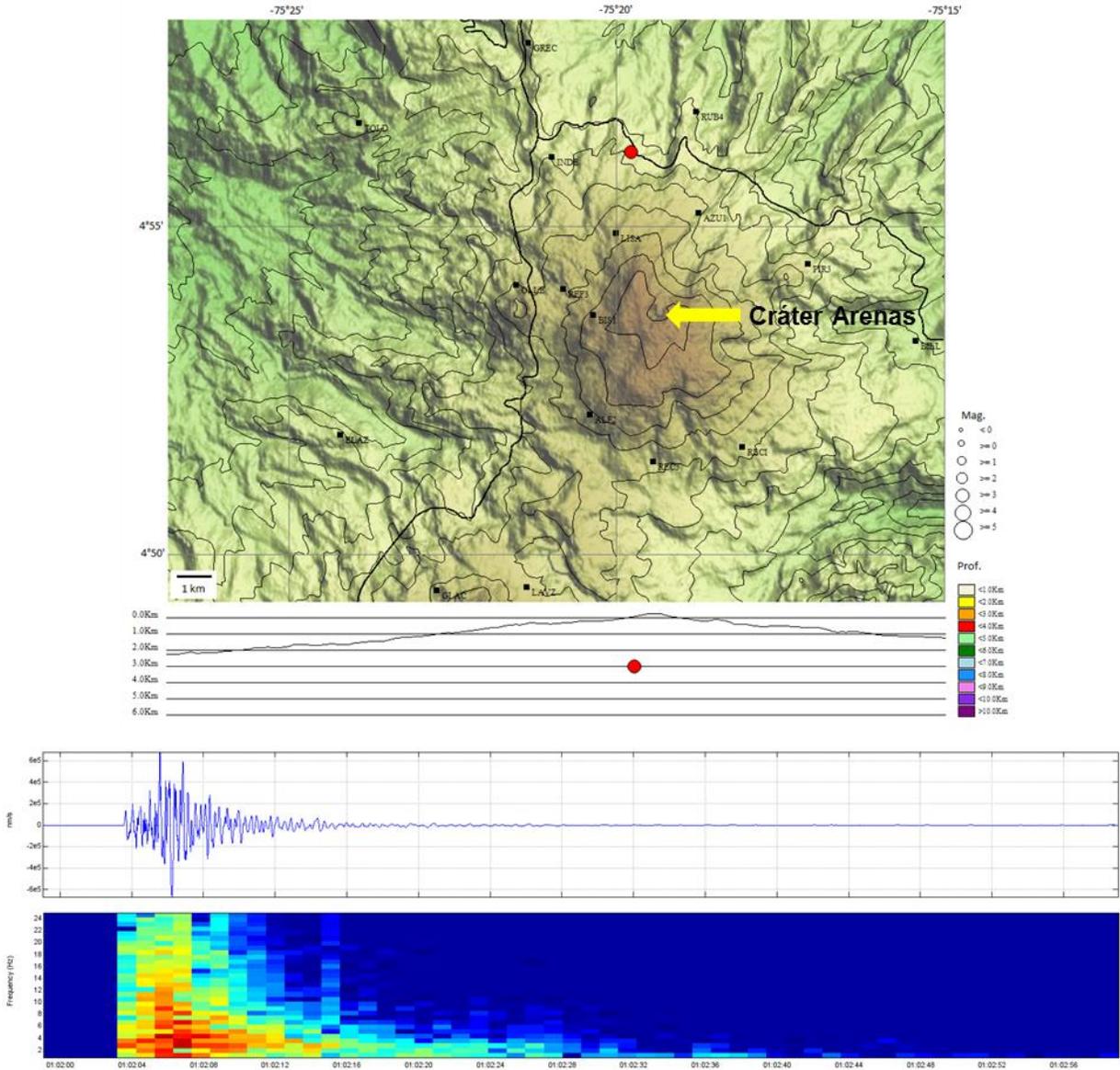


Figura 9. Mapa de localización, registro sísmico y espectrograma asociado al evento sísmico tipo VT de mayor energía registrado durante el mes de Marzo en el VNR, ocurrido el día 29 de Marzo a las 20:02 (hora local) con una Magnitud Local en la escala Richter de 3.4 M_L. Estación OLLETA, componente vertical.

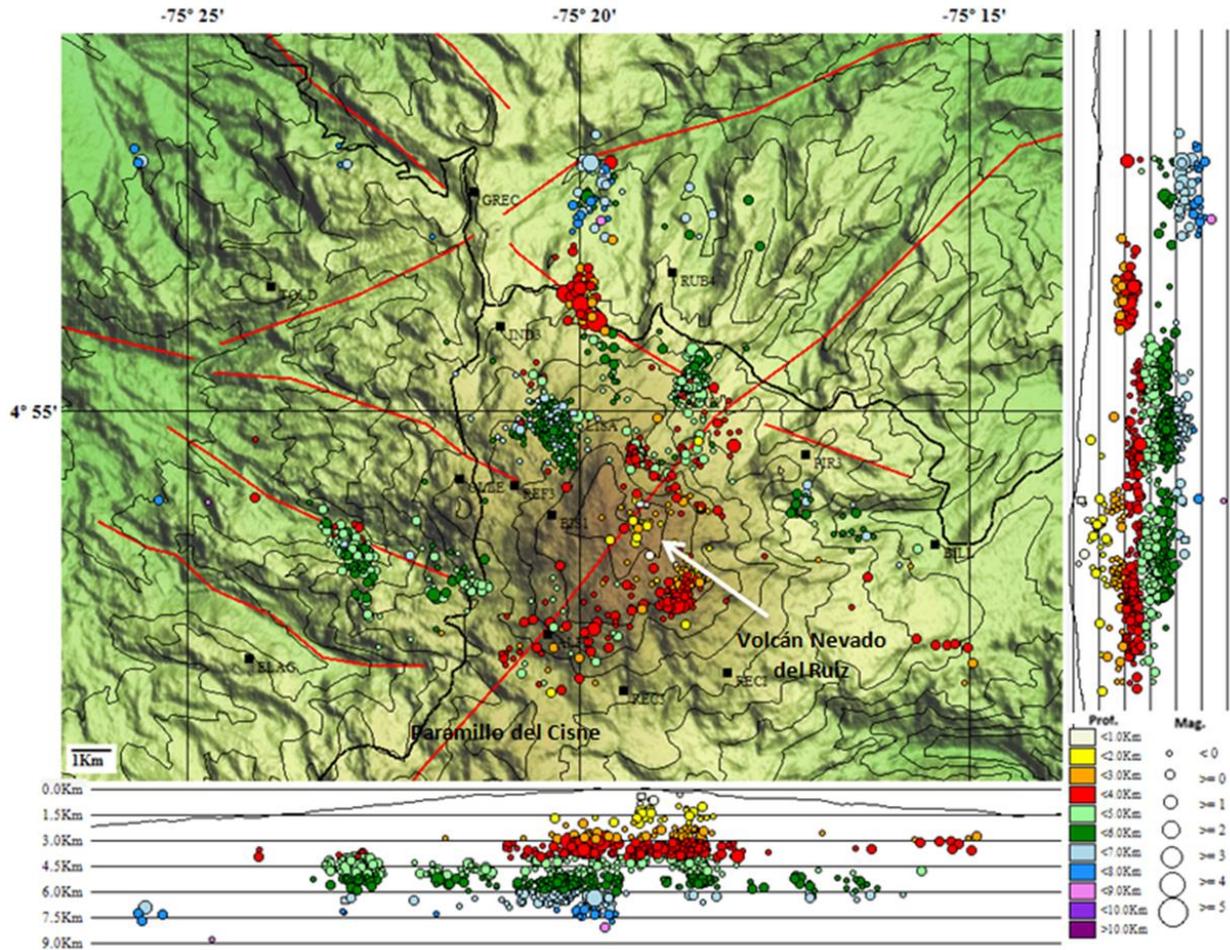


Figura 10. Mapa de localización hipocentral de los sismos volcano-tectónicos (círculos de colores) registrados en el área del VNR, durante el mes de Marzo de 2016. Los cuadros de color negro representan las estaciones sismológicas.

Durante Marzo de 2016 se presentaron dos incrementos en la actividad sísmica de fractura en el VNR, ambos caracterizados por presentar bajos niveles de energía sísmica. El primero de ellos, como ya se mencionó, se registró el 12 de Marzo, cuando se totalizaron 1769 sismos tipo VT, la mayoría de ellos entre las 01:00 y las 03:00 (hora local). Estos sismos pertenecen a dos fuentes sísmicas (Figura 11), la más importante por la energía sísmica liberada y por el número de evento, se localizó a unos 2.7 km al Noroccidente del cráter Arenas, una profundidad que osciló entre 3.0 y 6.8 km, en esta fuente fue registrado el segundo sismo en magnitud del mes, con 3.0 M_L (Magnitud Local) ocurrido a las 02:32 (hora local). La otra fuente activa durante el incremento, se localizó a 3.5 km al Nororiente del cráter Arenas, a profundidades entre 3.5 y 5.6 km, el sismo de mayor magnitud alcanzó 1.5 M_L (Magnitud Local), ocurrido a las 18:39 (hora local), a 4.5 km de profundidad.

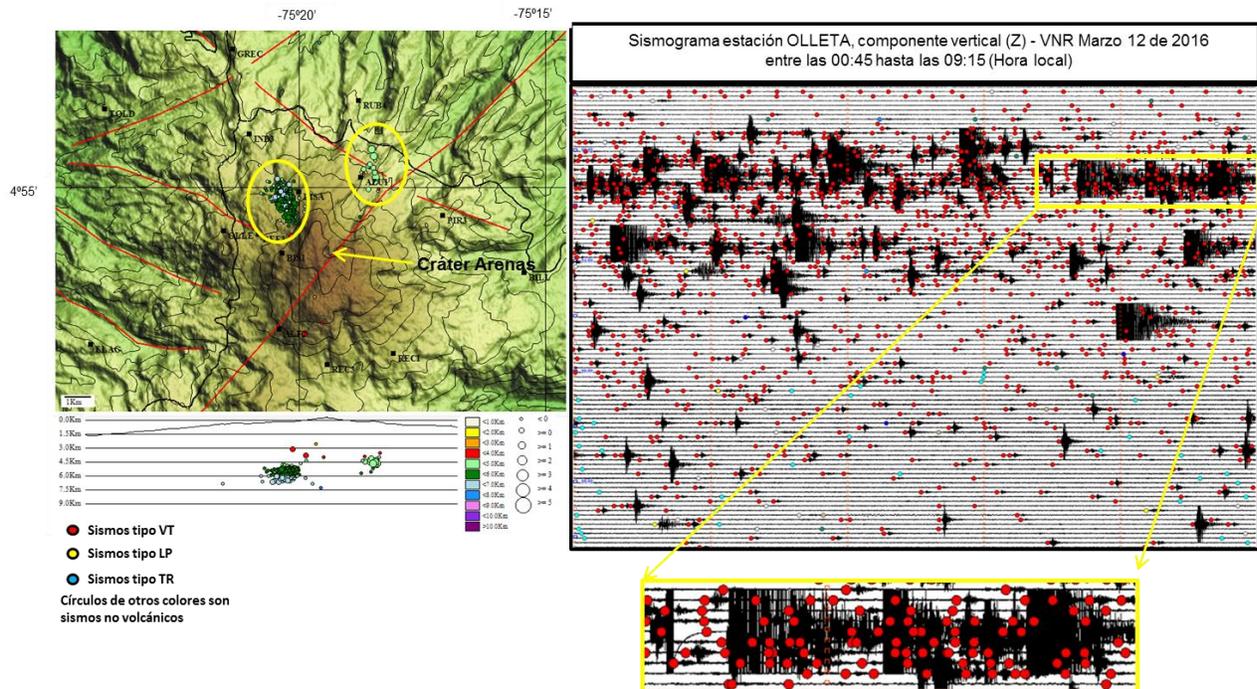


Figura 11. Principal incremento en la actividad sísmica tipo VT en el VNR durante el mes de Marzo, ocurrido el 12 de Marzo de 2016. A la izquierda, mapa de localización, resaltando las dos fuentes activas en el incremento. A la derecha, sismograma donde se aprecia el registro de los sismos tipo VT ocurridos durante la mayor liberación de energía entre la 00:45 y las 09:15 (hora local). Abajo a la derecha, detalle de la forma de onda del sismo de mayor magnitud, 3.0 M_L .

El segundo incremento de actividad sísmica tipo VT, se registró el 27 de Marzo, con el registro de 631 eventos, concentrados principalmente a unos 6.2 km al Occidente del cráter Arenas, a profundidades entre 3.7 y 6.2 km, la mayor magnitud fue de 1.9 M_L (Magnitud Local) registrada a las 05:27 (hora local). Otras fuentes estuvieron también activas (Figura 12), una a 2.2 km al Suroccidente del cráter Arenas, con profundidades restringidas entre 2.7 y 3.8 km, el sismo destacado corresponde al ocurrido a las 11:11 (hora local) de 2.7 M_L (Magnitud Local); otra a 4.1 km al Suroccidente del cráter Arenas, con profundidades que oscilaron entre 4.3 y 5.6 km, el sismo de mayor magnitud fue de 0.2 M_L (Magnitud Local) a las 19:50 (hora local). En el sector norte distal, también se presentó sismicidad, con profundidades entre 6.0 y 8.1 km, la máxima magnitud fue de 0.4 M_L (Magnitud Local) registrada a las 08:17 (hora local).

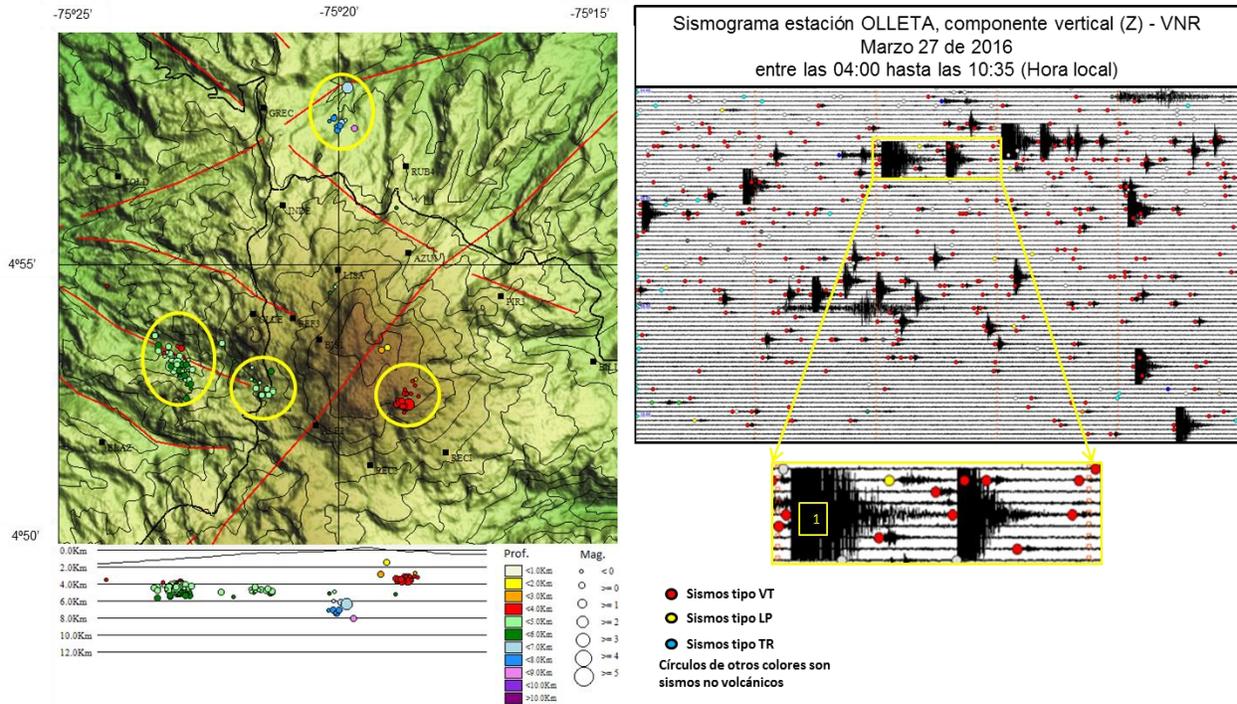


Figura 12. Segundo incremento importante en la actividad sísmica tipo VT en el VNR durante el mes de Marzo. Izquierda, mapa localización de los sismos registrados en las cuatro fuentes activas durante el incremento (elipses de color amarillo). A la derecha, sismograma donde se aprecia el registro de los sismos tipo VT durante el incremento, y detalle del sismos de mayor magnitud.

Durante el mes de Marzo se registraron además, sismos asociados a fractura, de muy baja energía, no localizables, tipo “*Drumbeats*”. Estos sismos caracterizados por presentar una periodicidad en la ocurrencia de las señales y por estar, en la mayoría de casos, relacionados con el crecimiento de domos, se registraron en episodios de corta duración los días 4, 8, 12 y 15 de Marzo (Tabla 2). Los periodos de ocurrencia dentro de los episodios variaron entre 9 y 80 s, este último corresponde al episodio del 08 de Marzo, el cual fue el de mayor duración, alcanzando 28 min, sin embargo fue el 15 de Marzo cuando se presentó el mayor número de este tipo de sismos, con el registro de tres episodios. El episodio con los sismos más energéticos (magnitudes locales $< 0.0 M_L$) fue el del 04 de Marzo a las 05:52 (hora local), Figura 13. Este tipo de sismicidad es muy similar a la reportada en el segundo semestre de 2015 en los meses de Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre.

Tabla 2. Episodios de sismicidad tipo *Drumbeat* registrados durante Marzo de 2016 en el VNR.

Fecha episodio	Hora local	Duración episodio (min)	Tipo señales sísmicas	Periodicidad señales (s)	Localización sismos	Magnitud máxima (ML)
Marzo 04/2016	05:52 – 05:53	Episodio 1: 1 min	Sismos volcano-tectónicos	12 s	No localizables	Nivel energético muy bajo
	07:25 – 07:31	Episodio 2: 6 min	Sismos volcano-tectónicos	9 s	No localizables	Nivel energético muy bajo
Marzo 08/2016	11:00 – 11:28	Episodio 1: 28 min	Sismos volcano-tectónicos	80 s	No localizables	Nivel energético muy bajo
Marzo 12/2016	00:55 – 01:14	Episodio 1: 9 min	Sismos volcano-tectónicos	16 s	No localizables	Nivel energético muy bajo
Marzo 15/2016	20:06 – 20:30	Episodio 1: 24 min	Sismos volcano-tectónicos	23 s	No localizables	Nivel energético muy bajo
	21:35 – 21:46	Episodio 2: 11 min	Sismos volcano-tectónicos	13 s	No localizables	Nivel energético muy bajo
	22:26 – 22:54	Episodio 3: 11 min	Sismos volcano-tectónicos	22 s	No localizables	Nivel energético muy bajo

1.2.2 Sismos Híbridos

En el mes de Marzo de 2016, la sismicidad tipo híbrido mantuvo la tendencia que ha mostrado durante lo que va corrido del año, es decir, bajo número de sismos y de bajo nivel energético. En el mes se registraron 17 señales de este tipo, la mayor de ellas fue registrada el 26 de Marzo a las 15:32 (hora local), con una magnitud de 0.8 M_L (Magnitud Local), localizada al Sureste del cráter Arenas a una profundidad de 1.5 km. En general, estas señales se localizaron en el cráter Arenas, a profundidades entre 0.6 y 3.9 km.

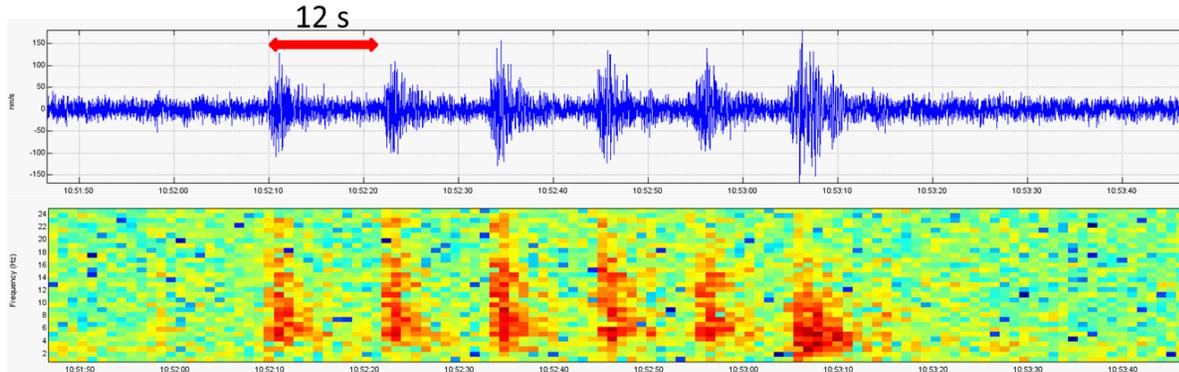


Figura 13. Episodio de sismicidad tipo *Drumbeat* registrada en el VNR, el día 04 de Marzo de 2016. El sismograma y el espectrograma (parte inferior) corresponden a la componente vertical de la estación de BIS. La fecha indica el tiempo de separación entre eventos en segundos.

1.2.3 Sismos de Largo Periodo (LP)

La sismicidad relacionada con la dinámica de fluidos y gases al interior de los conductos volcánicos, también caracterizó la actividad sísmica del mes de Marzo, y mostró un incremento notable con respecto a la registrada en el mes de Febrero de 2016. Durante el mes se registraron un total de 810 sismos tipo LP y 39 sismos de periodo muy largo (VLP por sus siglas en Inglés), estos últimos caracterizados por contener una frecuencia dominante ≤ 0.7 Hz. Estos eventos sísmicos se presentaron tanto de manera aislada como parte de eventos múltiples de fluidos y/o como precursores de pulsos de tremor y de episodios tremor volcánico continuo.

La localización de este tipo de sismicidad se realizó mediante la aplicación del método de atenuación de las máximas amplitudes de onda con la distancia. Estos sismos se localizaron principalmente en el sector del cráter Arenas, alrededor de éste y los flancos suroriental y noroccidental del edificio volcánico (Figura 14). En cuanto a la energía sísmica liberada por los sismos tipo LP, medida a partir del desplazamiento reducido (D_r), el valor máximo promedio alcanzado en el mes de Marzo fue de 15.63 cm^2 , correspondiente al evento sísmico de tipo VLP registrado el día 06 de Marzo a las 22:18 (hora local), Figura 15.

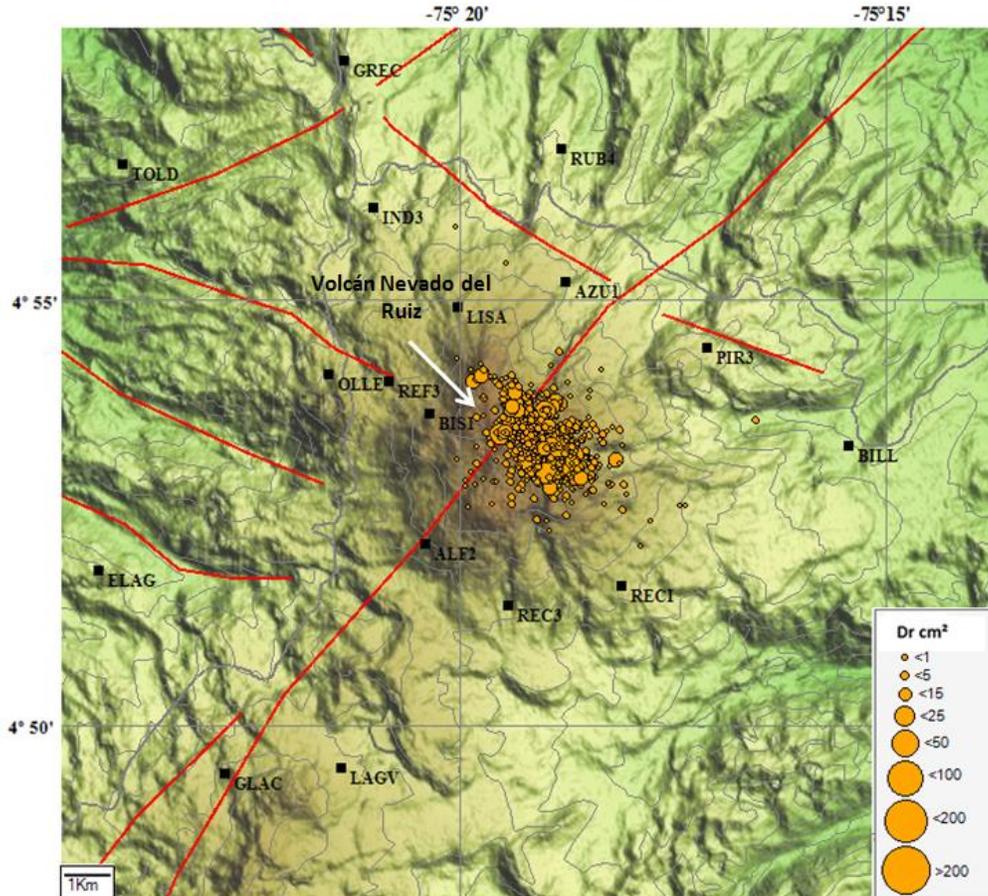


Figura 14. Mapa de localización epicentral de sismos tipo LP (Círculos naranja) registrados durante el mes de Marzo de 2016 en el VNR. Los cuadrados negros representan las estaciones sismológicas.

Las frecuencias asociadas a la máxima amplitud de los sismos tipo LP, oscilaron entre 0.71 y 14.22 Hz, con una frecuencia promedio 3.78 Hz, en general durante Marzo de 2016 predominaron las frecuencias entre 2.5 y 6.0 Hz, manteniendo la misma tendencia a lo largo del mes (Figura 16). Las frecuencias de los sismos tipo VLP, los cuales se registraron principalmente, en la segunda y tercera semana del mes, fluctuaron entre 0.36 a 0.67 Hz, con una frecuencia promedio de 0.52 Hz.

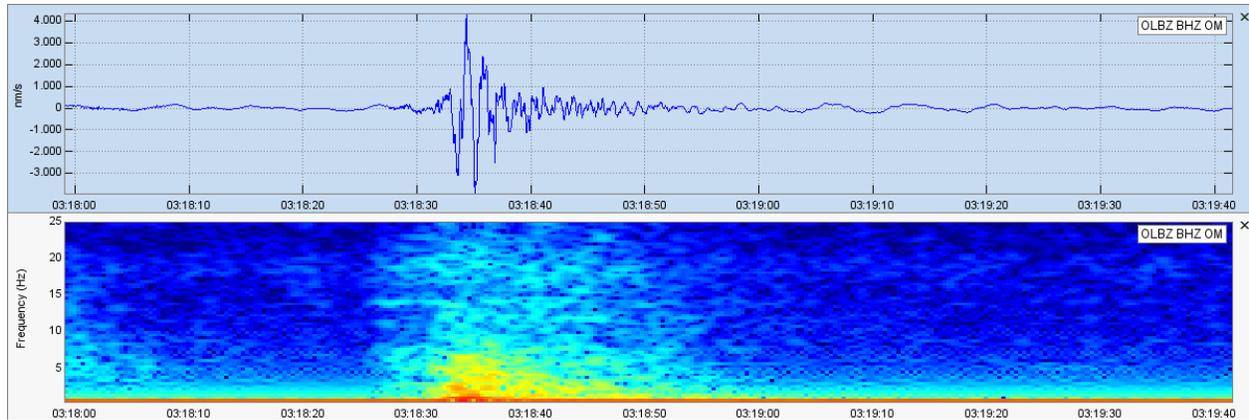


Figura 15. Registro sísmico y espectrograma de la señal sísmica de periodo muy largo (VLP), de mayor energía registrada en Marzo de 2016, el día 06 a las 22:18 (hora local). Este evento tuvo un desplazamiento reducido promedio de 15.63 cm². Estación Olleta banda ancha, Componente vertical.

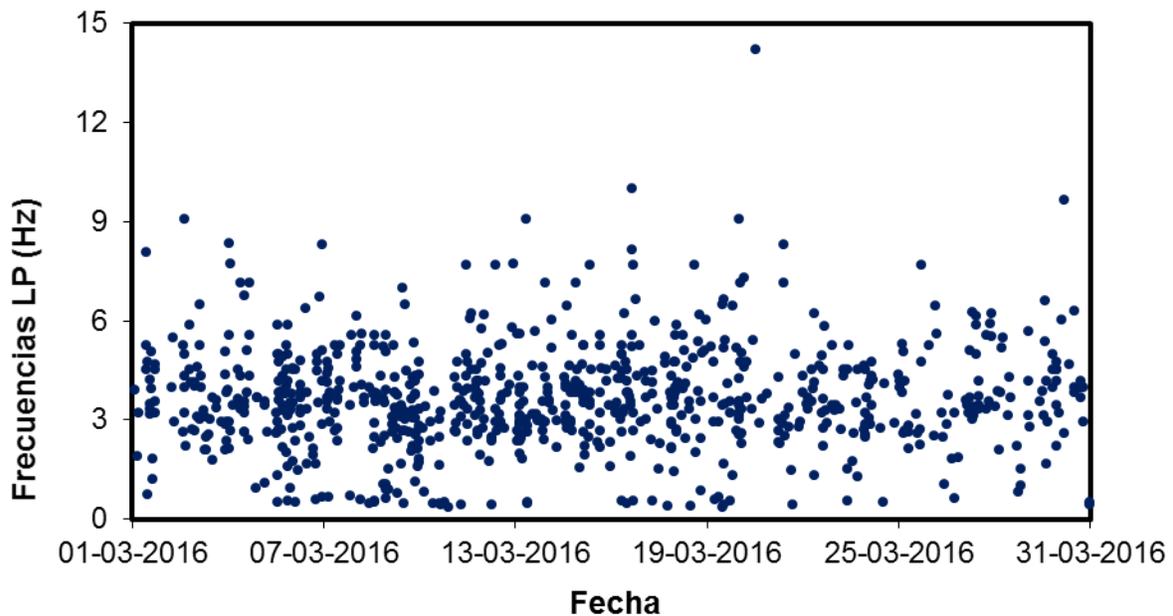


Figura 16. Frecuencias asociadas a la máxima amplitud de los eventos sísmicos tipo LP y VLP registradas durante el mes de Marzo de 2016 en el VNR.

Algunas de estas señales tanto de tipo LP como VLP fueron el inicio de episodios de tembor continuo o antecedieron pulsos de tembor volcánico. En ocasiones estos eventos estuvieron asociados a pequeñas explosiones (Figura 17) y a emisiones de ceniza confirmadas a través de las cámaras Web instaladas en el área del volcán (Figura 18), reportes de personal técnico del Servicio Geológico Colombiano en campo y por información de funcionarios del Parque Nacional Natural de los Nevados.

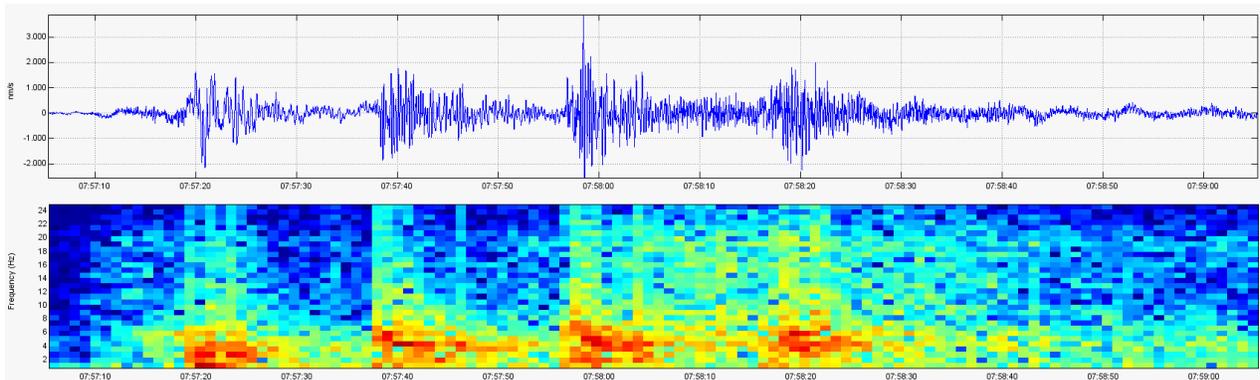
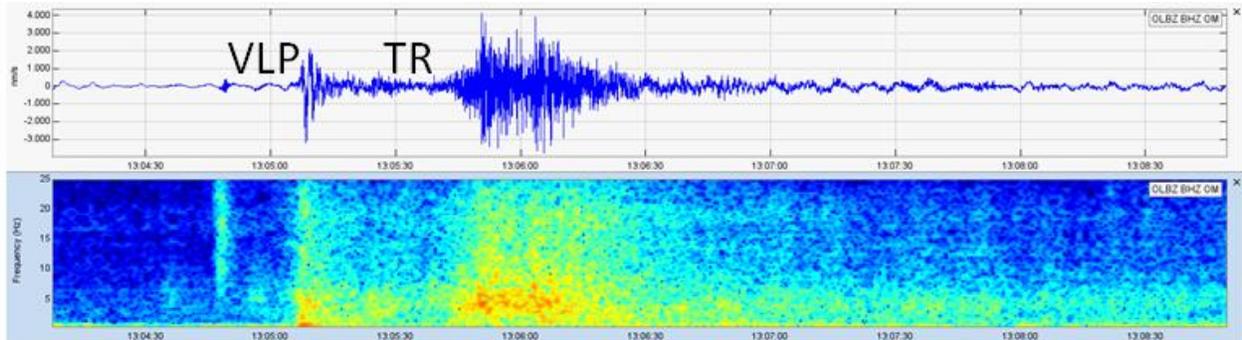


Figura 17. Pequeñas explosiones en el VNR. Fotografía tomada por la cámara ubicada en el sector del Cañón del Azufrado, forma de onda y espectrograma de las señales sísmicas asociadas a una pequeña explosión registrada el día 13 de Marzo de 2016 a las 02:59 (hora local). Registro sísmico Estación Olleta banda ancha, componente vertical.



Fotografías cámaras web instaladas en el área del Volcán Nevado del Ruiz:



Fotografías desde la ciudad de Manizales:



Figura 18. Registro sísmico y espectrograma de la señal de tremor volcánico asociada a la emisión de ceniza el día 31 de Marzo de 2016 a las 08:05 (hora local), antecedida por un evento tipo VLP (Estación Olleta banda ancha, componente vertical). En la parte inferior de la figura se observan varias fotografías de la emisión de ceniza asociada.

Mediante la aplicación del método Sompi a los sismos de largo periodo, fue posible obtener las frecuencias complejas y el factor Q_r (factor de calidad debido a pérdidas por radiación de la energía). La gráfica de la Figura 19, que muestra los valores de Q_r , muestra que la mayoría de sismos analizados se encuentran en la zona líquido+burbujas, y en mucho menor proporción en la zonas líquido+burbujas+gas y gas-gas, estos resultados evidencian la inestabilidad del sistema volcánico.

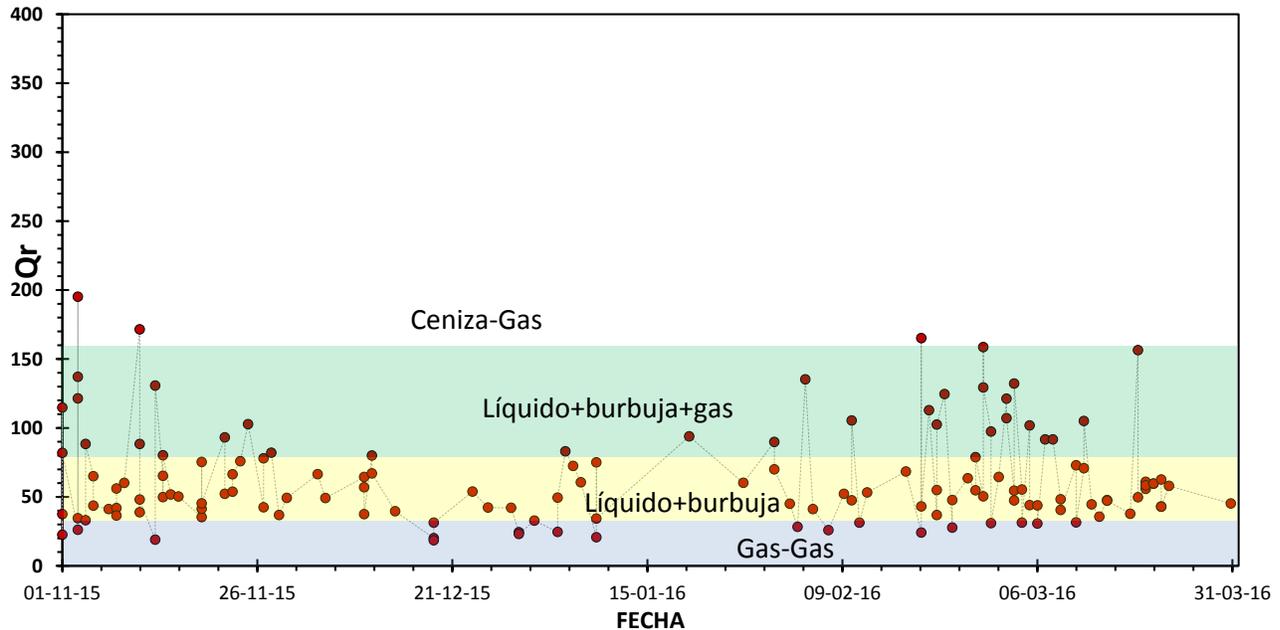


Figura 19. Qr del volcán Nevado del Ruiz obtenido mediante el método Sompí para el periodo Noviembre de 2015 a Marzo de 2016.

Con relación a los eventos múltiples de fluidos (p.e. LP+TR, TR+TR, LP+TR+TR, etc.), éstos continuaron presentándose con niveles energéticos variables durante el mes de Marzo, mostrándose un aumento con respecto al mes de Febrero, en el número de eventos de este tipo y en la energía sísmica liberada. Los eventos múltiples formados por dos señales sísmicas predominaron en el mes, en especial aquellos donde el evento principal o de mayor energía fue precedido por un evento. Para este tipo de eventos se observó que la duración entre el evento predecesor y el evento principal osciló entre 5.3 y 58 s (Figura 20), con un promedio de 26.9 s; la energía sísmica liberada por el evento principal, medida como desplazamiento reducido (D_r), varió entre 0.29 y 18.83 cm^2 (Figura 21). Para los eventos múltiples formados por dos eventos sísmicos predecesores, los eventos de mayor energía mostraron valores de D_r entre 0.54 y 4.99 cm^2 , con tiempos diferenciales entre 16.3 y 192 s. Los eventos múltiples formados por un evento principal y tres señales sísmicas antecesoras, fueron muy pocos y mostraron una duración entre el evento predecesor y el evento principal entre 44.9 y 46.1 s y valores de D_r para el evento principal entre 0.51 y 1.55 cm^2 (Figura 20 y Figura 21).

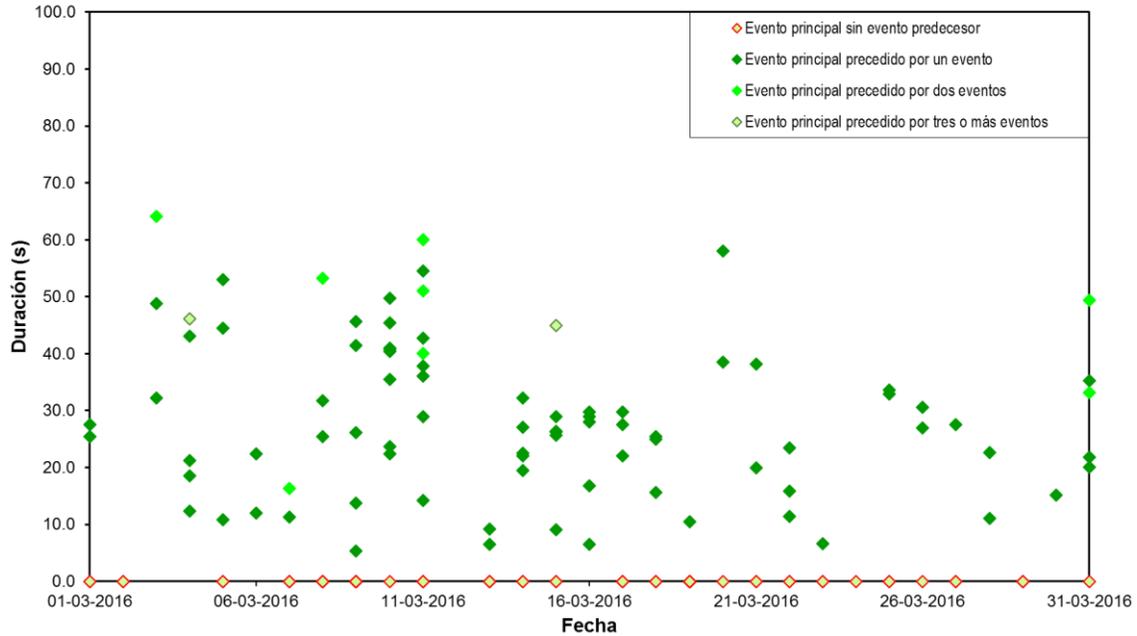


Figura 20. Gráfica de la duración entre el registro del primer evento y el evento de mayor energía (o principal), de los eventos múltiples de fluido registrados durante el mes de Marzo en el VNR.

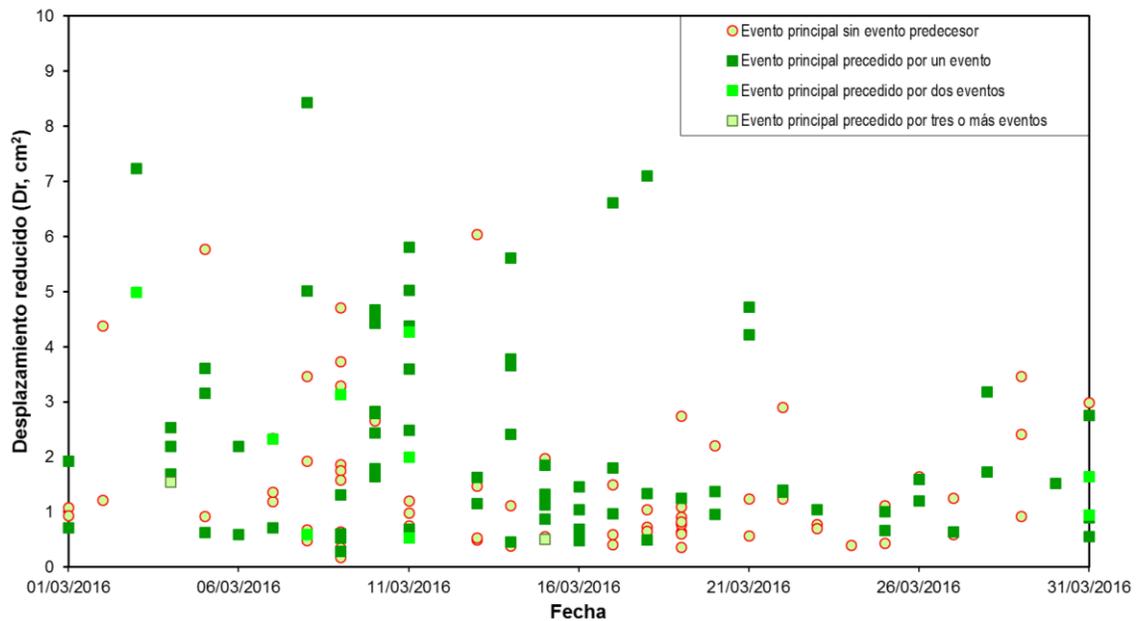


Figura 21. Gráfica del desplazamiento reducido del evento de mayor nivel energético que constituye los sismos múltiples de fluido registrados durante el mes de Febrero en el VNR. Medida estimada en la estación de OLLETA banda ancha, Componente vertical.

1.2.4 Pulsos de tremor y tremor volcánico continuo (TR y TC).

Otro tipo de sismicidad volcánica asociada a dinámica de fluidos es el tremor volcánico, este tipo de señales mostraron un aumento importante durante el mes de Marzo tanto en el número de eventos registrados como en su nivel energético, con relación al mes inmediatamente anterior. En Marzo de 2016 se contabilizaron un total de 369 pulsos de tremor y 18 episodios de tremor continuo. Esta actividad sísmica, por el método de atenuación de las máximas amplitudes de onda con la distancia, fue localizada principalmente en el flanco suroriental del edificio volcánico, en el cráter y en menor proporción al Noroccidente de éste, en su mayoría de carácter superficial. Algunas de estas señales estuvieron asociadas a emisiones de ceniza a la atmósfera, en ocasiones confirmadas a través de las cámaras web instaladas en el área y reportes del personal técnico del Servicio Geológico Colombiano en el área y funcionarios del Parque Nacional Natural de los Nevados.

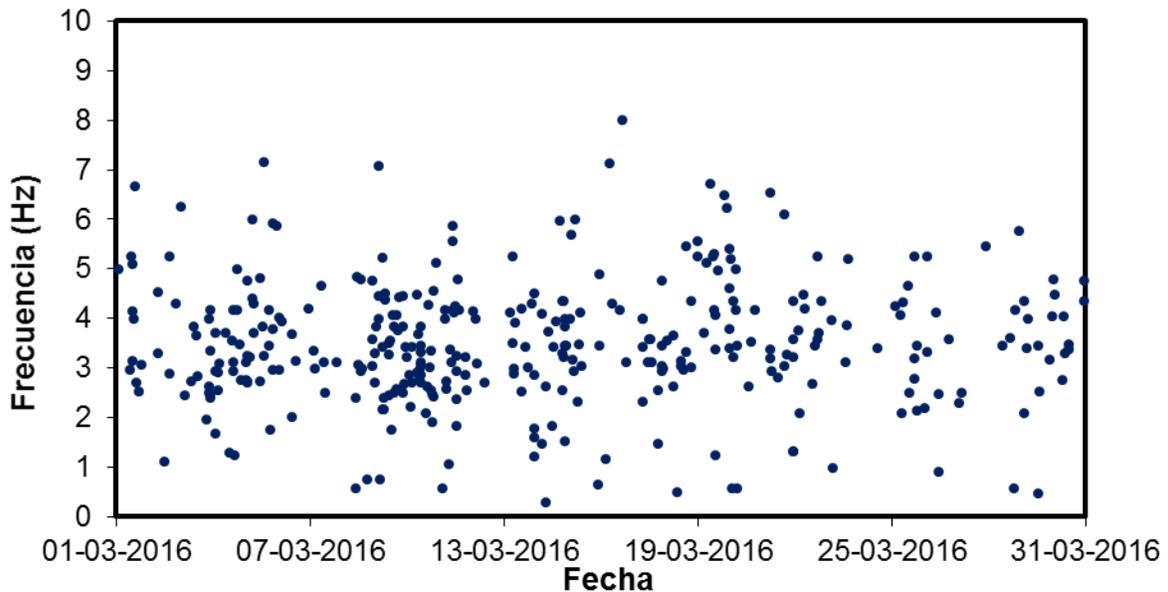
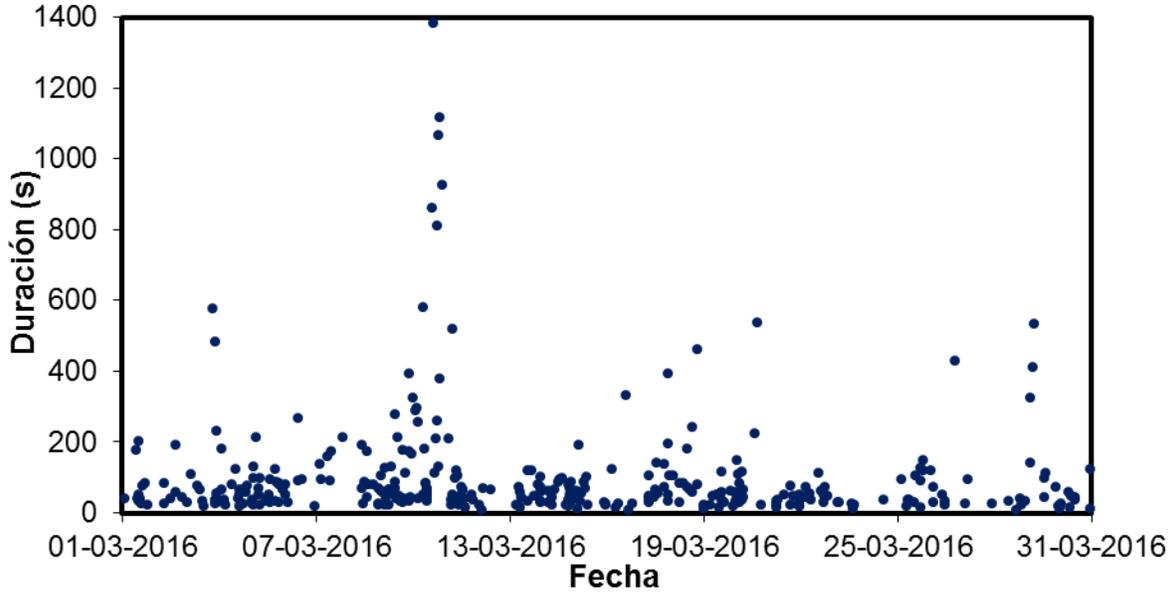


Figura 22. Gráfica de la duración de los pulsos de tremor volcánico (TR) y frecuencias asociadas a la mayor amplitud registrada en cada pulso ocurrido en el VNR en Marzo de 2016.

Los pulsos de tremor (TR) presentaron duraciones muy variables, que oscilaron entre 8 y 1386, con predominio entre 20 y 100 s (Figura 22), mostrando un aumento en la duración con respecto al mes de Febrero. Las frecuencias entre 0.4 y 8.0 Hz, sin embargo la mayoría de ellas estuvieron concentradas en el rango entre 2.5 y 6.0 Hz (Figura 22). Con relación a los niveles energéticos, los Dr promedios oscilaron entre 0.03 cm² y 18.79 cm², este máximo fue

registrado el 03 de Marzo a las 09:24 (hora local), correspondiente a un pulso de tremor de 68 s de duración, localizado al Suroriente del cráter Arenas, asociado a una emisión de ceniza (Figura 23).

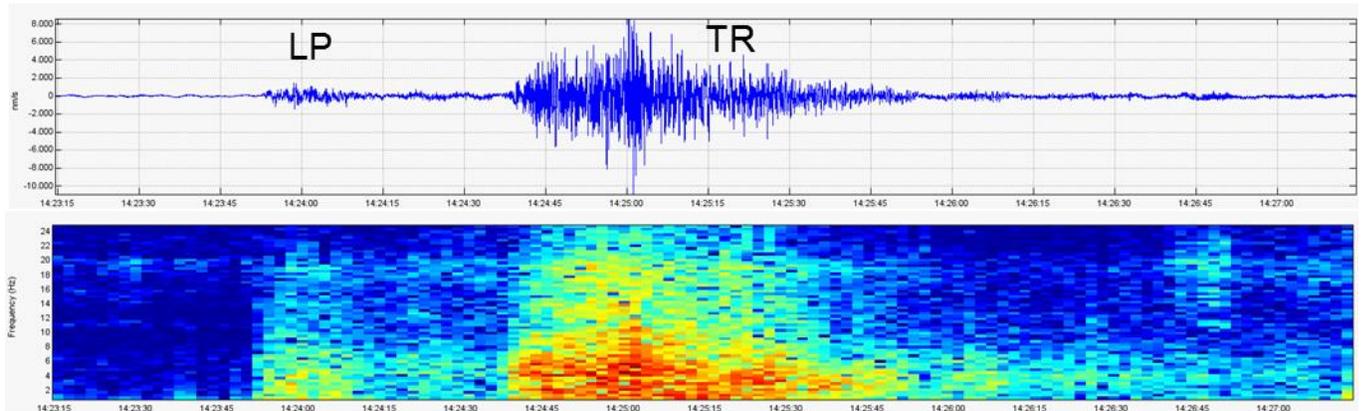


Foto cortesía de Héctor Mora-Servicio Geológico Colombiano

Figura 23. Sismograma y espectrograma del pulso de tremor de mayor nivel energético del mes (TR), con D_r promedio de 18.79.1 cm^2 y una duración de 68 s, registrado el día 03 de Marzo a las 09:24 (hora local). Estación Olleta banda ancha. Esta señal fue antecedida por un sismo LP de 2.11 cm^2 de D_r promedio.

En cuanto al tremor volcánico continuo (TC), en el mes de Marzo se presentaron varios episodios de corta y larga duración (Tabla 3), con comienzos energéticos variables y en ocasiones con eventos tipo LP y pulsos de TR como antecesores (Figura 24).

Tabla 3. Episodios de tremor volcánico continuo (TC) registrados durante el mes de Marzo de 2016 en el VNR. (OLBZ estación Olleta banda ancha, componente vertical).

Episodios	Fecha y hora de inicio	Duración (h)	Frecuencias (Hz)								Emisión Ceniza Confirmada	Dr máximo (cm ²) OLBZ	Dr promedio (cm ²)	Tipo señal asociada DR máximo	
			1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	>7						
1	27/02/2016 13:46:00	98.1										1.6		LP	
			TC1	X	X	X	X	X	X			1.3		TC	
			TC2	X		X	X					0.3		TC	
2	03/03/2016 02:54:37	6.1										0.2		TR	
			TC			X						0.1		TC	
3	03/03/2016 13:00:00	5.2										3.6	3.6	TR	
			TC			X	X		X	X		0.04		TC	
4	09/03/2016 07:54:25	5.1										1.21	2.6	TR	
			TC	X	X	X	X	X		X		0.1		TC	
5	09/03/2016 16:32:49	0.6										1.2	1.6	TR	
			TC	X	X	X	X	X		X		0.5		TC	
6	09/03/2016 18:13:26	1.8										2.1	2.8	LP	
			TC	X		X	X	X				0.2		TC	
7	09/03/2016 20:46:30	1.6													
			TC	X		X	X	X				SI		TR	
8	09/03/2016 22:54:56	0.2										1.2	1.0	LP	
			TC	X		X	X	X				0.3		TC	
9	09/03/2016 23:45:07	2.5										1.3		TR y LP	
			TC	X	X	X	X	X	X	X		0.8		TC	
10	10/03/2016 03:01:23	7.3													
			TC	X	X	X	X	X	X	X		SI	4.5	5.5	TR
11	10/03/2016 10:10:14	14.8										5.8		TR	
			TC	X	X	X	X	X	X	X		SI	2.0		TC
12	11/03/2016 04:40:53	3.2										3.6	4.14	TR	
			TC	X	X	X	X	X	X	X			1.0		TC
13	11/03/2016 19:41:46	2.1										5.0	8.2	TR	
			TC	X	X	X	X	X	X	X			0.6		TC
14	12/03/2016 06:03:01	109.7										1.9	2.14	TR	
			TC2			X	X	X	X	X		SI	0.2		TC
15	24/03/2016 14:00:00	22.9				X	X	X	X			0.2		TC	
16	25/03/2016 16:56:38	2.1										0.3		TR	
			TC			X	X	X	X	X			0.1		TC
17	25/03/2016 19:14:29	126.8										3.2		LP	
			TC1			X	X	X	X			0.2		TC	
			TC2			X	X	X	X	X			0.2		TC
			TC3		X	X	X	X	X	X			0.2		TC
			TC4	X	X	X	X	X	X	X			0.3		TC
TC5	X	X	X	X	X	X	X			0.1		TC			
18	31/03/2016 15:15:17	21.1										0.7	0.96	LP	
			TC				X	X	X			0.2		TC	

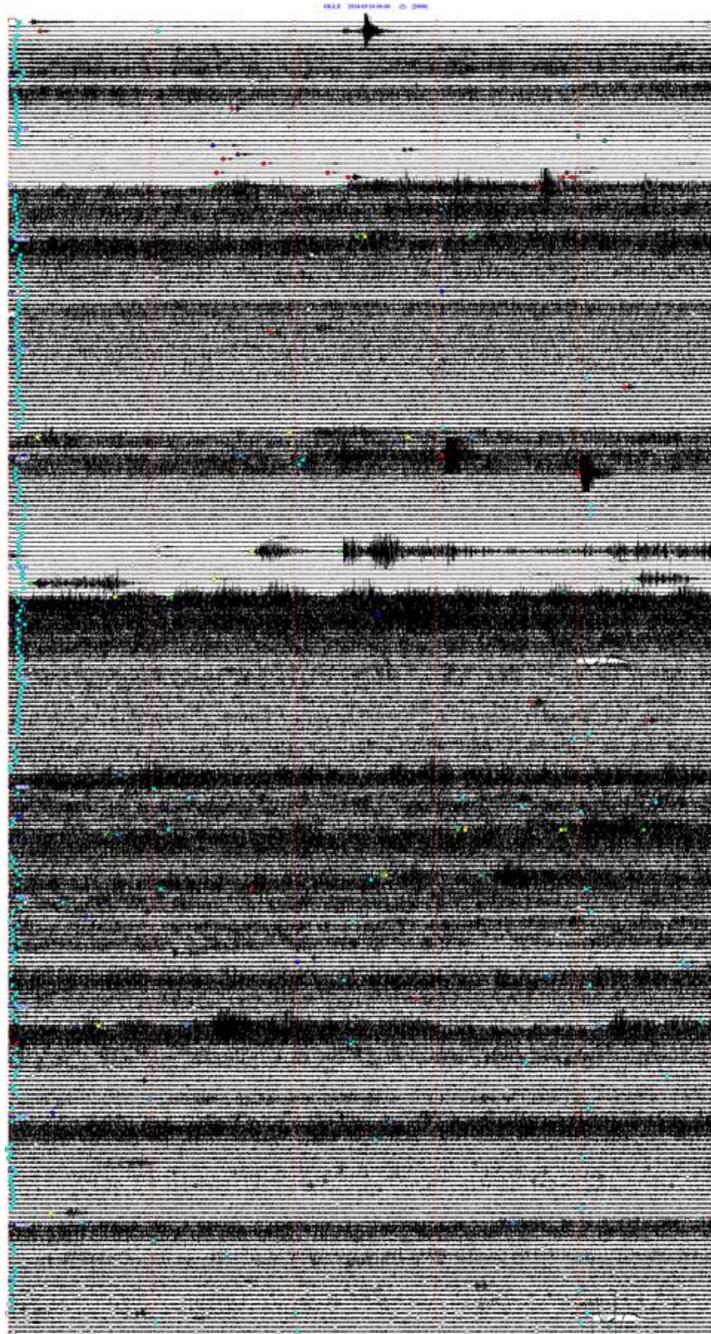


Figura 24. Sismograma de las variaciones del tremor durante un episodio de tremor continuo. El sismograma corresponde al periodo de tiempo entre las 00:00 y las 23:59 (hora local) del día 10 de Marzo de 2016, Estación Olleta corto periodo. Para ver la simbología de los círculos ver la Figura 12.

El episodio de mayor duración se registró el 14 de Marzo a partir de las 06:03 (hora local), y tuvo una duración de 109.7 horas (Tabla 3, Figura 25). El episodio de mayor energía, alcanzó un Dr de 5.8 cm², se presentó el 11 de Marzo desde las 10:10 (hora local) y tuvo una duración de 14.8 horas (Figura 25), en la gráfica del RSAM, Figura 26, puede observarse los máximos de la amplitud sísmica en la estación de Bis para el último año, y como este episodio marcó uno de los picos sobresalientes de la gráfica. Con respecto a las frecuencias dominantes de este tipo de tembor, fueron muy variables (Tabla 3 y Figura 27), sin embargo los rangos predominantes fueron de 3 a 4 Hz y de 4 a 5 Hz. Durante el mes algunos de estos episodios de tembor continuo estuvieron asociados a emisiones de gases y ceniza a la atmósfera, la mayor parte de este material fue depositado en la zona proximal del cráter Arenas.

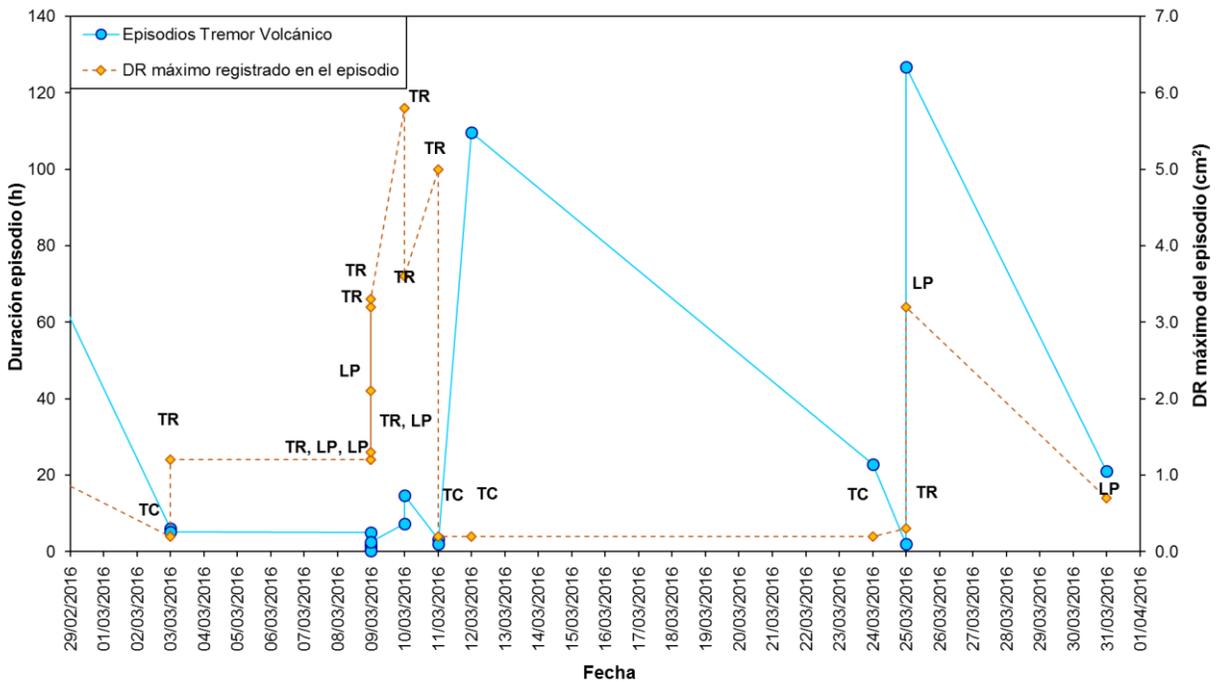
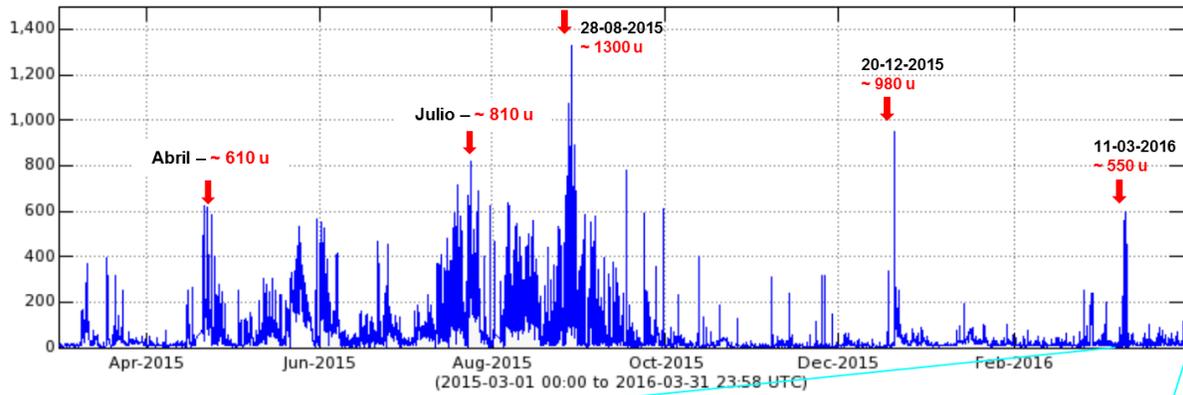


Figura 25. Gráfica de la duración de los episodios de tembor volcánico continuo (TC) y valor del Desplazamiento reducido (Dr) máximo registrado durante cada episodio, registrados en el VNR en Marzo de 2016. LP, TR y TC indican el tipo de señal sísmica asociada al Dr máximo.

Marzo 2015 - Marzo 2016



Marzo 2016

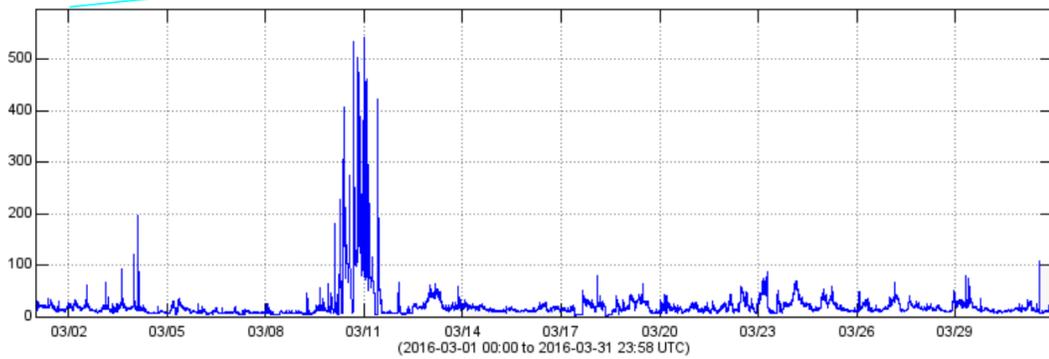


Figura 26. Gráfica del RSAM (Real-time Seismic Amplitude Measurement) para la estación de Bis, componente vertical. Nótese como entre los días 9 y 12 de Marzo se registraron las mayores amplitudes sísmicas en cuentas RSAM. Este periodo de tiempo coincide con frecuentes emisiones de ceniza. En la parte superior se muestra el RSAM para el último año, el valor estimado para el 11 de Marzo de 2016, es uno de los mayores.

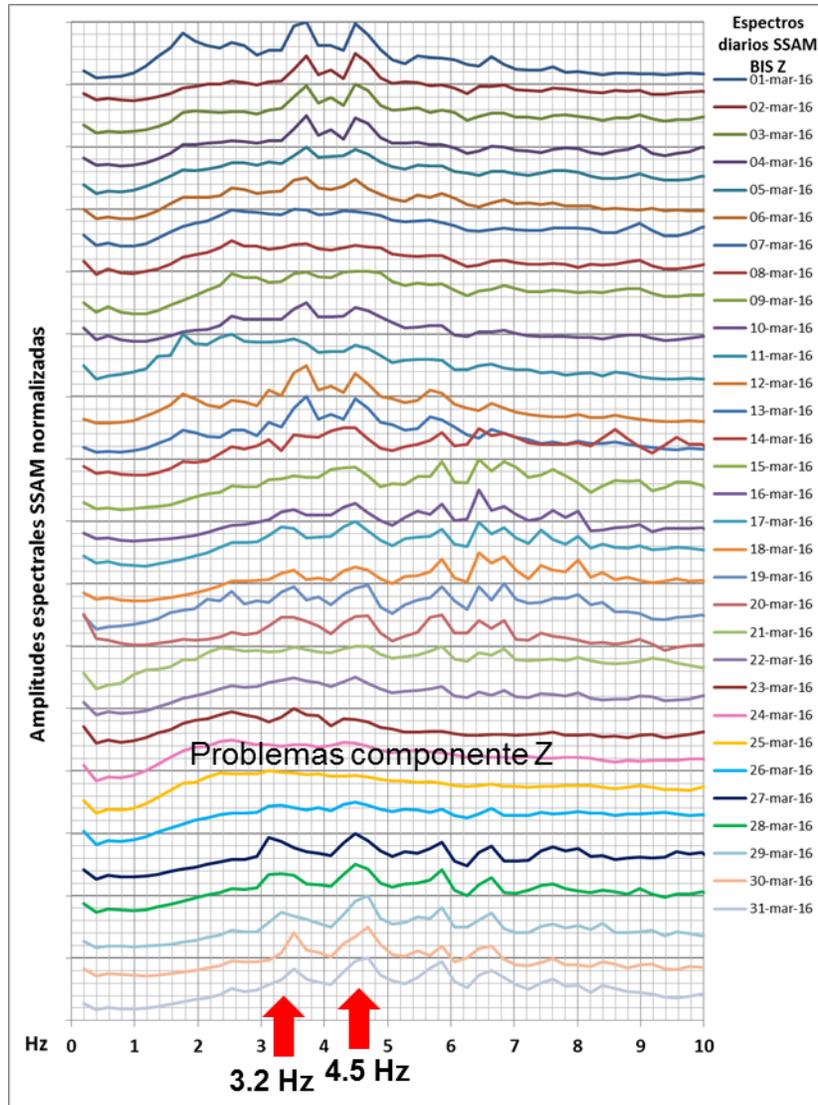


Figura 27. Gráfica SSAM (Seismic Spectral Amplitude Measurement), acumulado diario relativo para el mes de Marzo de 2016. Estación sismológica Bis, componente vertical.

1.2.5 Actividad superficial (señales sísmicas asociadas a la actividad glaciar, columna de gases y anomalías térmicas)

Durante el mes de Marzo de 2016 se continuó registrando un número importante de eventos relacionados con fracturamiento del casquete glaciar, pequeñas avalanchas de rocas y/o hielo-nieve, generadas por el fenómeno de deshielo en la parte alta del volcán, así como por procesos asociados a dinámica glaciar y a remoción del material volcánico depositado (ceniza),

el cual puede ser movilizado por lluvias y por deshielo del casquete glaciar. Debido a los cambios en las condiciones meteorológicas, la temperatura aumentó en Marzo, lo que provocó un incremento en el número de señales sísmicas de este tipo registradas en el VNR.

La columna de gases relacionada con la actividad fumarólica en el cráter Arenas, tuvo una altura promedio de 1200 m medidos desde la cima del cráter (Figura 28 y Figura 29) y una altura máxima de 3500 m, observada el día 31 de Marzo de 2016 (Figura 18). En general, durante el mes de Marzo, la altura de la columna mostró un aumento con respecto a las estimadas durante el mes de Febrero. La dirección preferencial de la columna durante el mes fue hacia el Noroccidente del edificio volcánico y ocasionalmente hacia el Suroccidente. La columna de gases presentó generalmente color blanco asociado a vapor de agua, matices azules causados por la concentración de Dióxido de Azufre (SO_2) y, en ocasiones tonalidades grises debido a la presencia de material particulado (ceniza volcánica) debido al comportamiento inestable del volcán (Figura 29). A través de las fotografías capturadas por las cámaras web instaladas en el volcán fue posible confirmar pequeñas emisiones de ceniza los días 01, 03, 05, 06, 07, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 26, 28 y 31 de Marzo. Otras emisiones de ceniza fueron corroboradas mediante las cámaras web instaladas en el área del volcán y confirmadas a través de reportes de funcionarios del Parque Nacional Natural de los Nevados (PNNN) y por funcionarios del Servicio Geológico Colombiano que se encontraban en trabajo de campo en el área del volcán.

Durante el mes de Marzo de 2016, se continuó realizando el seguimiento a las anomalías térmicas (otra característica típica de volcanes activos), a partir del índice llamado *Volcanic Radiative Power* (VRP). Este índice es medido en Vatios y corresponde a una medida del calor irradiado o emitido por un volcán, el cual puede ser estimado a través de imágenes satelitales suministradas por diferentes agencias como por ejemplo el portal MIROVA de las universidades italianas de Turín y Florencia, en Italia. Las "alertas" se dan cuando el índice VRP supera los 1×10^6 vatios, que equivalen en temperatura a $600 \text{ }^\circ\text{K}$ ($327 \text{ }^\circ\text{C}$). En el seguimiento a imágenes satelitales suministradas por el portal MIROVA, durante el mes de Marzo, se identificaron anomalías térmicas en cercanías del cráter Arenas, con mayor recurrencia que las observadas en el mes de Febrero. En Marzo se destaca una anomalía térmica registrada el día 24 de Marzo, con un valor de 8 MW (Figura 30). Otras anomalías de menor valor se registraron los días 06, 11, 15, 24, 25, 26, 29 y 31 de Marzo (Figura 31). La persistencia de dichas anomalías confirma la inestabilidad del Volcán Nevado del Ruiz y corrobora que el proceso volcánico continúa en evolución.

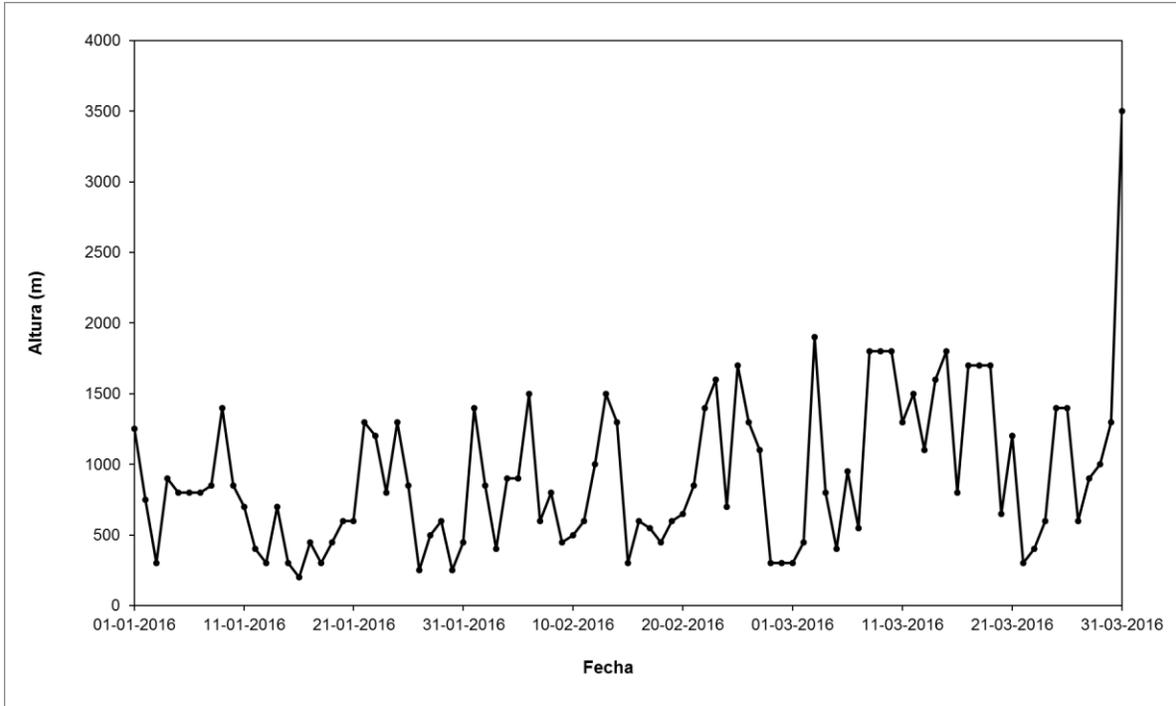


Figura 28. Altura de columna de gases o de gases y ceniza, en el VNR, en el mes de Marzo de 2016, a partir de apreciaciones visuales realizadas desde el OVSM y desde las cámaras web instaladas en el área del volcán.



Figura 29. Columna de gases o de gases y ceniza del cráter Arenas observada durante algunos de los días de Marzo de 2016 en el VNR. Fotografías capturadas por las cámaras web instaladas en el área del VNR, sectores del Cañón Azufrado y Cerro Gualí.

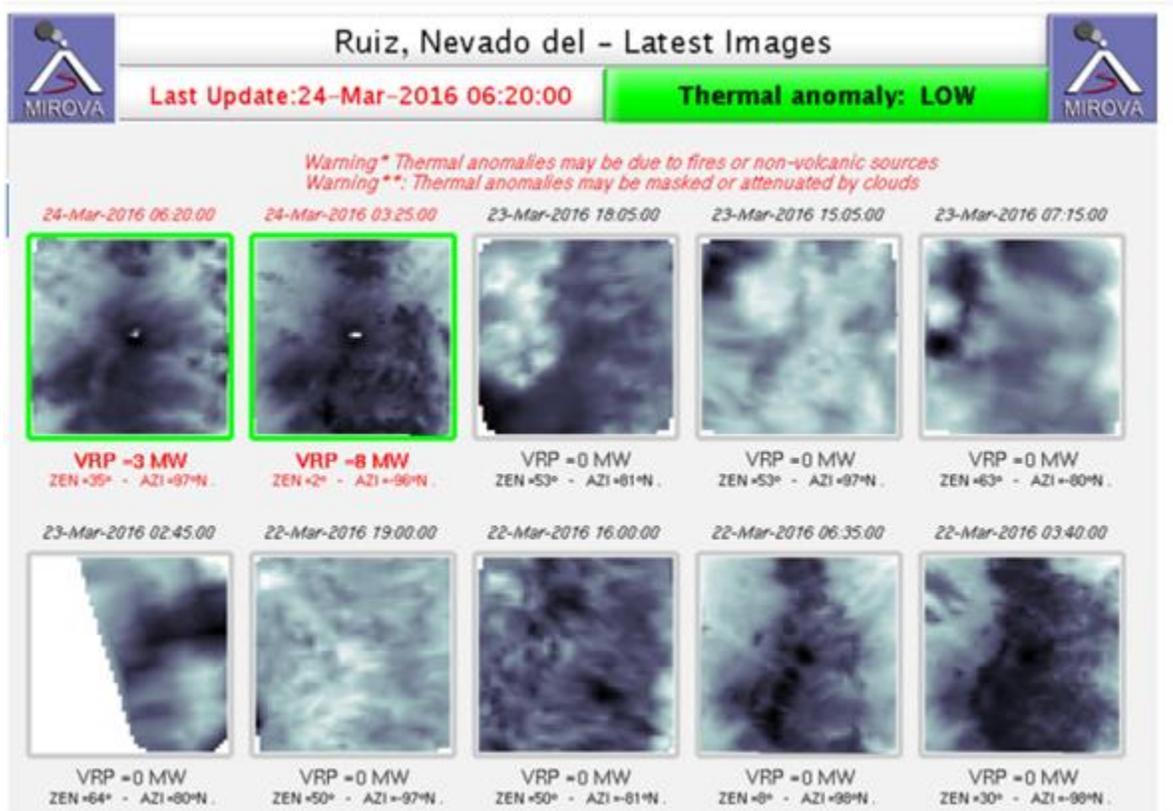


Figura 30. Anomalías térmicas registradas por el Proyecto MIROVA. La mayor anomalía térmica del mes, asociada al cráter Arenas se presentó el 24 de Marzo, con un valor de 8 MW.

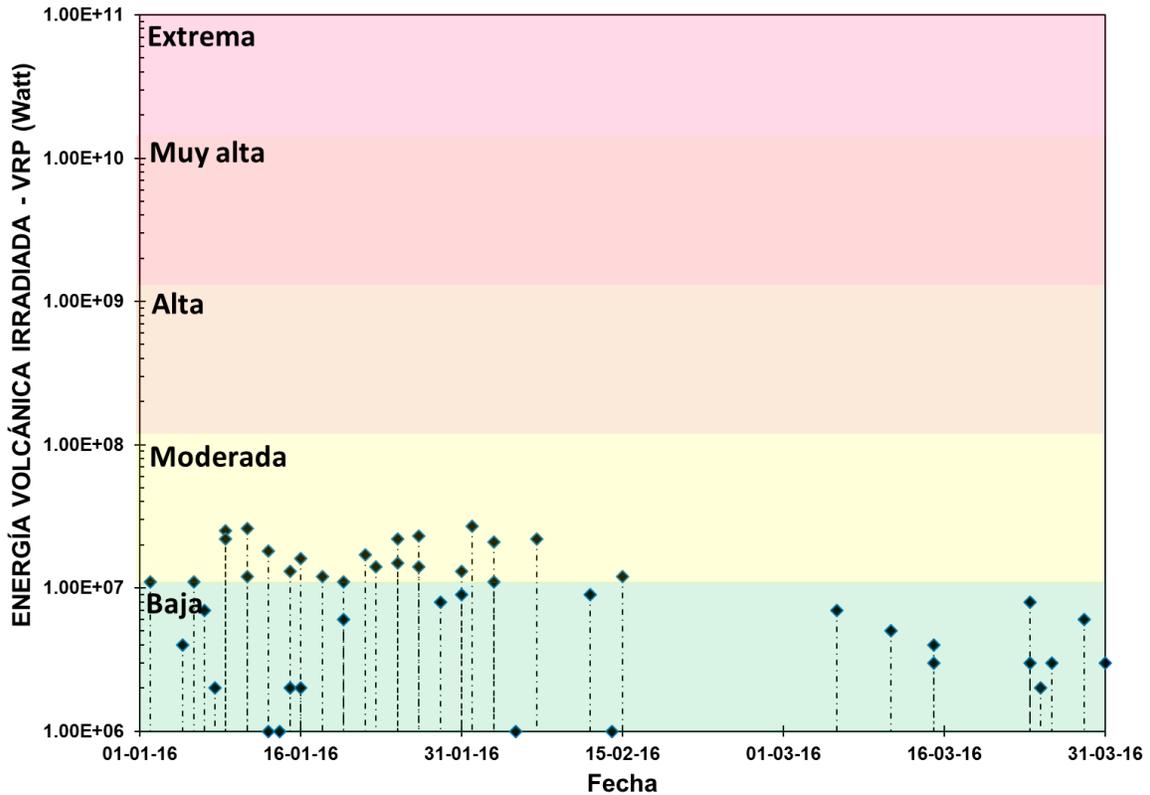


Figura 31. Anomalías térmicas registradas por el proyecto MIROVA, en el VNR, Enero – Marzo de 2016.

1.3 DEFORMACIÓN

Durante Marzo de 2016 operaron correctamente las siete estaciones GPS permanentes y los ocho inclinómetros electrónicos. La Figura 32 muestra la red de deformación del VNR.

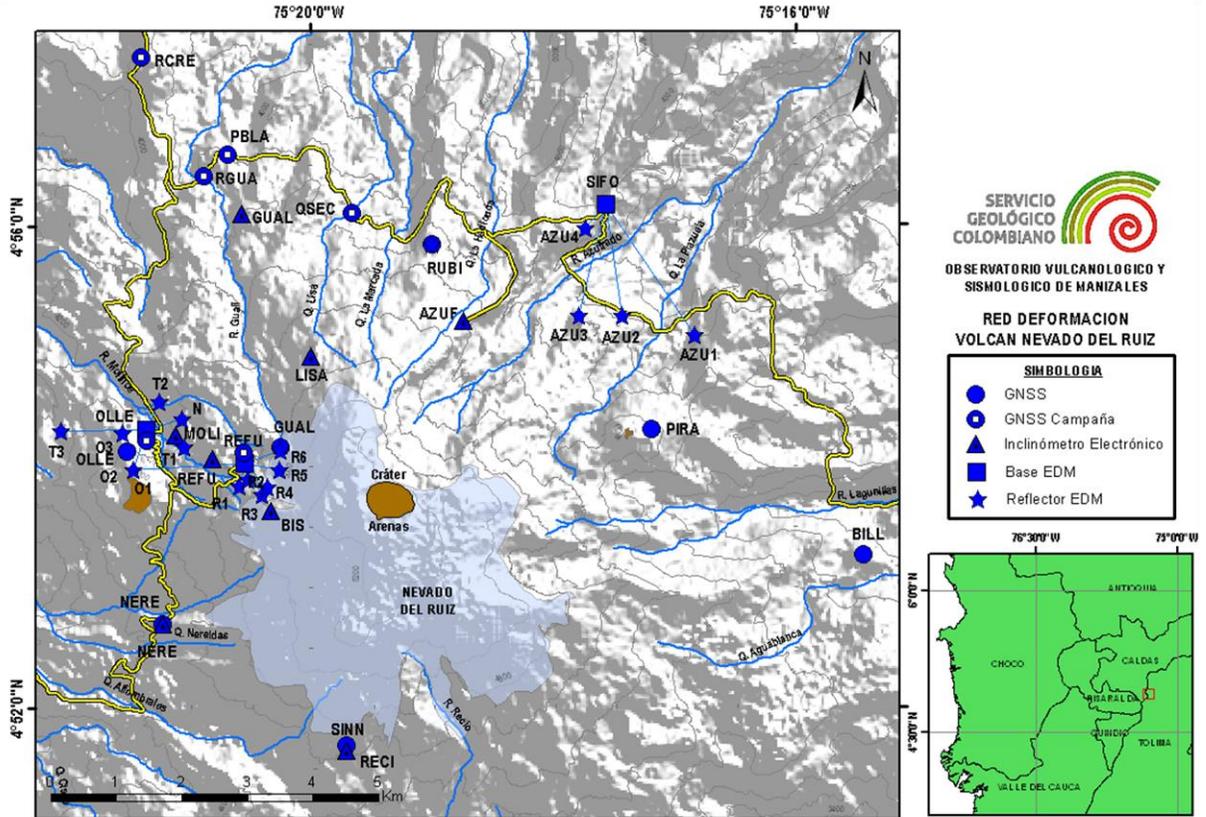


Figura 32. Red de deformación del Volcán Nevado del Ruiz.

Las estaciones GPS permanentes BLLR, GUAL, NERE, OLLE, RUBI y SINN muestran en general estabilidad.

La Figura 33 muestra el comportamiento de los inclinómetros NERE (a), RECI (b), REFU (c) y GUAL (d), los cuales registraron pequeñas fluctuaciones (menores a +/- 5 μ rad) y evidencian claramente el proceso deformativo de 2011 - 2016. Lo más relevante corresponde al inclinómetro REFU que viene mostrando desde Julio de 2015 un claro proceso inflacionario con un acumulado total de 148 y 220 μ rad en las componentes Norte y Este respectivamente hasta Septiembre de 2015 cuando se estabilizó. Desde Septiembre se destaca el registro de algunos incrementos a manera de picos del orden de 20 y 60 μ rad en las dos componentes, de corta duración (horas-días) que se han correlacionado con procesos inflacionarios, después de lo cual se producen emisiones de ceniza y dióxido de azufre y terminan con deflación o estabilización debido a liberación de esfuerzos o relajación del sistema volcánico (Figura 34). Desde principios de 2016 nuevamente se empezó a registrar un nuevo proceso inflacionario con registro de un cambio acumulado de 100 y 200 μ rad en las componentes Norte y Este respectivamente hasta mediados de Febrero de 2016, fecha en la cual el inclinómetro empezó a

mostrar deflación hasta el final del mes, fecha en la cual se estabilizó (Figura 34). Este proceso puede estar relacionado con un nuevo proceso de intrusión magmática que culminó con emisiones de ceniza y la relajación del sistema volcánico. El inclinómetro NERE continúa mostrando un comportamiento inflacionario en sus dos componentes desde 2014 hasta la actualidad (Figura 33).

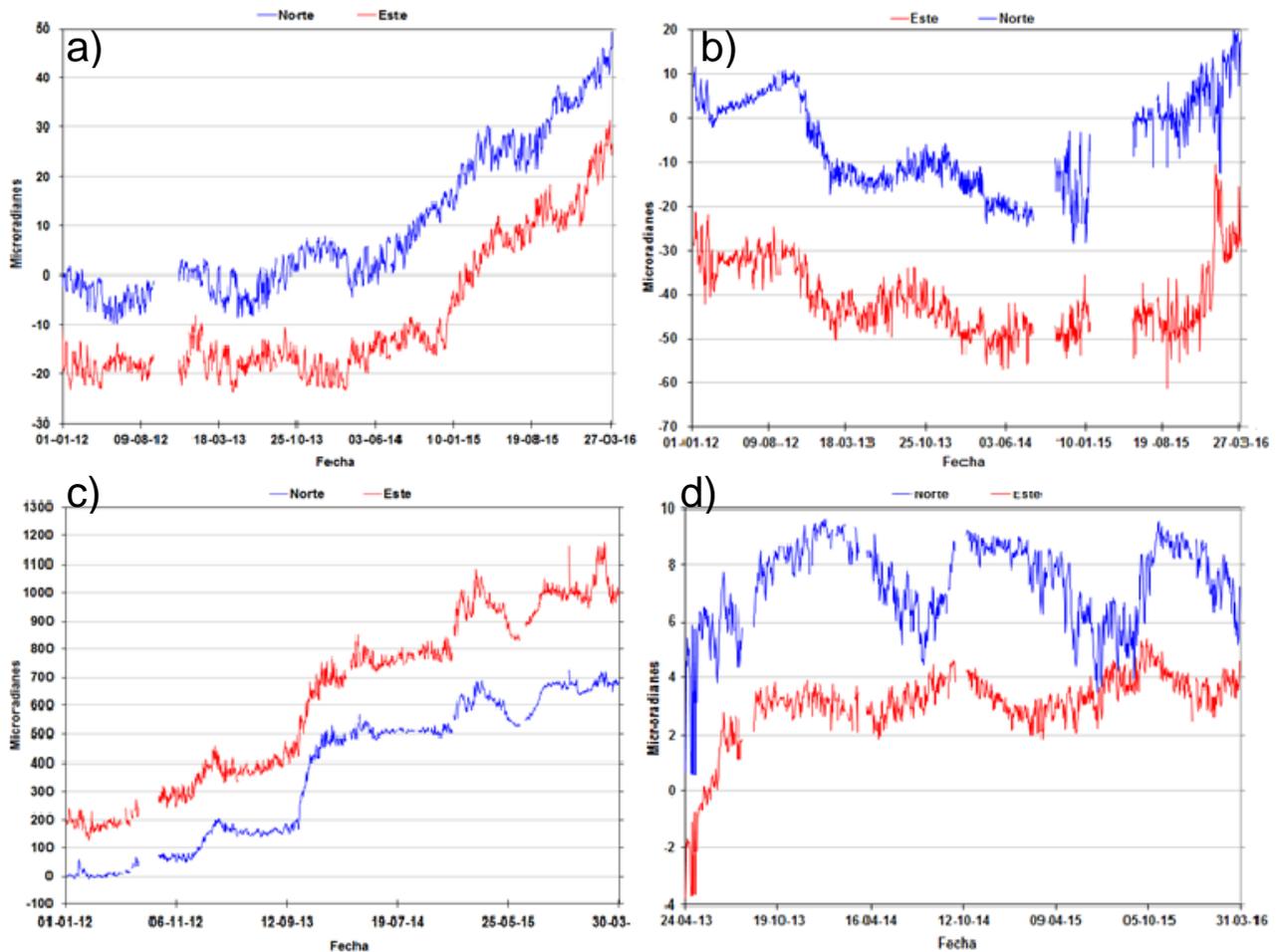


Figura 33. Comportamiento de las componentes Norte y Este de los inclinómetros electrónicos a) NERE, b) RECI, c) REFU, d) GUAL, de la red de deformación del VNR hasta Marzo de 2016.

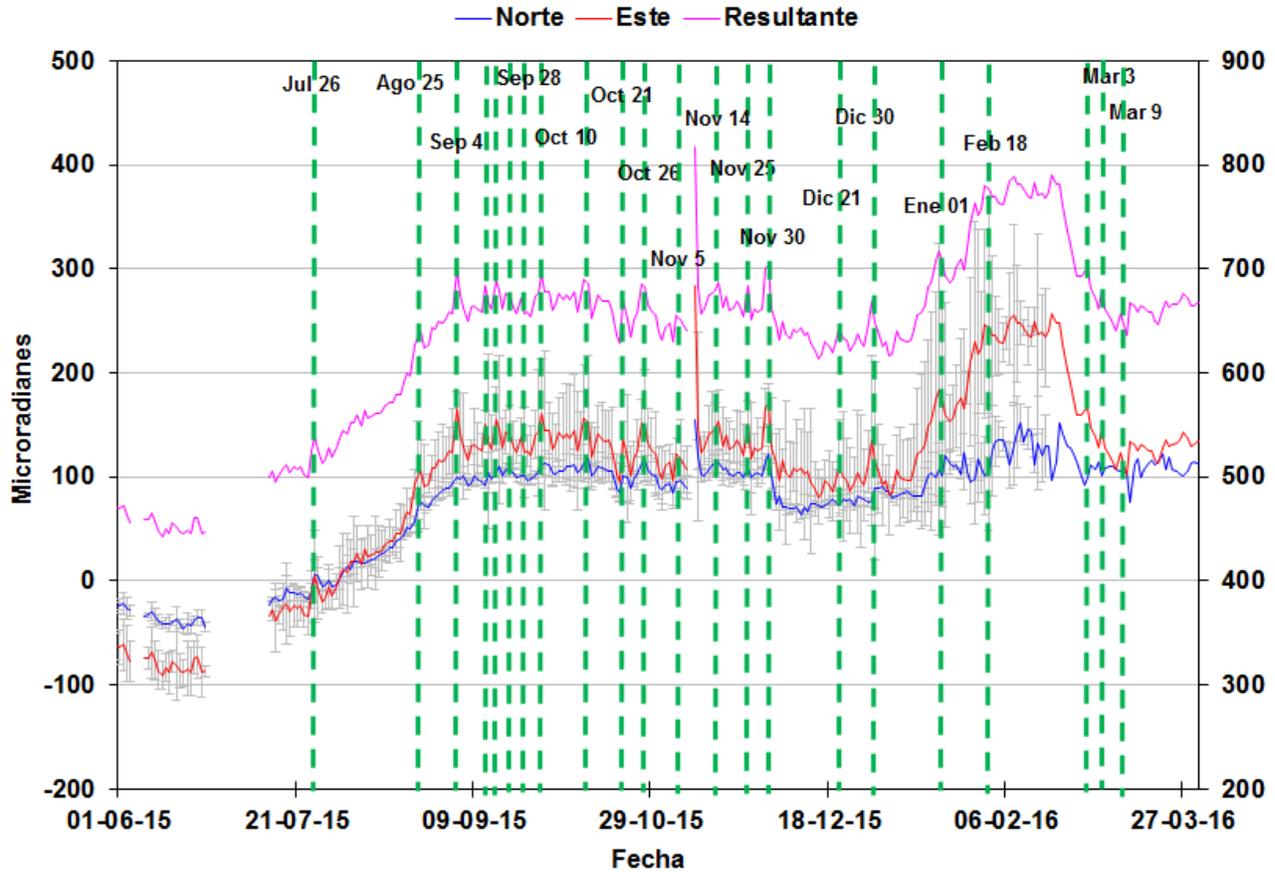


Figura 34. Comportamiento de las componentes Norte, Este y Resultante del inclinómetro electrónico REFU, el cual ha registrado picos inflacionarios con posterior emisión de ceniza y SO₂. Los principales pulsos de emisión se representan con líneas de color verde.

1.4 GEOQUÍMICA

En el mes de Marzo de 2016, el monitoreo geoquímico en el VNR consistió en la medición del flujo de SO₂ usando las estaciones Telemétricas ScanDOAS ALFOMBRALES, INDERENA y OLLETA. Se realizó monitoreo permanente de Gas Radón en las estaciones telemétricas AZUFRADO y GUALI. También se tomaron muestras de manantiales termales HOTEL, AGUAS CALIENTES, NEREIDAS y de algunas Quebradas y Ríos, con el fin de determinar potenciales cambios fisicoquímicos. En la Figura 35 se aprecia el mapa de la red de estaciones de geoquímica en el VNR.

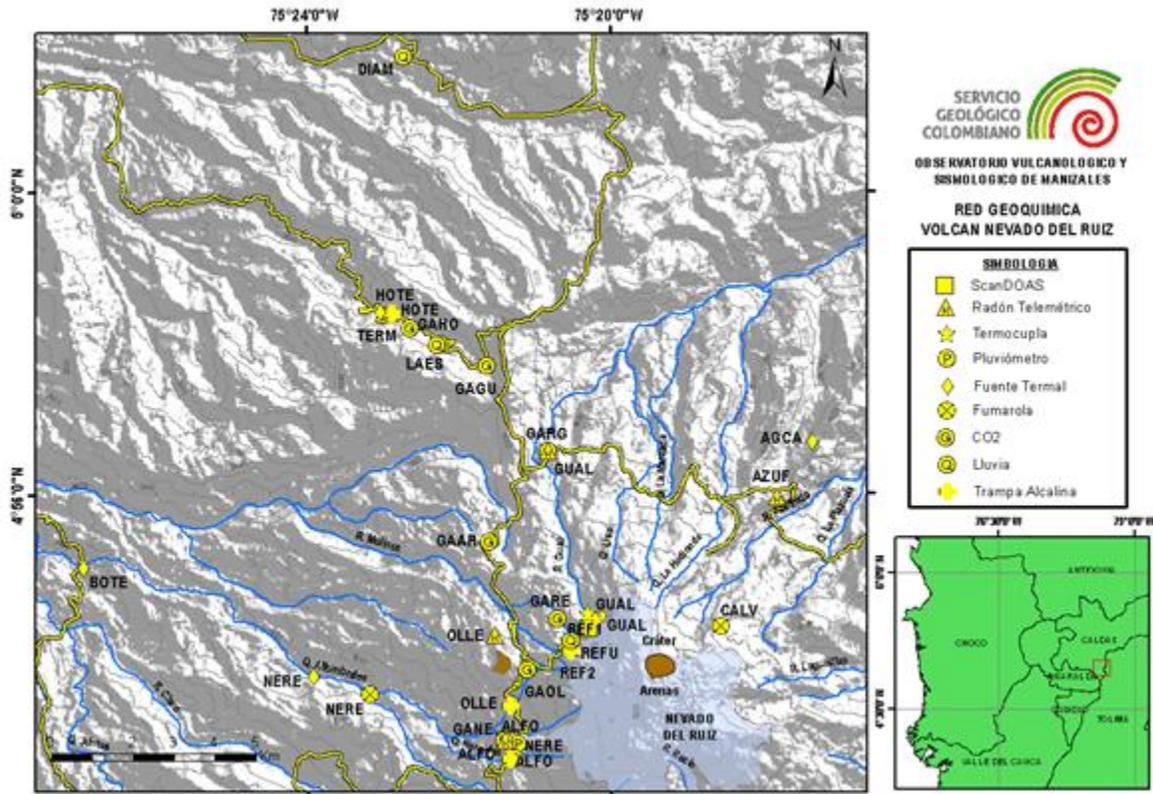


Figura 35. Red Geoquímica del Volcán Nevado del Ruiz.

1.4.1 Estimación de las emisiones de SO₂ en estaciones ScanDOAS

Durante el mes de Marzo se contó con el funcionamiento de las estaciones OLLETA, ALFOMBRALES e INDERENA. En la Figura 36 se aprecia la ubicación de las estaciones DOAS que se encuentran instaladas para el monitoreo de la desgasificación en el VNR.

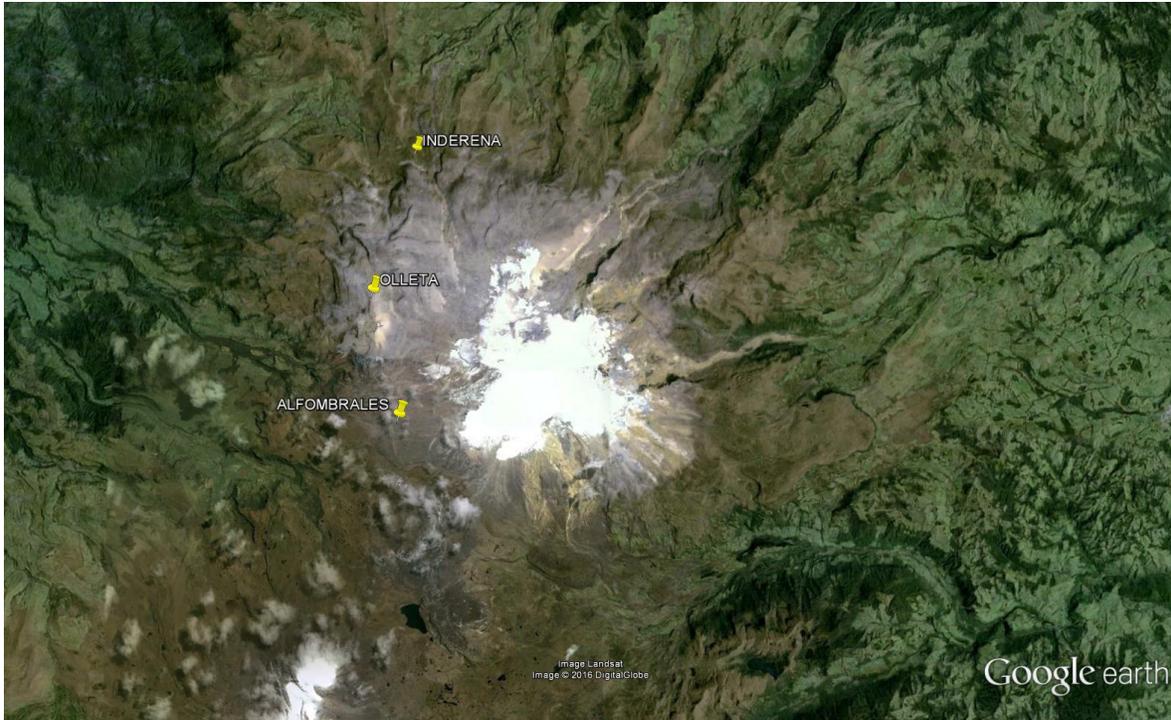


Figura 36. Ubicación de las Estaciones SCAN DOAS. Volcán Nevado del Ruiz.

Con los datos de las estaciones ScanDOAS se estimó que el valor promedio de las emisiones máximas en el mes de Marzo fue de 5663 T/d, la mayor desgasificación se obtuvo el día 20 de Marzo con un flujo máximo de 15280 T/d. Se destacan los flujos registrados los días 1, 17, 18, 19, 20, 21, 24 y 26 donde se alcanzaron valores superiores a las 11000 T/d. Los cálculos de flujo de SO_2 se realizaron teniendo en cuenta las condiciones de viento (dirección y velocidad) que genera el IDEAM mediante el modelo WRF y los datos de la estación Meteorológica ubicada en el sector de la Olleta. El promedio de la velocidad del viento durante el mes fue de 5.91 m/s y la dirección predominante del viento fluctuó entre Occidente y Sur-Occidente. Los máximos y promedios calculados para el mes de Marzo de 2016 se aprecian en la Tabla 4.

Tabla 4. Flujos máximos y promedios de SO₂. Estaciones ALFOMBRALES, OLLETA e INDERENA. Marzo de 2016. Volcán Nevado del Ruiz.

FECHA	ALFOMBRALES (T/d)		OLLETA (T/d)		INDERENA (T/d)	
	Máx SO ₂	Prom. SO ₂	Máx SO ₂	Prom. SO ₂	Máx SO ₂	Prom. SO ₂
2016-03-01	6824,58	3753,03	11335,28	4786,05	825,70	688,49
2016-03-02	2464,89	1155,09	1396,10	739,70	4623,31	2512,09
2016-03-03	3630,53	1602,06	1634,54	1046,66	2289,74	1510,69
2016-03-04	4203,16	908,13	1634,54	1101,51	5392,00	2778,61
2016-03-05	3791,44	2020,74	6162,32	1909,20	ND	ND
2016-03-06	2408,28	819,50	2195,96	641,07	2758,58	1260,71
2016-03-07	4585,10	1198,85	4585,10	1198,85	ND	ND
2016-03-08	3959,90	1463,30	3113,87	1106,88	ND	ND
2016-03-09	2348,40	834,06	450,08	239,29	ND	ND
2016-03-10	4576,68	1628,47	3702,21	1391,47	1538,40	1028,97
2016-03-11	4468,58	2037,52	892,39	209,33	429,76	180,74
2016-03-12	4718,02	1321,65	606,93	158,36	ND	ND
2016-03-13	2399,43	618,62	3306,68	1060,49	ND	ND
2016-03-14	1789,96	431,86	2714,59	788,22	400,29	228,29
2016-03-15	774,67	198,61	76,83	70,77	1520,06	730,87
2016-03-16	5107,82	1728,89	3728,26	1749,16	ND	ND
2016-03-17	12889,91	2450,60	7758,75	2480,76	ND	ND
2016-03-18	3856,65	1409,02	8973,59	1707,63	15717,30	3507,69
2016-03-19	9685,40	3640,37	12742,98	3864,57	3657,42	1995,20
2016-03-20	14030,12	6150,28	11351,10	3853,10	15279,97	5364,86
2016-03-21	4743,47	1508,87	11110,35	4058,38	3898,91	2269,11
2016-03-22	6282,07	2063,06	3513,48	1362,94	4311,94	2610,76
2016-03-23	3800,68	1201,87	8388,19	3146,42	1379,31	862,90
2016-03-24	9038,45	3608,37	4549,86	1532,92	11913,84	4323,81
2016-03-25	941,38	557,84	413,27	288,14	2330,67	1876,25
2016-03-26	11720,80	4792,89	8268,63	2038,56	6671,62	3073,22
2016-03-27	8209,53	3286,10	2207,17	935,54	ND	ND
2016-03-28	5474,76	1349,69	4742,84	1235,64	ND	ND
2016-03-29	921,40	418,01	618,79	240,92	926,59	460,93
2016-03-30	1643,32	335,02	559,92	153,23	413,69	232,69
2016-03-31	7288,86	932,58	842,90	328,44	1092,44	604,92

ND: Pluma no detectada FS: Fuera de servicio

En la Figura 37 se presenta la variación del flujo de SO₂ con el tiempo desde el año 2014 hasta Marzo de 2016, allí se aprecia que durante el mes, la tasa de desgasificación del VNR presentó valores medios respecto a las medidas de los últimos meses, destacándose máximos diarios por encima de 11000 T/d.

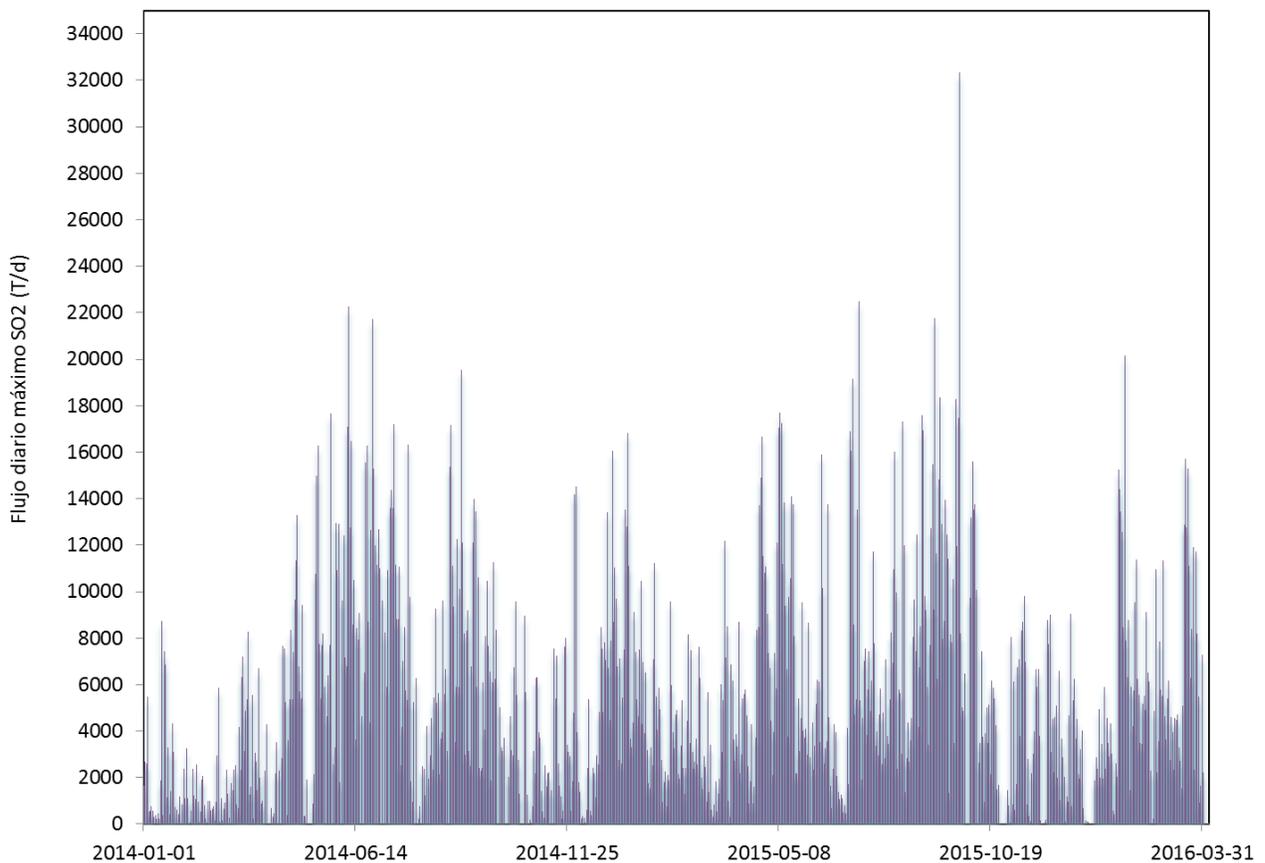


Figura 37. Flujo Diario Máximo de SO₂. Enero de 2014 a Marzo de 2016. Volcán Nevado del Ruiz.

Los datos de emisión de flujo promedio diario de SO₂ para el mes de Marzo se situaron en niveles medios (Figura 38). La media de los flujos promedios diarios de SO₂ para el mes de Marzo fue de 2289 T/d. Estos valores se mantienen en niveles bajos al igual que los meses inmediatamente anteriores.

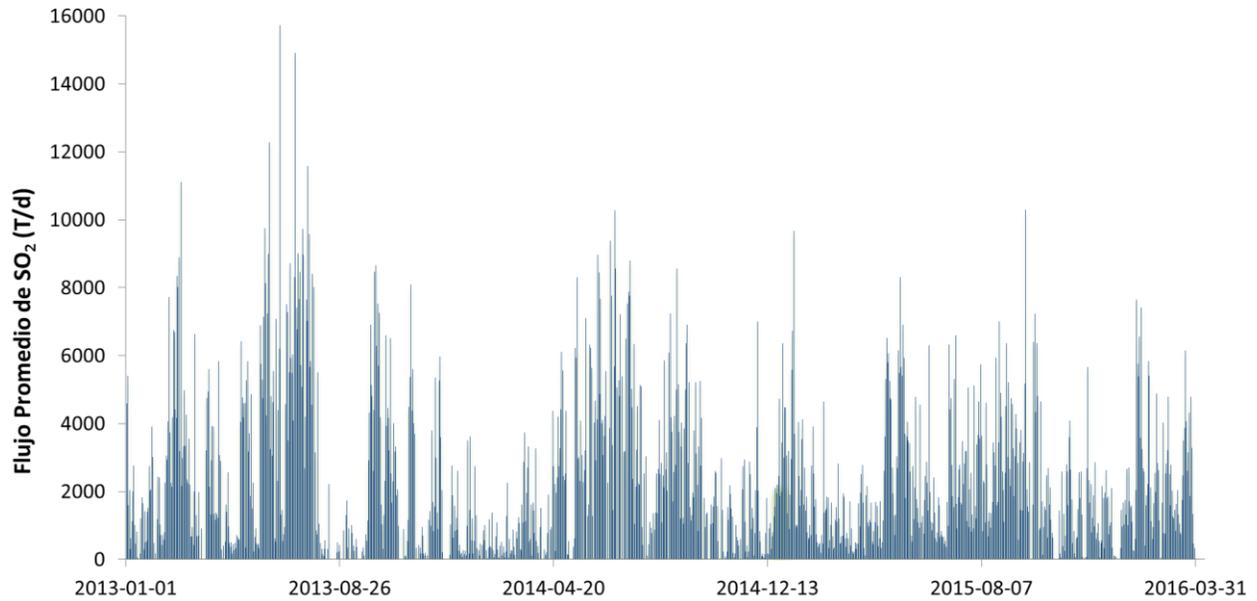


Figura 38. Promedio de Emisión de SO₂ en estaciones SCAN DOAS. Enero 2013 – Marzo de 2016. Volcán Nevado del Ruiz.

Las descargas de SO₂ acumuladas desde Enero de 2012 hasta Marzo de 2016 se presentan en la Figura 39, en la gráfica se observa que la pendiente de la curva no presentó incrementos importantes, las descargas se incrementaron en este mes debido a los fuertes incrementos presentados en la última semana.

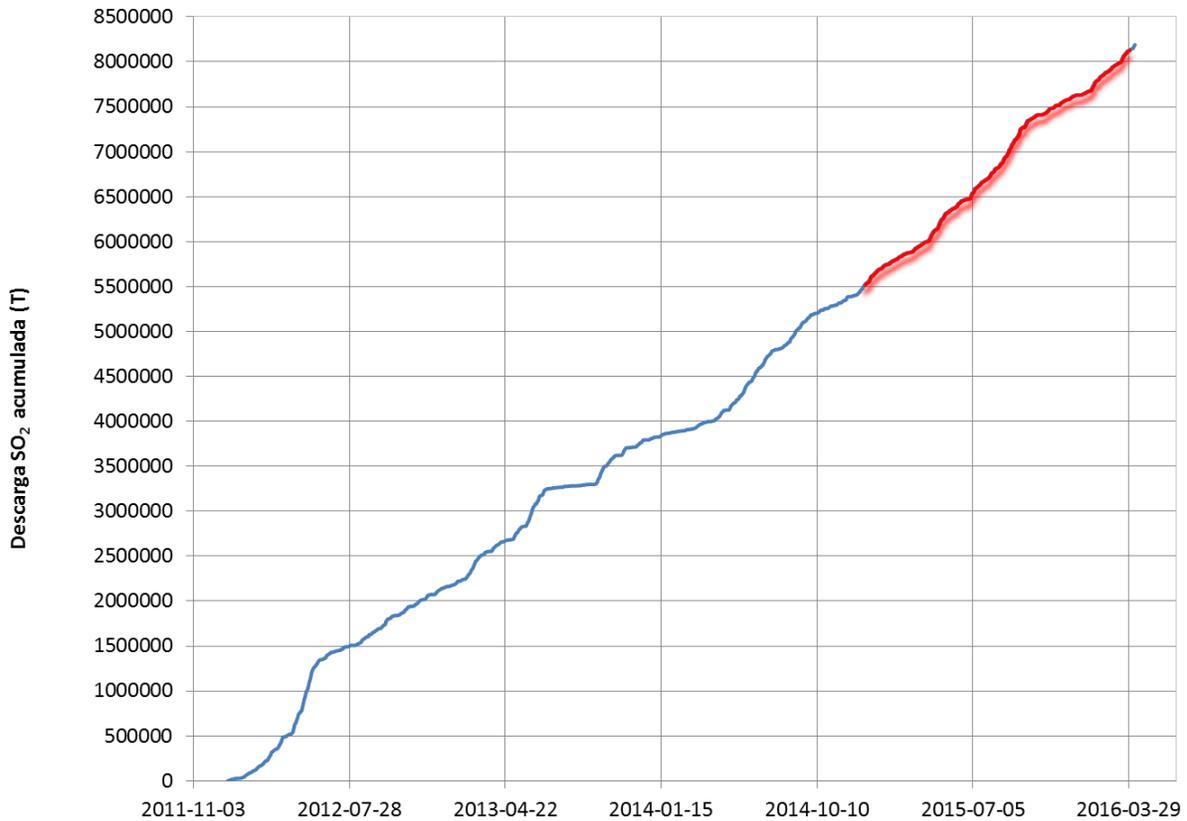


Figura 39. Descarga de SO₂ acumulada a Marzo de 2016. Volcán Nevado del Ruiz.

Durante el mes de Marzo las descargas de SO₂ originadas en el Volcán Nevado del Ruiz también se observaron en imágenes satelitales. En la Figura 40 se aprecian algunas imágenes satelitales NESDIS que evidencian una constante desgasificación del VNR, en las imágenes se aprecia la descarga de SO₂ y la dispersión de la misma de acuerdo al régimen de vientos dominante durante el mes.

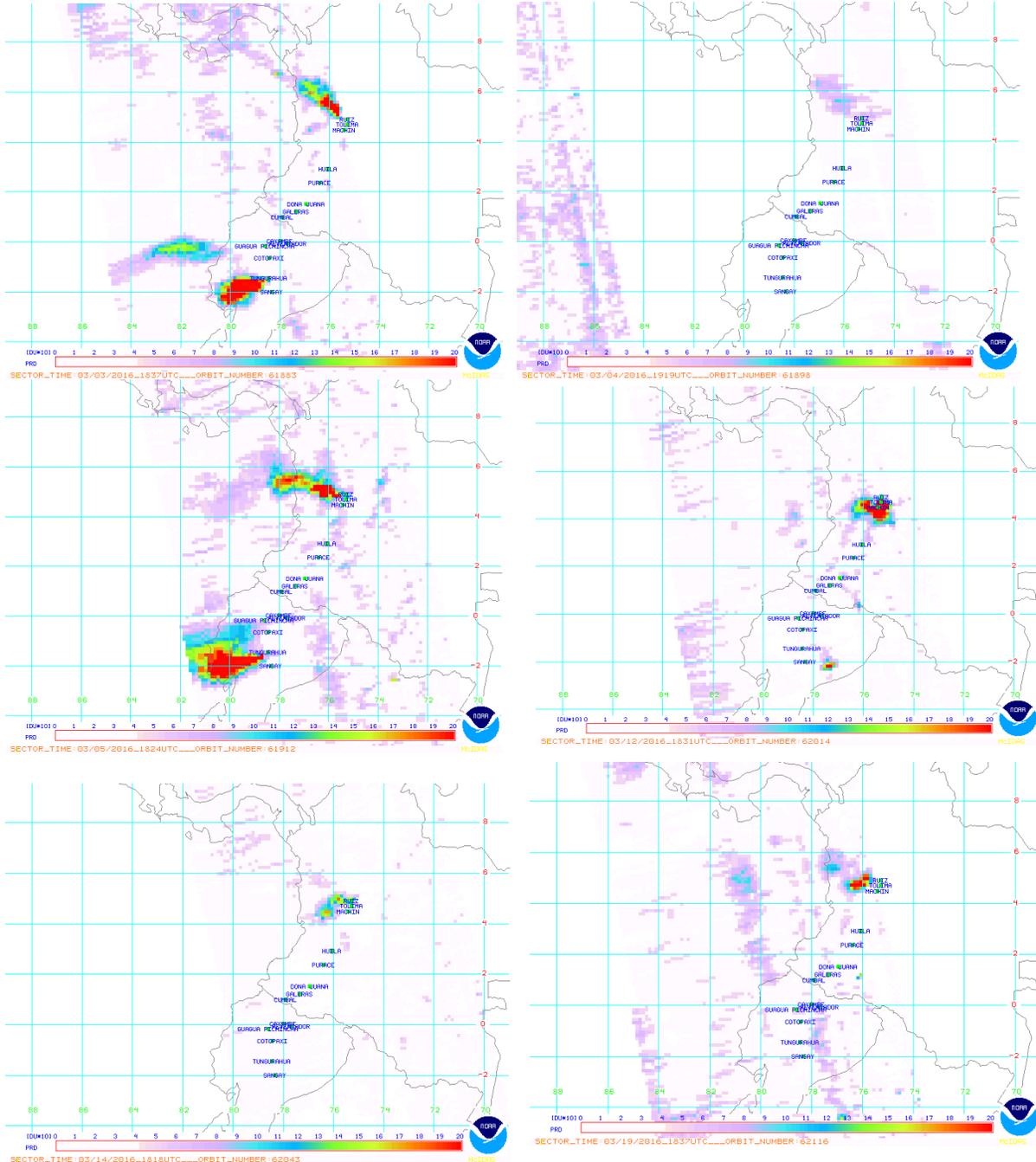


Figura 40. Imágenes satelitales NESDIS. Marzo de 2016. Volcán Nevado del Ruiz.

En la Figura 41 se presenta la serie de tiempo generada por la NASA para las descargas cuantificadas en el mes de Marzo, se cuantificaron entre 0.5 y 1 Kilotoneladas de SO₂. Los

picos de 4 y 5 Kilotoneladas son atribuidos a la suma de la alta desgasificación en el VNR y a la actividad eruptiva de los volcanes de Ecuador.

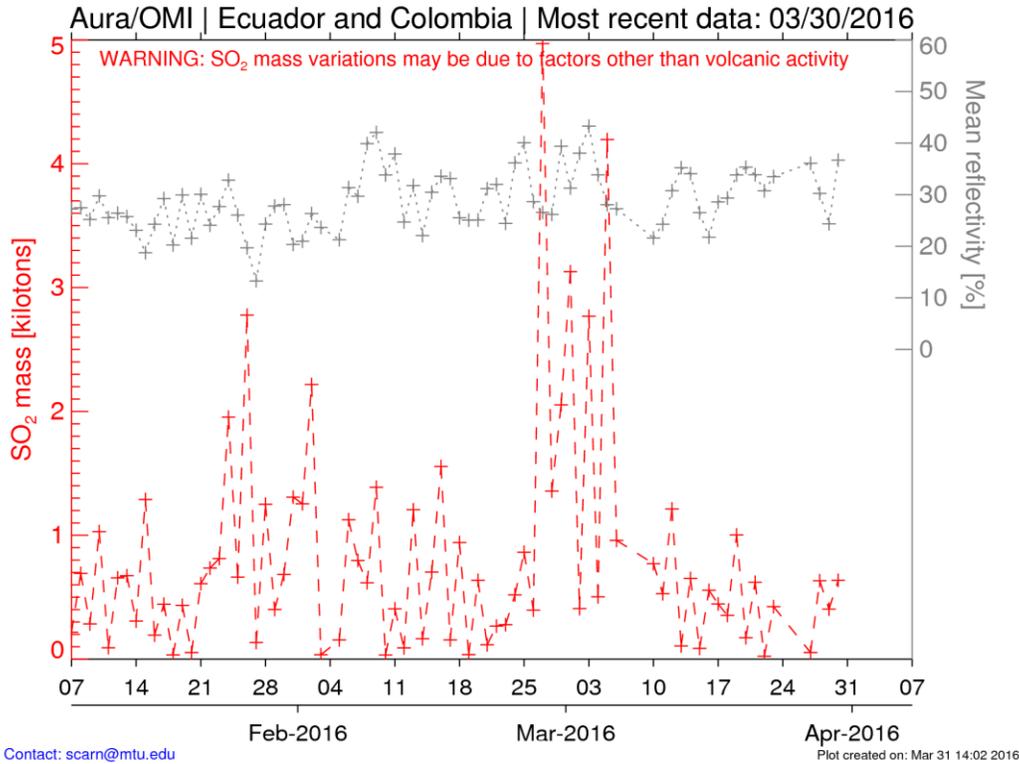
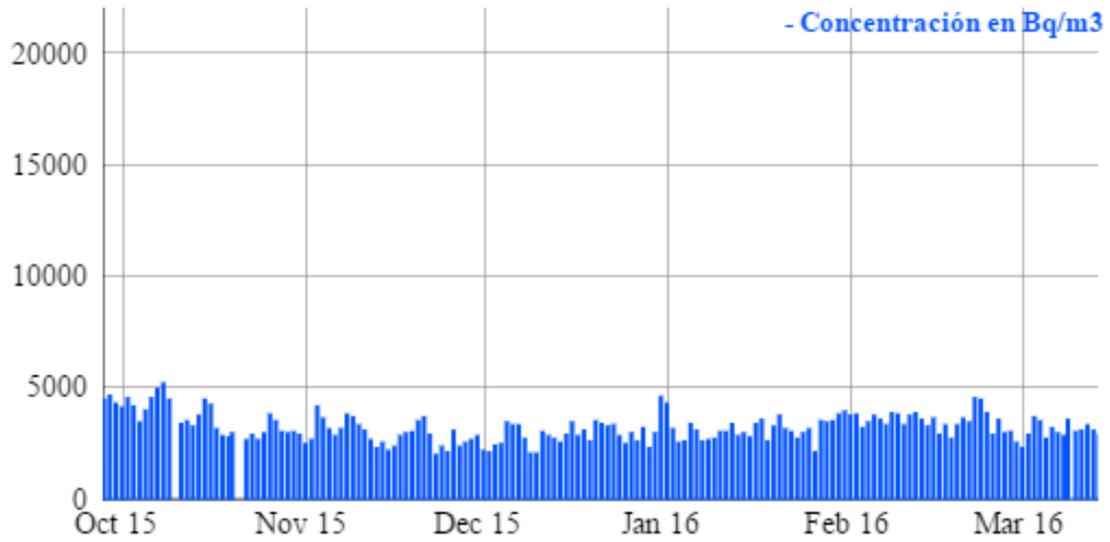


Figura 41. Serie de Tiempo de las descargas de SO₂ estimadas mediante imágenes Satelitales Aura/OMI. Marzo de 2016. Área del Ecuador, Volcán Nevado del Ruíz.

1.4.2 Medidas de Gas Radón.

En la Figura 42 se aprecia el comportamiento con el tiempo de la variación de la concentración de gas Radón en suelo para las estaciones AZUFRADO Y GUALI del Volcán Nevado del Ruíz. No se evidenciaron cambios importantes durante el mes, sin embargo se aprecian fluctuaciones en AZUFRADO las cuales no fueron relacionados directamente con la actividad volcánica.

Guali



Azufrado

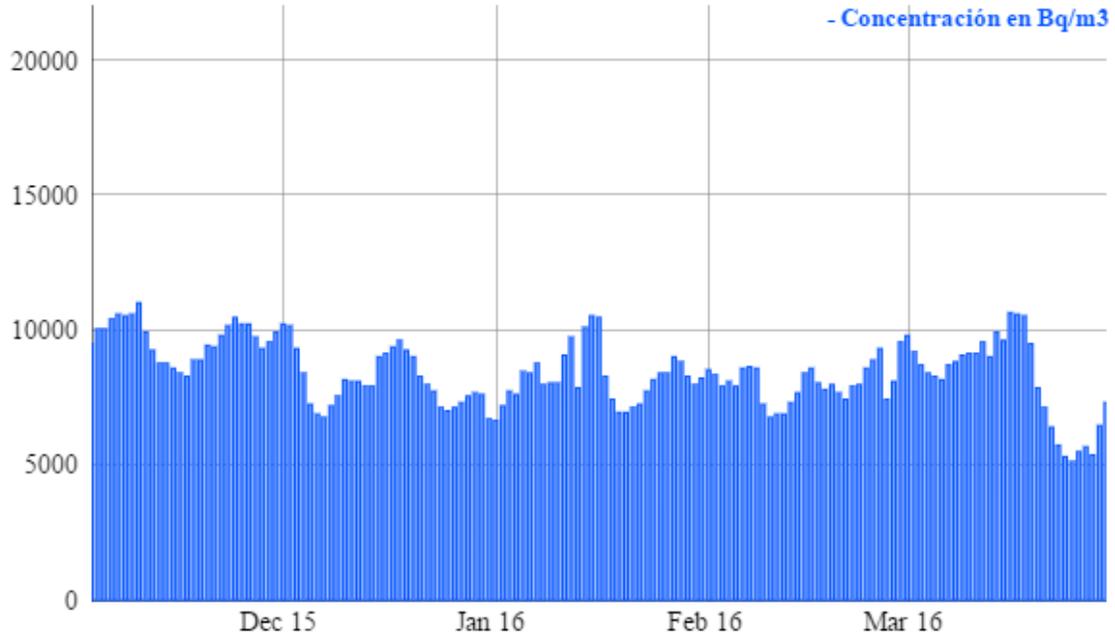


Figura 42. Variación de los niveles de Radón en suelo. Estaciones GUALI y AZUFRADO, Marzo de 2016. Volcán Nevado del Ruiz.

1.4.3 Fuentes Termales.

En el mes de Marzo se realizó monitoreo en algunos manantiales termales, ríos y quebradas aledañas al Volcán Nevado del Ruiz. En la Tabla 5 se presentan los datos fisicoquímicos obtenidos en las medidas in situ durante la toma de muestras. No se presentaron variaciones importantes durante las medidas realizadas.

Tabla 5. Parámetros fisicoquímicos de muestras de agua medidos in situ en el Volcán Nevado del Ruiz.

Nombre/Refer	pH / T(°C)	Conductividad (µs/cm)	T muestra (°C)	T ambiente (°C)
FT Aguas Calientes 2016-03-04	1,12	36330	60,4	11,9
Q Aguas Calientes 2016-03-04	6,39	169.1	8,9	11,9
Río Gualí 2016-03-04	3,71	963,7	10,2	15,1
FT Hotel 2016-03-04	1,63	14030	60,7	14,5
FT Nereidas 2016-03-08	6,32	143,9	52	15,7
FT Chorro Negro 2016-03-15	6,74	1226	52	18,2
FT Hotel 2016-03-30	1,67	14300	59,9	16,6

Luego del cambio registrado en el pH de la FT AGUAS CALIENTES en el mes de Febrero, el manantial volvió a registrar valores dentro de su línea base, el cambio registrado puede atribuirse a una fuerte influencia magmática (posible proceso intrusivo) ya que los valores de pH registraron estuvieron por debajo de 1.0.

2. VOLCÁN NEVADO DEL TOLIMA (VNT)

2.1 RED DE VIGILANCIA

El porcentaje de operación de la red telemétrica para este volcán durante el mes de Marzo fue del **99.2%**.

No se realizaron tareas de mantenimiento preventivo ni correctivo en este periodo.

2.2 SISMOLOGÍA

El Volcán Nevado del Tolima, durante el mes de Marzo, presentó un nivel bajo de actividad sísmica. La red de monitoreo (Figura 43) registró sismos asociados con el fracturamiento de roca al interior de la estructura volcánica, movimiento de fluidos, y señales relacionadas con la dinámica del casquete glaciar que cubre la parte superior del volcán.

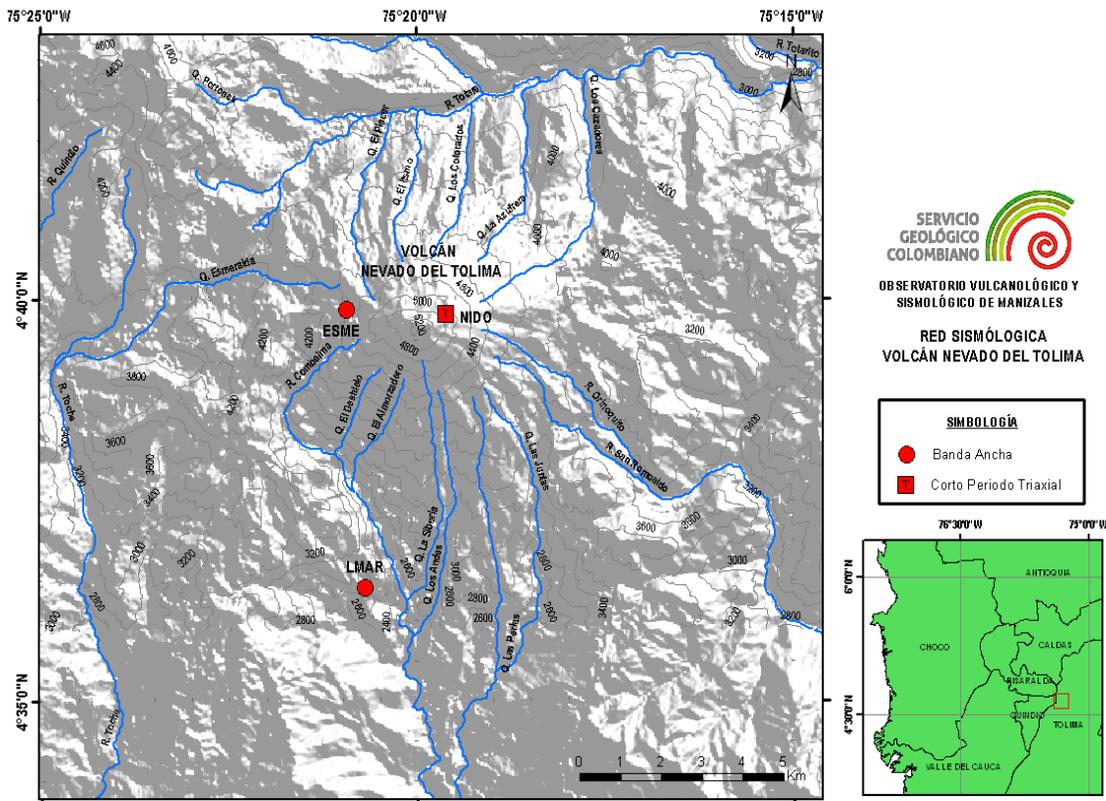


Figura 43. Red Sismológica. Volcán Nevado del Tolima.

2.2.1 Sismos volcano-téctonicos

Durante Marzo de 2016 en el VNT, se registraron un total de 3 eventos tipo VT (Figura 44 y Figura 45). La mayor magnitud registrada durante el mes fue de 0.35 M_L (Magnitud Local), correspondiente al sismo ocurrido el 11 de Marzo a las 03:04 (hora local). Debido a la baja magnitud de los eventos no fue posible obtener localizaciones de buena calidad.

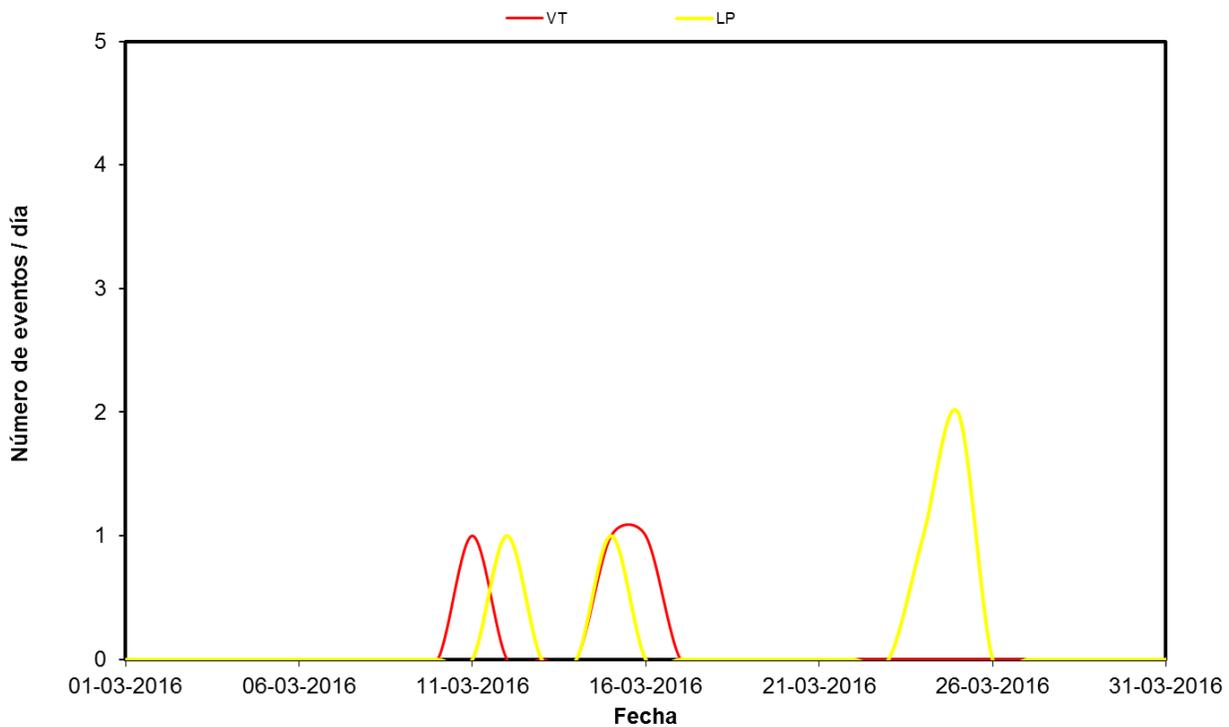


Figura 44. Número de eventos sísmicos tipo VT y LP diarios, ocurridos durante el mes de Marzo de 2016 en el VNT.

2.2.2 Sismos de largo periodo

La sismicidad asociada a la dinámica de fluidos y gases al interior de los conductos volcánicos en el VNR presentó un nivel energético muy bajo. Durante el mes de Marzo de 2016, se registraron un total de 5 sismos tipo LP de corta duración (Figura 46).

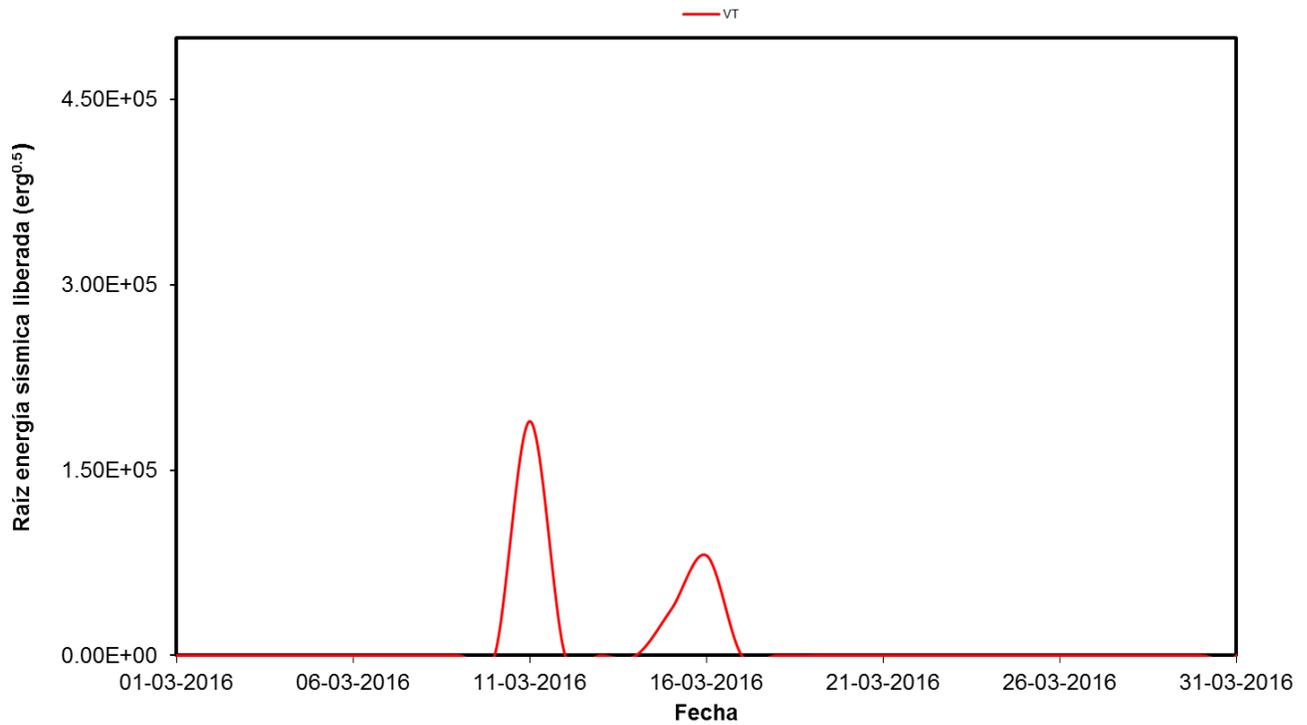


Figura 45. Raíz de la energía sísmica liberada diaria de los eventos sísmicos tipo VT, registrados durante el mes de Marzo de 2016 en el VNT.

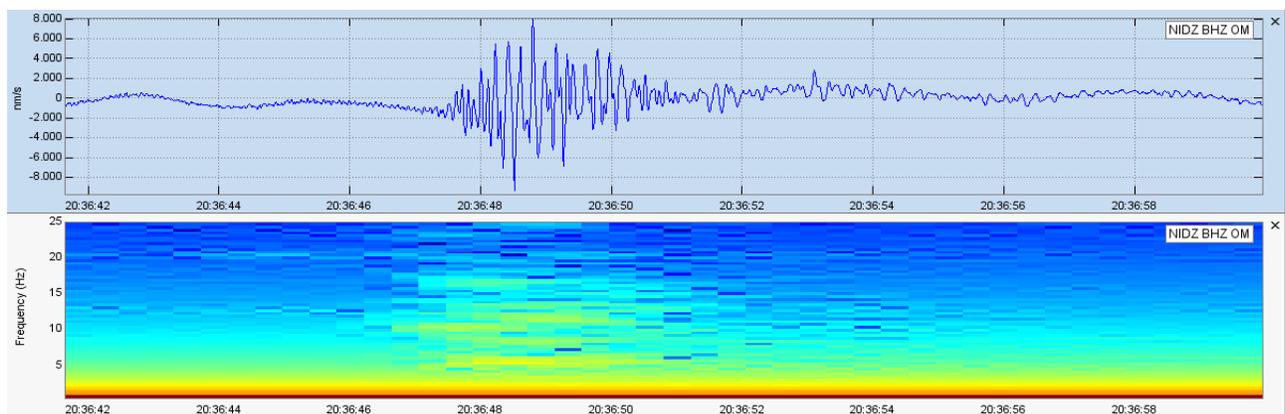


Figura 46. Registro sísmico y espectrograma de la señal de largo periodo con mayor energía registrada en el mes de Marzo de 2016, el día 12 a las 15:36 (hora local). Estación Nido, Componente vertical.

2.2.3 Señales asociadas a la actividad glaciar

En el mes de Marzo de 2016 se registró un incremento en el número de señales sísmicas asociadas a la actividad glaciar, en comparación con las ocurridas en el mes de Febrero de 2016. Estos eventos están relacionados con el desprendimiento de pequeños bloques de hielo, pequeñas avalanchas y fracturamiento del casquete glaciar, debido a cambios en la temperatura y a la evolución natural de los glaciares.

2.3 DEFORMACIÓN

Durante Marzo de 2016 operó correctamente el inclinómetro electrónico ESME, localizado en el flanco occidental del edificio volcánico. El inclinómetro LMAR continúa fuera de operación. La Figura 47 muestra la red de deformación del VNT.

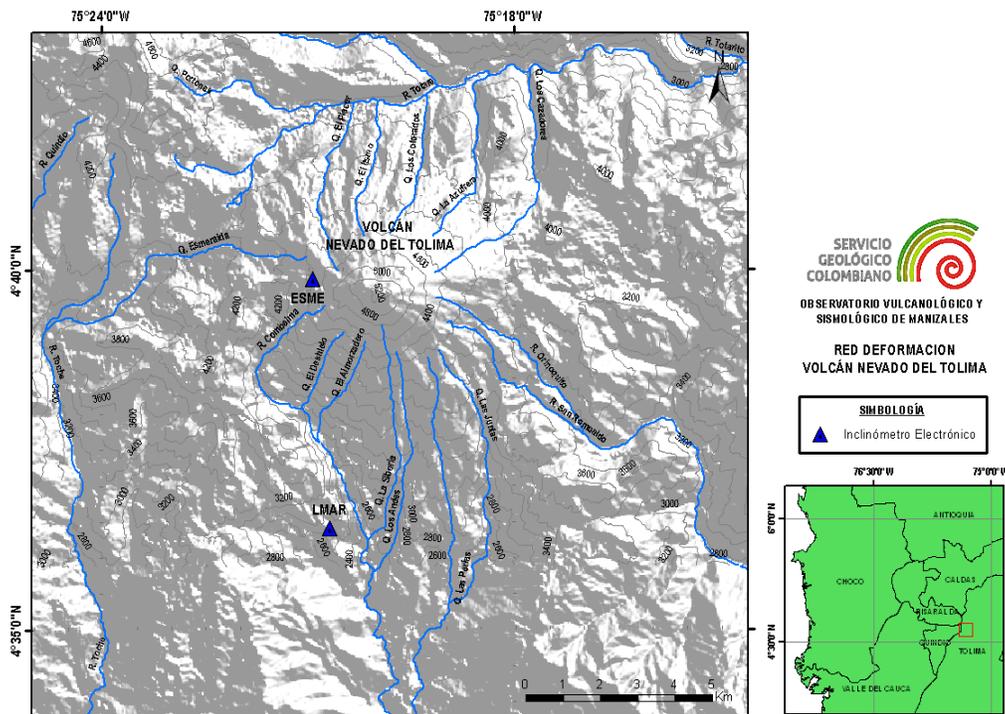


Figura 47. Red de deformación del Volcán Nevado del Tolima.

El comportamiento de la estación ESME se ha caracterizado por mostrar un claro y constante ascenso relacionado con el proceso deformativo de 2011-2016, asociado con una fuente profunda del VNR (Figura 48). Desde Diciembre de 2015 y hasta mediados de Febrero de 2016 se registró un nuevo proceso deformativo, con registro de un cambio acumulado de 366 y 112 μrad en las componentes Norte y Este respectivamente, el cual estabilizó a finales de Febrero, manteniendo estabilidad durante Marzo de 2016. Este proceso puede estar relacionado con un nuevo proceso de intrusión profundo del Segmento Volcánico Norte (Figura 48).

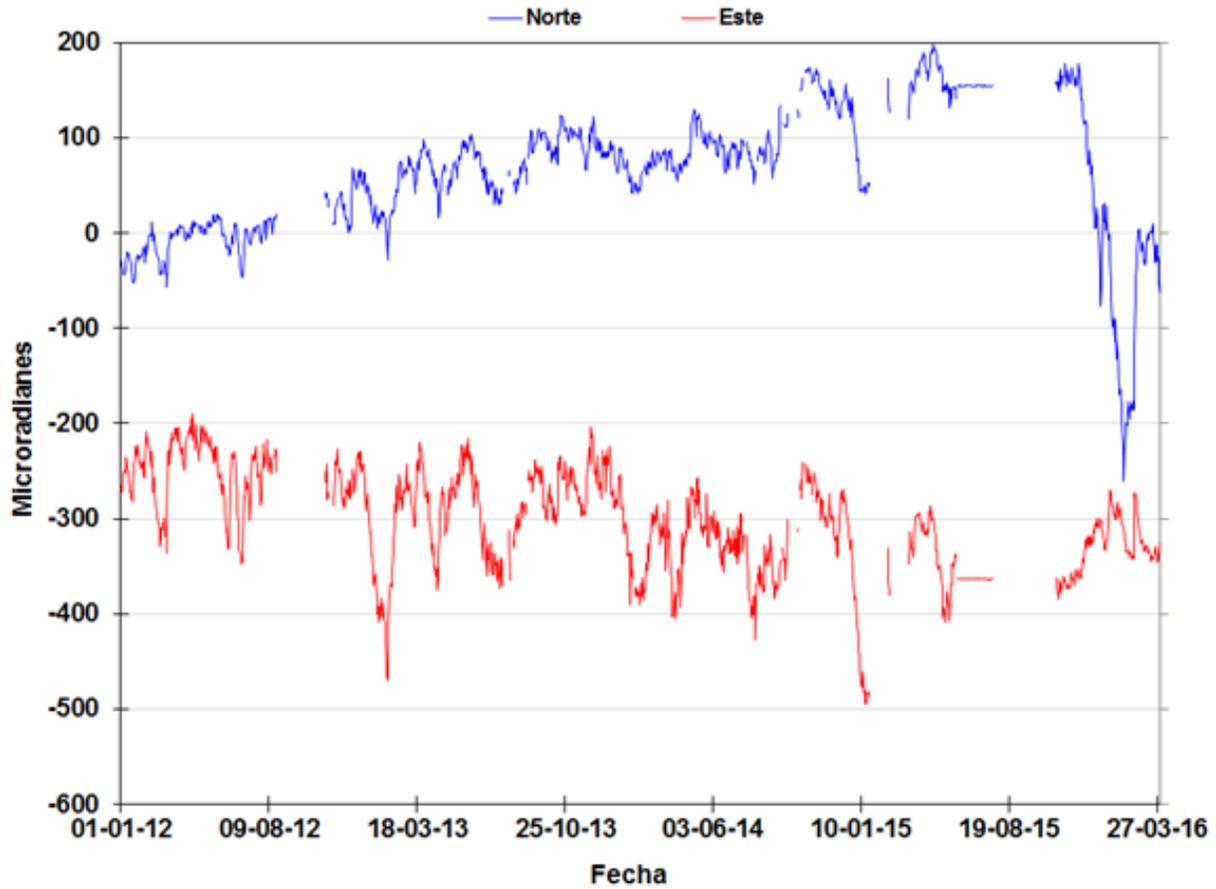


Figura 48. Comportamiento de las componentes Norte y Este del inclinómetro electrónico ESME, de la red de deformación del VNT hasta Marzo de 2016.

3. VOLCÁN CERRO MACHÍN (VCM)

3.1 RED DE VIGILANCIA

El porcentaje de operación de la red telemétrica para este volcán durante el mes de Marzo fue del **93.9%**.

No se realizaron tareas de mantenimiento preventivo ni correctivo en este periodo.

3.2 SISMOLOGÍA

Durante Marzo de 2016, la red de estaciones sismológicas instaladas en el Volcán Cerro Machín (Figura 49) continuó registrando actividad sísmica tipo VT, asociada con el fracturamiento de roca dentro del edificio volcánico.

3.2.1 Sismos volcano-tectónicos

En el VCM durante el mes de Marzo, se registraron un total de 91 eventos tipo VT, mostrando un leve aumento en el número de sismos con respecto al número alcanzado en el mes de Febrero de 2016 (Figura 50). La mayor tasa diaria de sismicidad del mes se presentó el 18 de Marzo, con la ocurrencia de 38 sismos de pequeña magnitud, localizados 1.2 km al Suroccidente del domo principal, a profundidades entre 2.0 y 3.1 km.

Energéticamente los sismos fueron de menor nivel energético mostrando una disminución en comparación con los reportados en Febrero de 2016 (Figura 51). La máxima magnitud registrada durante el mes de Marzo de 2016 fue de 0.8 M_L (Magnitud Local), correspondiente con el sismo ocurrido el 06 de Marzo a las 04:26 (hora local) localizado al Sur del domo principal a una profundidad de 11.1 km.

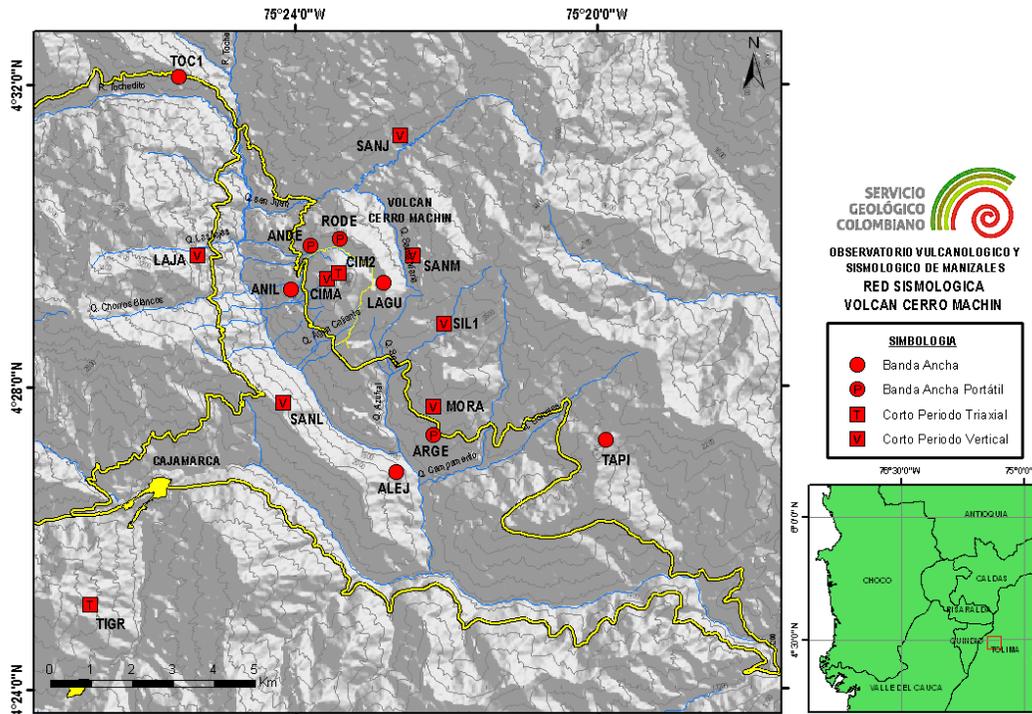


Figura 49. Red Sismológica. Volcán Cerro Machín.

En general, la actividad sísmica del VCM se localizó principalmente en el sector suroccidental del domo principal y en menor proporción en los sectores sur y suroriental de esta estructura, a profundidades entre 2.0 y 13.6 km (Figura 52). Los sismos más profundos fueron registrados predominantemente hacia el Sur y Sureste de la estructura volcánica.

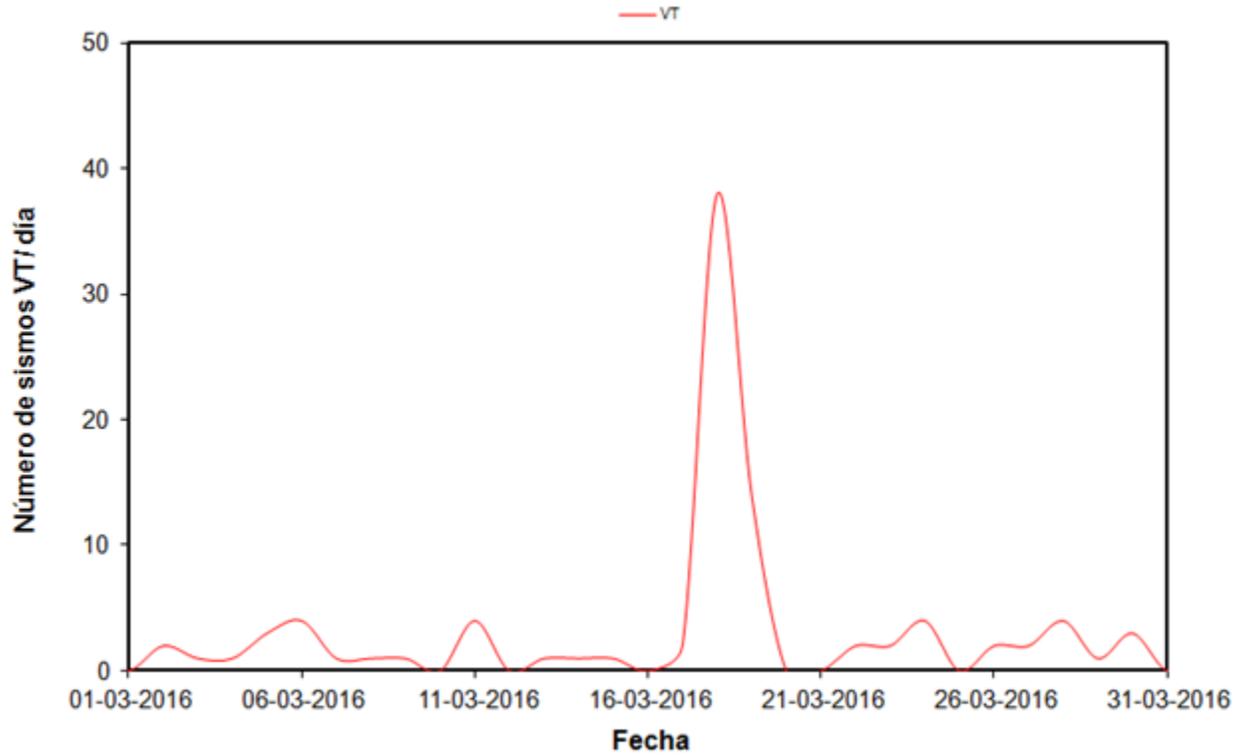


Figura 50. Número de eventos sísmicos tipo VT diarios, ocurridos durante el mes de Marzo de 2016 en el VCM.

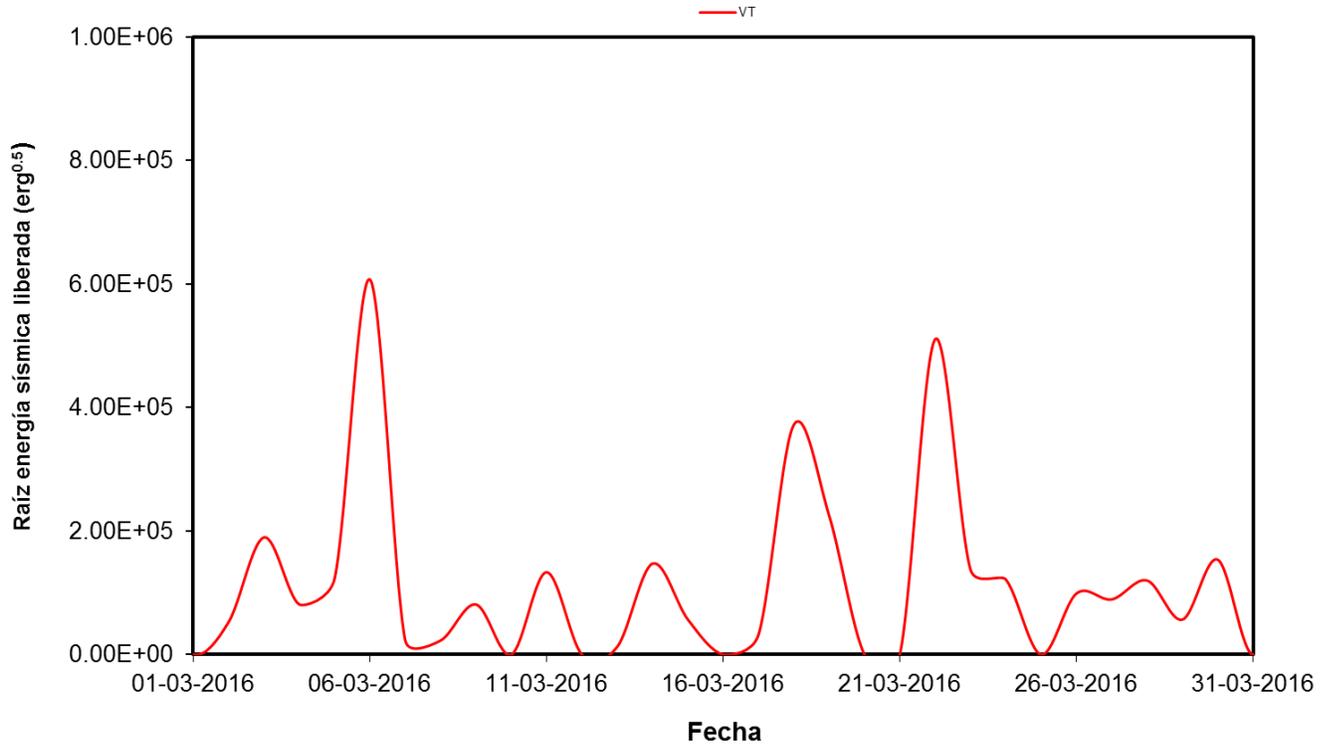


Figura 51. Raíz de la energía sísmica liberada diaria de los eventos sísmicos tipo VT, registrados durante el mes de Febrero de 2016 en el VCM.

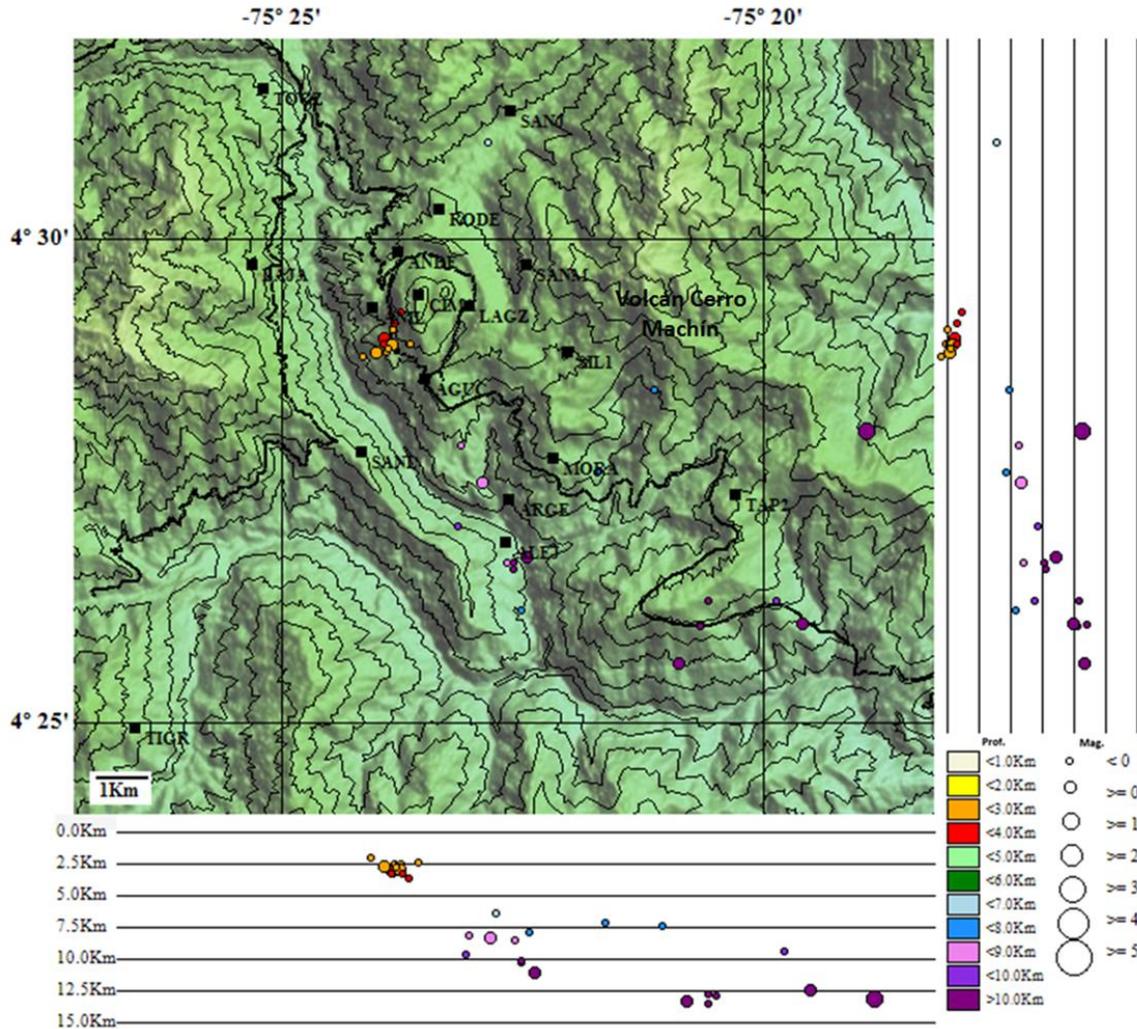


Figura 52. Mapa de localización hipocentral de los sismos volcano-tectónicos (círculos de colores) registrados en el área del VCM, durante el mes de Marzo de 2016. Los cuadros negros representan las estaciones sismológicas.

3.3 DEFORMACIÓN

Durante Marzo de 2016 operaron correctamente las cinco estaciones GPS permanentes y los cinco inclinómetros electrónicos instalados en el volcán. La Figura 53 muestra la red de deformación del VCM.

Las estaciones GPS permanentes LAGU, MRAL, RODE, SANA y SECR, muestran en general estabilidad acorde con el estado de actividad de este volcán.

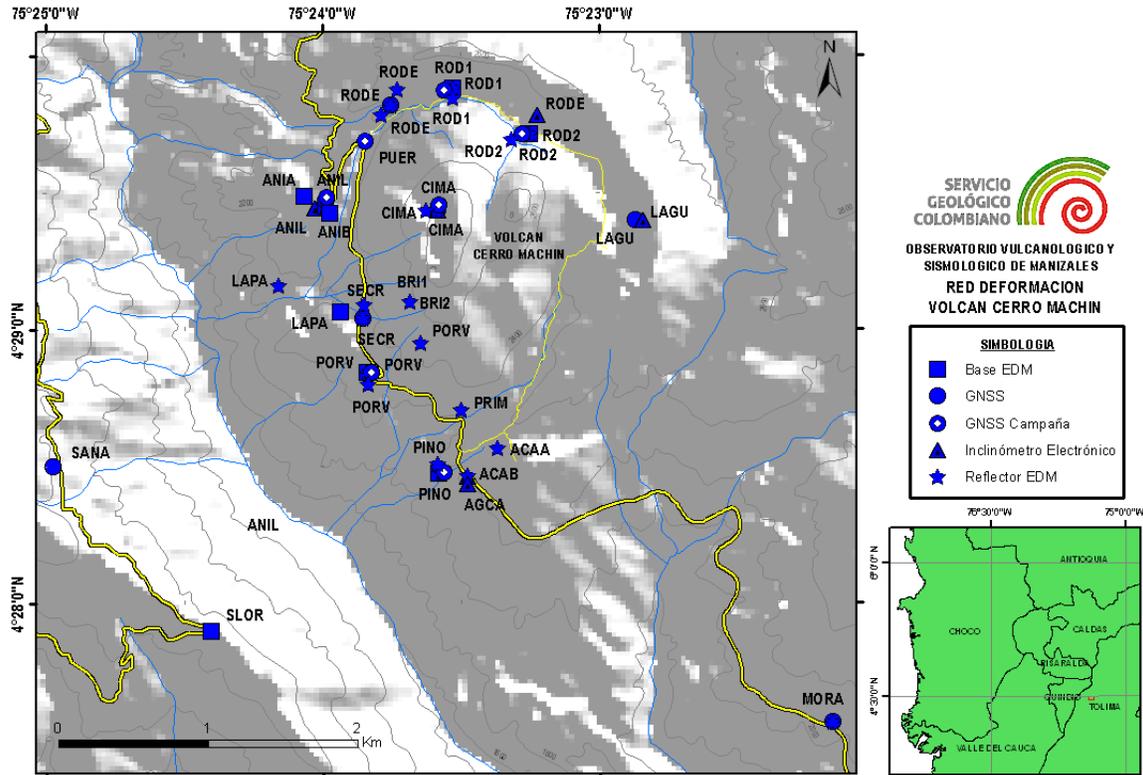


Figura 53. Red de deformación. Volcán Cerro Machín.

El comportamiento de los Inclinómetros electrónicos ANIL, LAGU y RODE se caracterizaron por registrar pequeñas fluctuaciones (menores a $\pm 7 \mu\text{rad}$) y mostrar en general estabilidad en sus dos componentes. El inclinómetro CIMA continúa mostrando un constante ascenso en sus componentes Norte y Este, registrando un cambio de $676 \mu\text{rad}$ para la componente Norte y $393 \mu\text{rad}$ para la componente Este, desde Enero de 2012 hasta Marzo de 2016 (Figura 54). Este cambio puede estar relacionado con un proceso deformativo local.

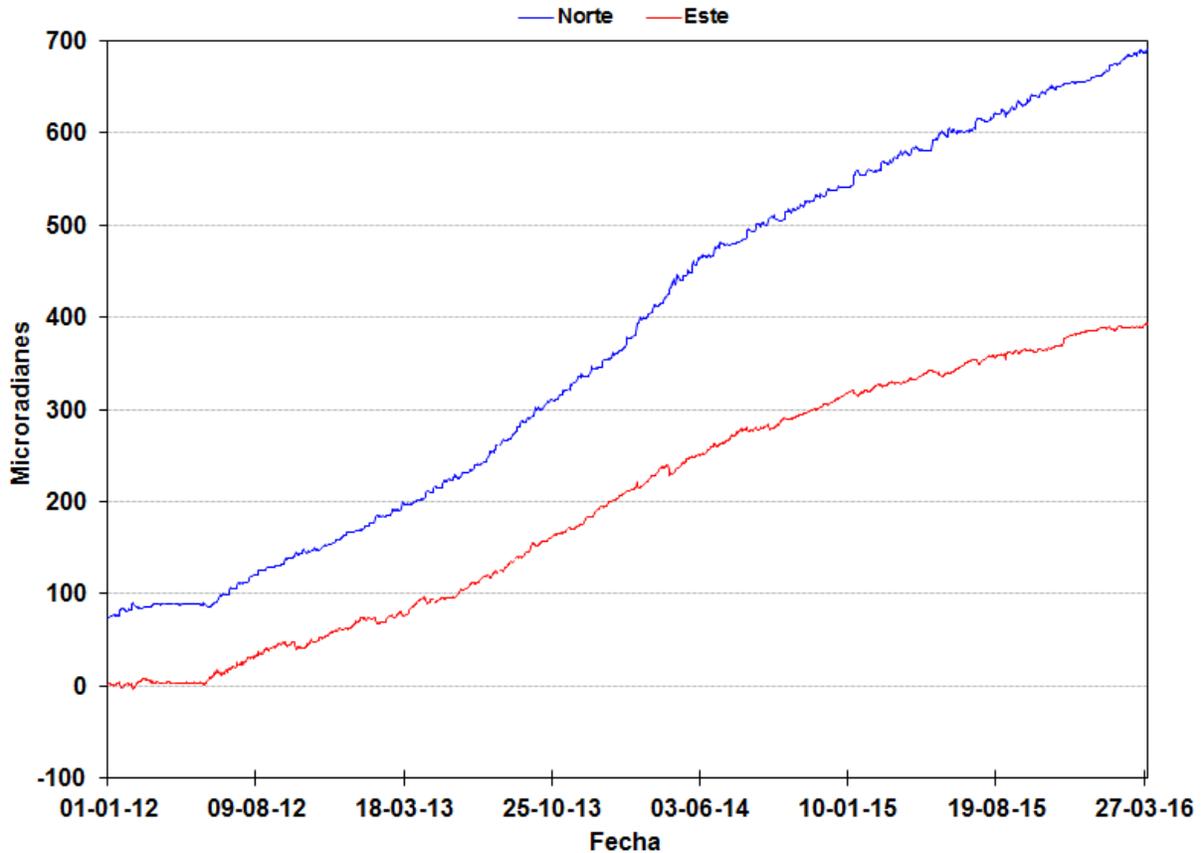


Figura 54. Comportamiento de las componentes Norte y Este del inclinómetro electrónico CIMA, de la red de deformación del VCM hasta Marzo de 2016.

3.4 GEOQUÍMICA

En el mes de Marzo de 2016 el monitoreo geoquímico para el Volcán Cerro Machín, consistió en el monitoreo telemétrico de las estaciones de Gas Radón ALEJANDRÍA y LAGUNA, las demás estaciones han presentado problemas en su operatividad por tal motivo no se presentan datos en este informe. En la Figura 55 se aprecia la red de estaciones de geoquímica.

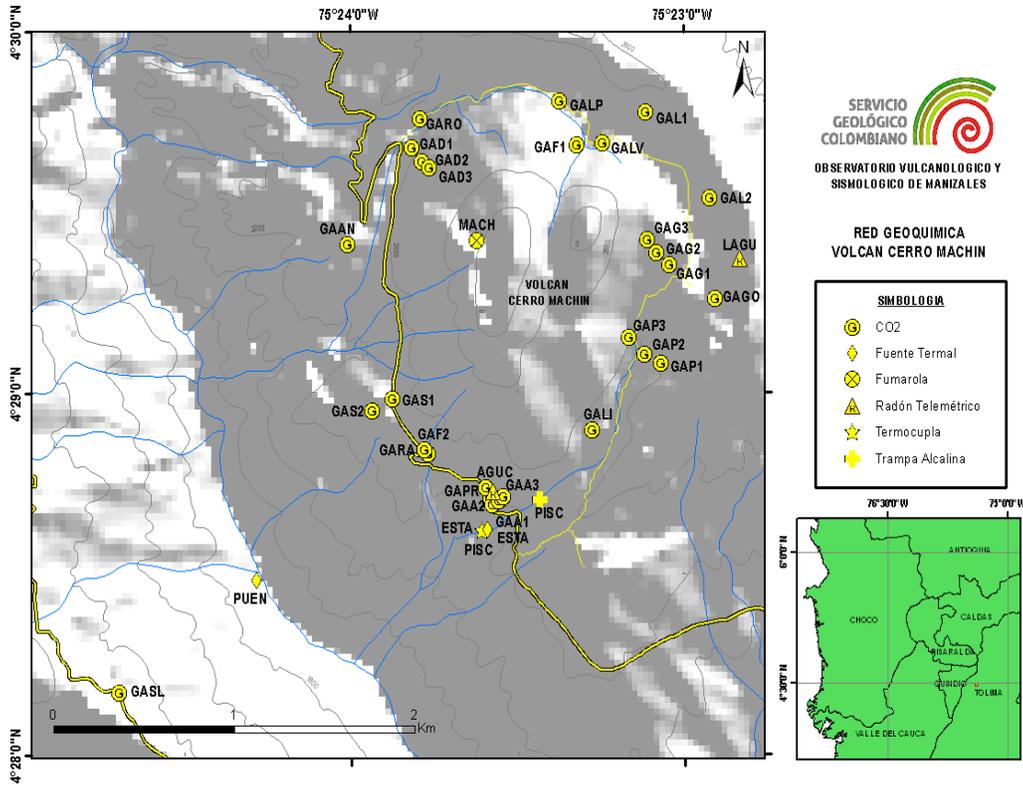
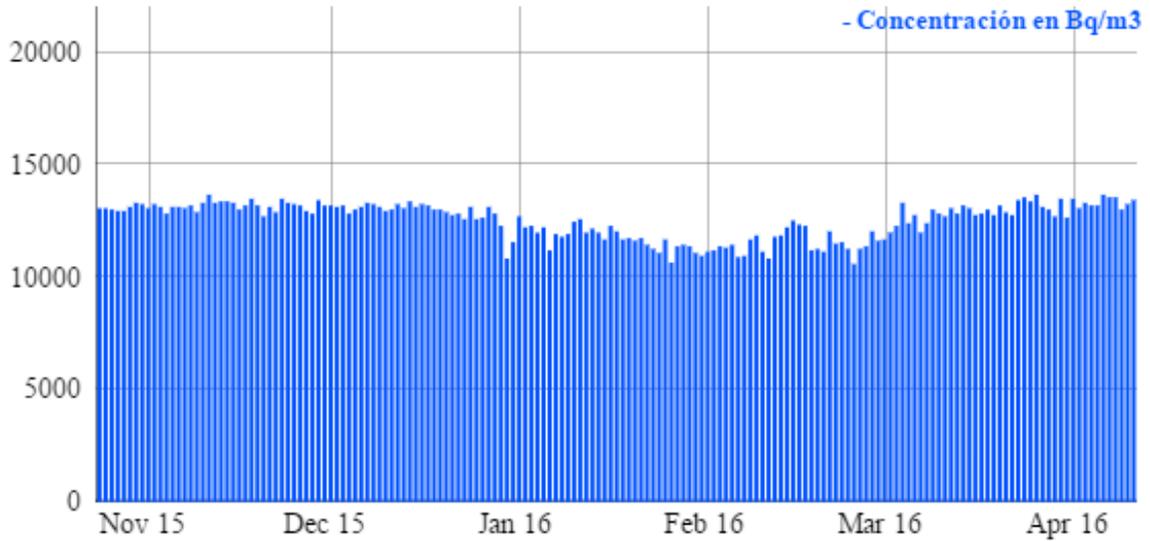


Figura 55. Red Geoquímica. Volcán Cerro Machín.

3.4.1 Medidas de Gas Radón

En la Figura 56 se aprecia el comportamiento con el tiempo de las estaciones de Gas Radón ALEJANDRÍA y LAGUNA, éstas se mantuvieron estables durante el mes de Marzo, sus valores se mantienen estables, lo cual es concordante con la baja actividad del VCM.

Laguna



Alejandria

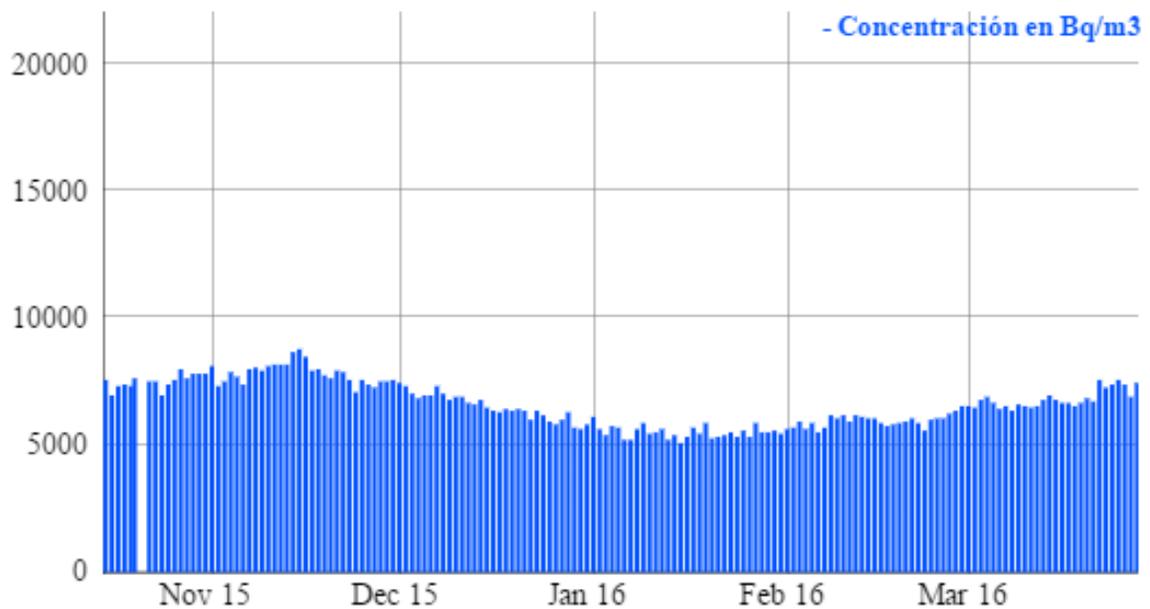


Figura 56. Variación de los niveles de Radón en suelo. Estaciones: ALEJANDRÍA y LAGUNA. Marzo de 2016. Volcán Cerro Machín.

3.5 MÉTODOS GEOFÍSICOS

3.5.1 Magnetometría

Durante el mes de Marzo de 2016, el magnetómetro de la estación DOMO no mostró variaciones significativas en su tendencia. Las variaciones que se observan en sus componentes son muy leves. Estas variaciones posiblemente estén relacionadas con fenómenos de origen no volcánico, como tormentas solares y alteraciones del campo magnético regional (Figura 57).

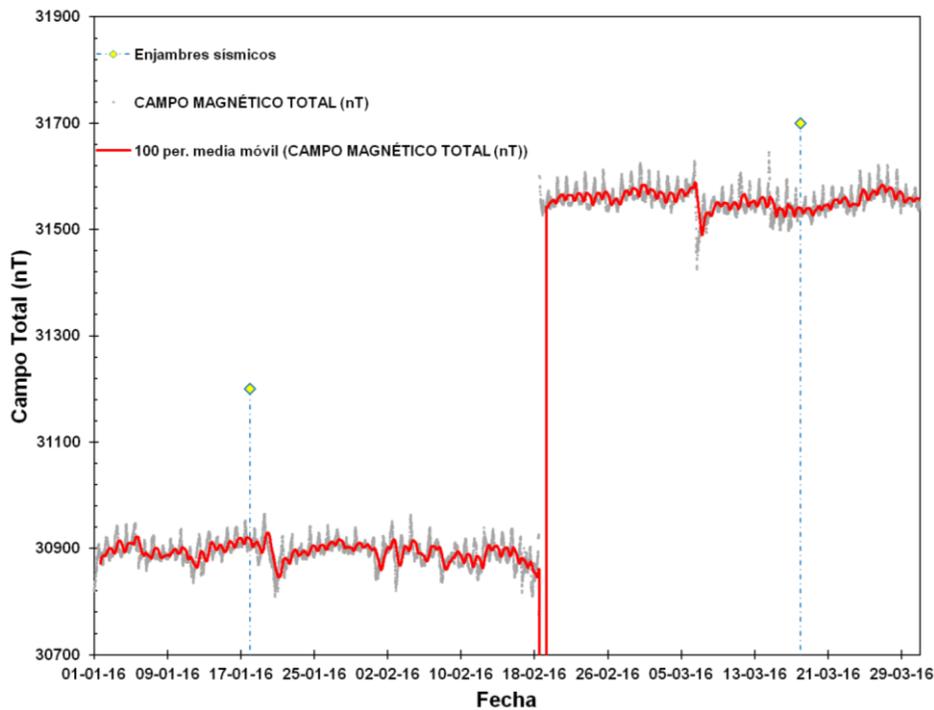


Figura 57. Variaciones del campo magnético en el Volcán Cerro Machín, Enero - Marzo de 2016, Estación DOMO.

4. VOLCÁN CERRO BRAVO (VCB)

4.1 RED DE VIGILANCIA

El porcentaje de operación de la red telemétrica para este volcán durante el mes de Marzo fue del **78.7%**

Dentro de este periodo se realizaron dos trabajos de mantenimiento correctivo, uno en el repetidor EL DESQUITE con el objetivo de desinstalar equipos analógicos que ya se encontraban por fuera de funcionamiento debido a las recientes digitalizaciones y otro en la estación de corto periodo digitalizado BRASIL (Figura 58), donde se reemplazó la antena y su cable coaxial para restablecer la telemetría y donde también se instaló un nuevo circuito desarrollado por el grupo de electrónica denominado Circuito de Control Automático de Encendido (Figura 59), que tiene como función restablecer una estación de monitoreo que haya perdido de manera súbita su telemetría y donde el problema no sea de hardware.



Figura 58. Estación corto periodo digitalizado BRASIL.



Figura 59. Circuito de Control Automático de Encendido.

4.2 SISMOLOGÍA

En el Volcán Cerro Bravo durante el mes de Marzo de 2016 la red de monitoreo (Figura 60) registró actividad sísmica relacionada con fracturamiento de roca (VT), avalanchas y caídas de roca. Los demás parámetros monitoreados no mostraron cambios importantes.

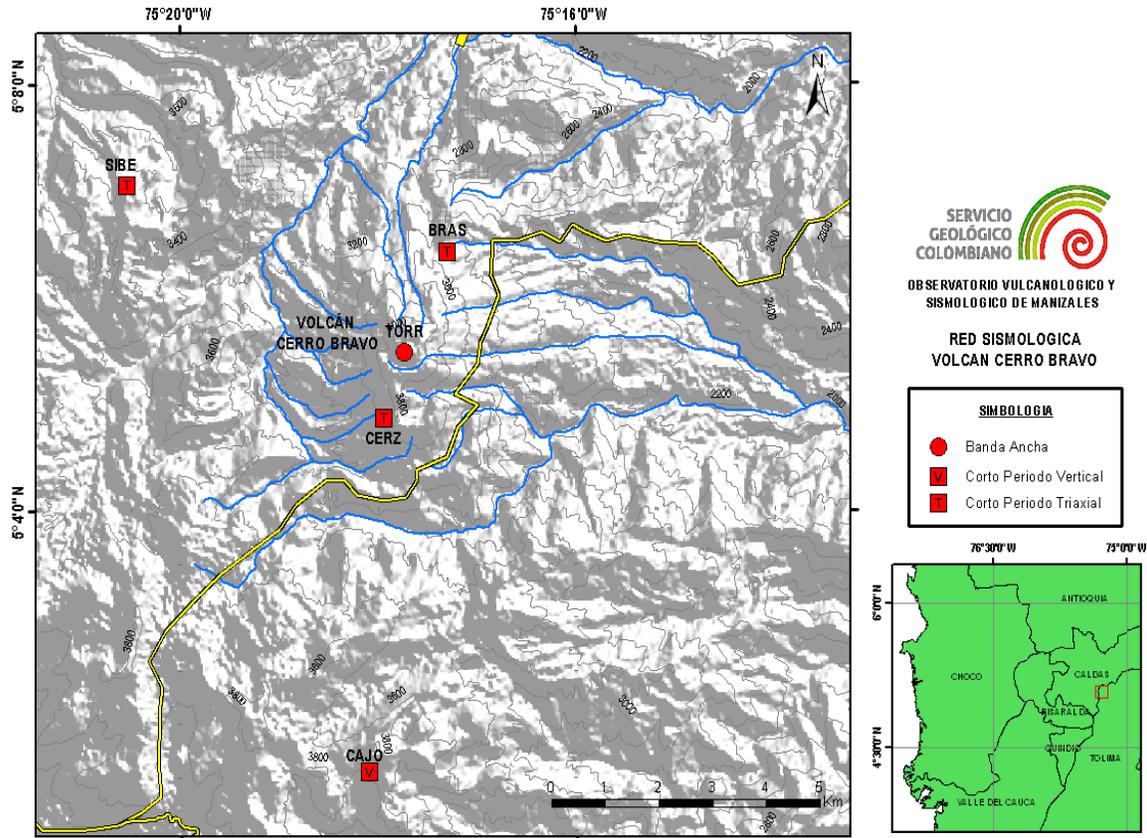


Figura 60. Red Sismológica. Volcán Cerro Bravo.

4.2.1 Sismos volcano-téctonicos

Durante Marzo de 2016 en el VCB, se registró un evento tipo VT con una magnitud de 0.1 M_L (Magnitud Local), el día 22 de Marzo a las 18:15 (hora local). Debido a la baja magnitud del evento y a la densidad de la red de estaciones sismológicas instaladas en el volcán no fue posible obtener una localización de muy buena calidad.

4.3 DEFORMACIÓN

Durante Marzo de 2016 el inclinómetro electrónico CBRA operó correctamente. Durante este mes no se realizaron mediciones de control topográfico. La Figura 61 muestra la red de deformación del VCB.

El comportamiento del inclinómetro CBRA durante Febrero y Marzo de 2016 es de estabilidad (Figura 62).

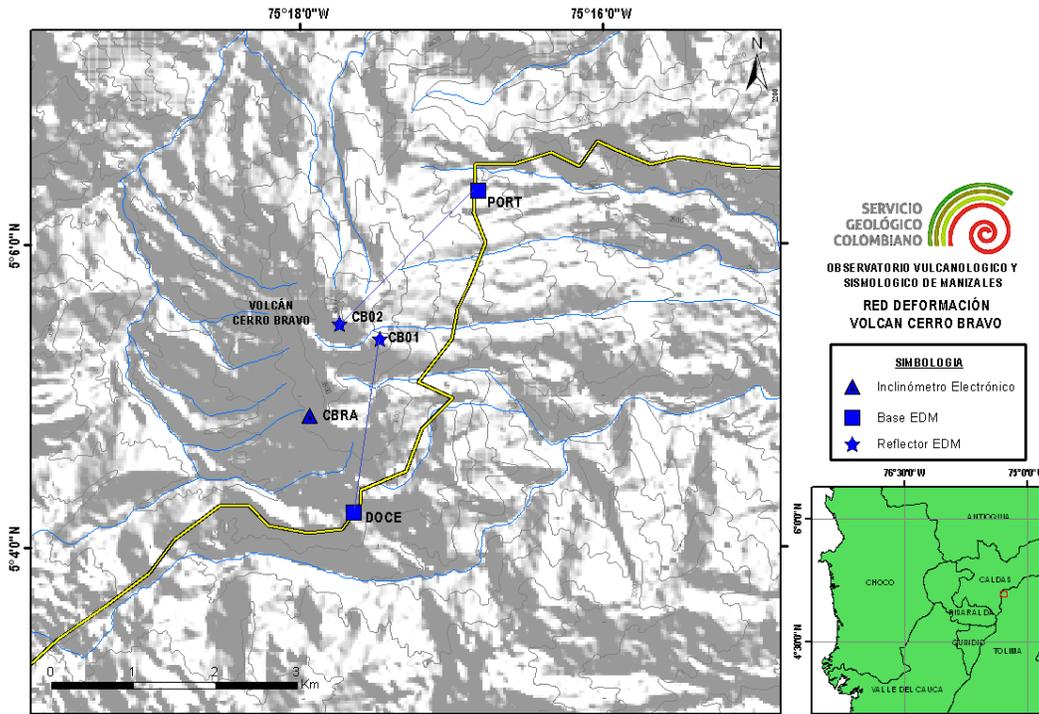


Figura 61. Red de deformación del Volcán Cerro Bravo.

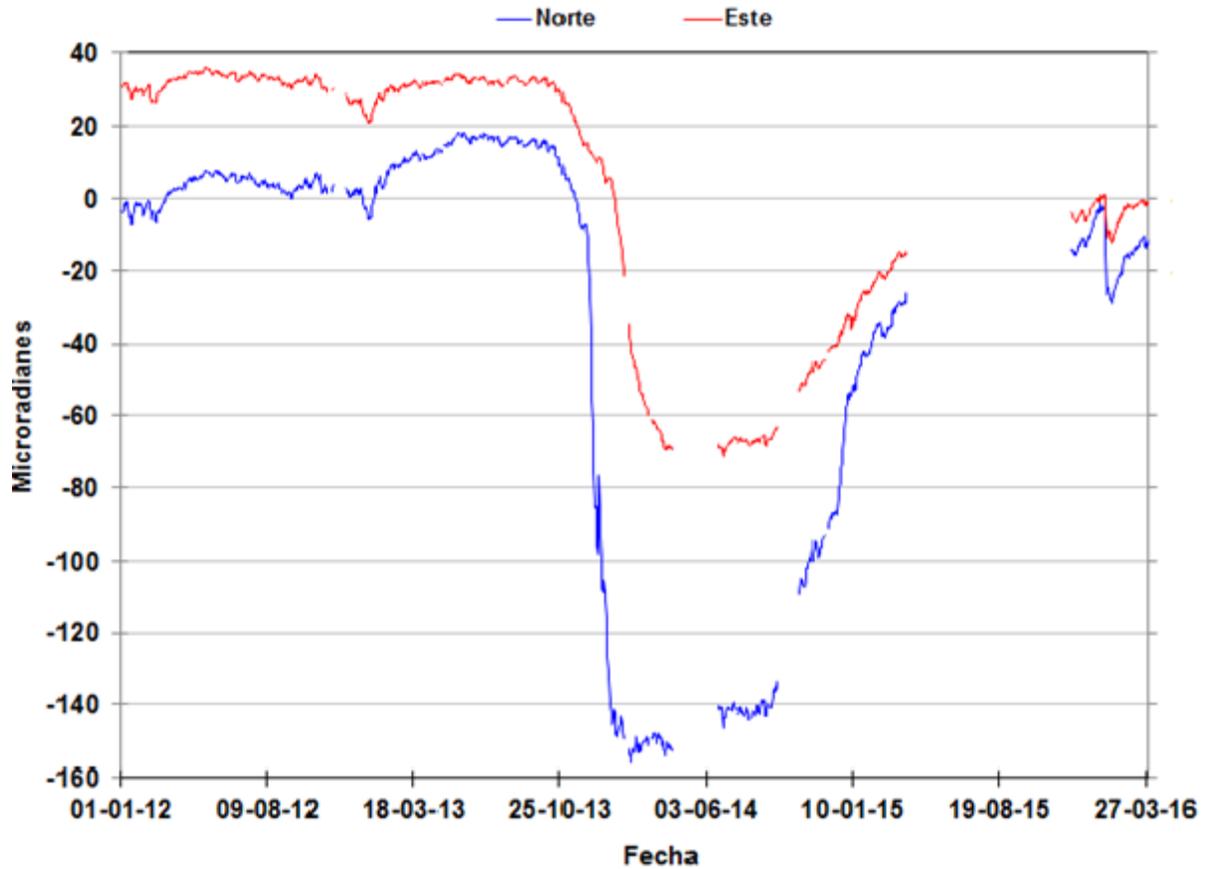


Figura 62. Comportamiento de las componentes Norte y Este del inclinómetro electrónico CBRA, de la red de deformación del VCB hasta Marzo de 2016.

5. VOLCÁN PARAMILLO DE SANTA ROSA (VPSR)

5.1 RED DE VIGILANCIA

El porcentaje de operación de la red telemétrica para este volcán durante el mes de Marzo fue del **100%**.

Para este volcán se realizaron trabajos de mantenimiento que involucraron el cambio de tecnología del sistema de transmisión digital en la estación de banda ancha AFRICA (Figura 63), la estación de GPS OTUN (Figura 64) y la estación multiparamétrica PARAMILLO (Figura 65).



Figura 63. Estación de banda ancha AFRICA.



Figura 64. Estación de GPS OTUN.



Figura 65. Estación multiparamétrica PARAMILLO.

5.2 SISMOLOGÍA

Durante el mes de Marzo de 2016, la red de estaciones sismológicas (Figura 66) instaladas en el Volcán Paramillo de Santa Rosa (VPSR), registró actividad sísmica asociada al fracturamiento de roca al interior del edificio volcánico, dicha actividad mostró una notoria disminución con respecto al mes anterior.

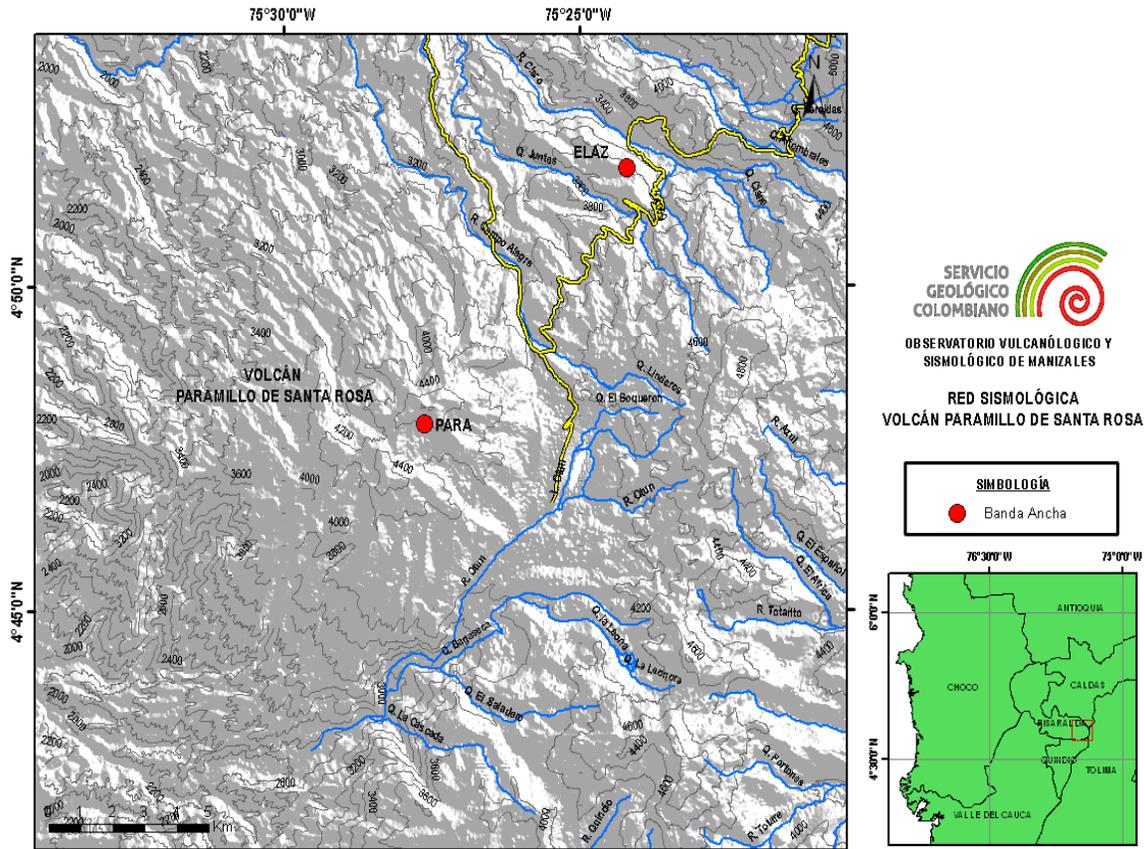


Figura 66. Red Sismológica. Volcán Paramillo de Santa Rosa.

5.2.1 Sismos volcano-tectónicos (VT)

En el VPSR la actividad sísmica de tipo VT en el VPSR, durante el mes de Marzo mostró valores significativamente en el número de sismos y en la energía sísmica liberada, que los registrados en el mes de Febrero (Figura 67 y Figura 68). Se registraron un total de 15 eventos sísmicos tipo VT (en Febrero se contabilizaron 273 sismos).

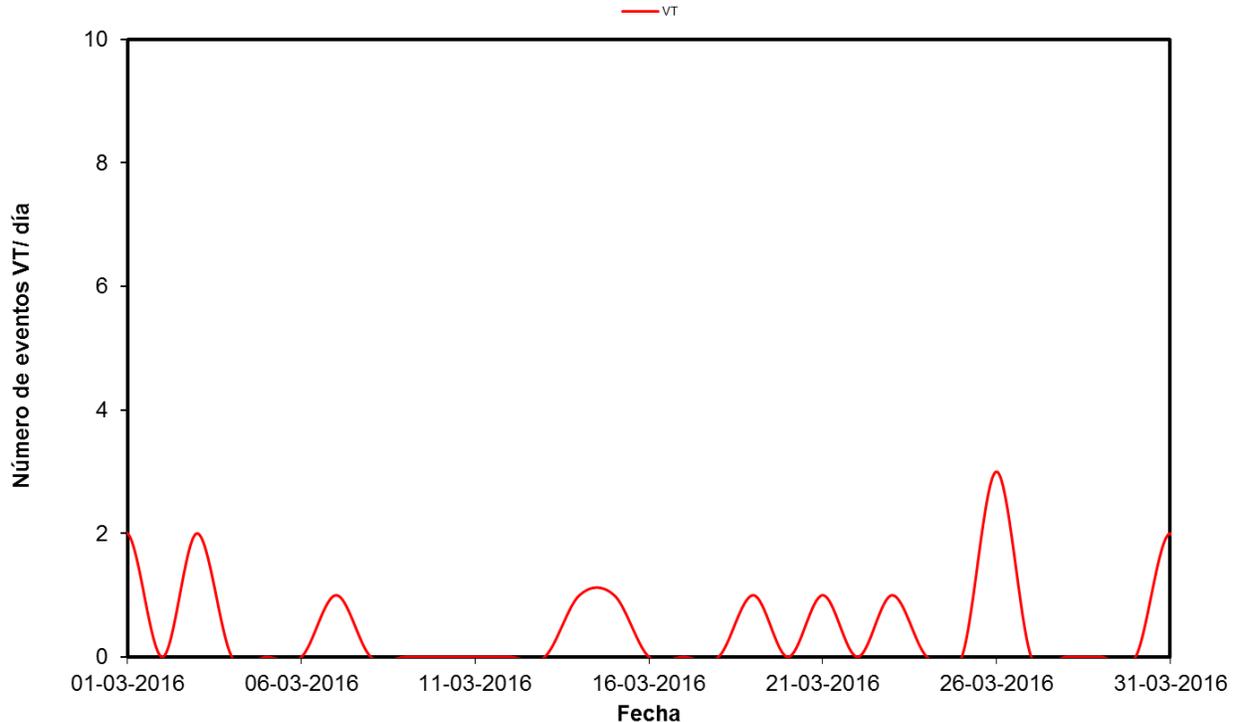


Figura 67. Número de eventos sísmicos tipo VT diarios, ocurridos durante el mes de Marzo de 2016 en el VPSR.

Los sismos se localizaron principalmente al Noroccidente y Sur del edificio volcánico. Las profundidades de estos eventos oscilaron entre 3.6 y 8.4 km (Figura 69). La máxima magnitud registrada fue de 0.3 M_L (Magnitud Local), correspondiente a un sismo ocurrido el día 01 de Marzo a las 13:30 (hora local), localizado al Noroccidente del edificio volcánico, a una profundidad de 6.0 km.

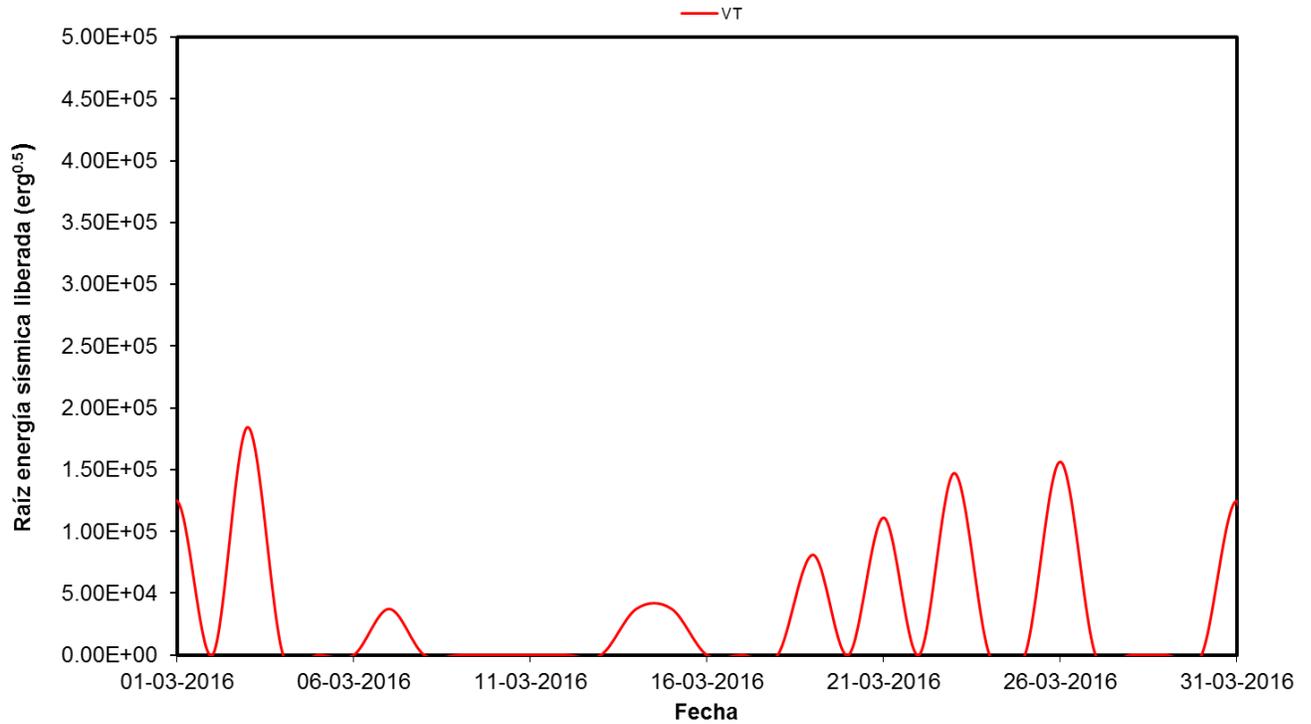


Figura 68. Raíz de la energía sísmica liberada diaria de los eventos sísmicos tipo VT registrados durante el mes de Marzo de 2016, en el VPSR.

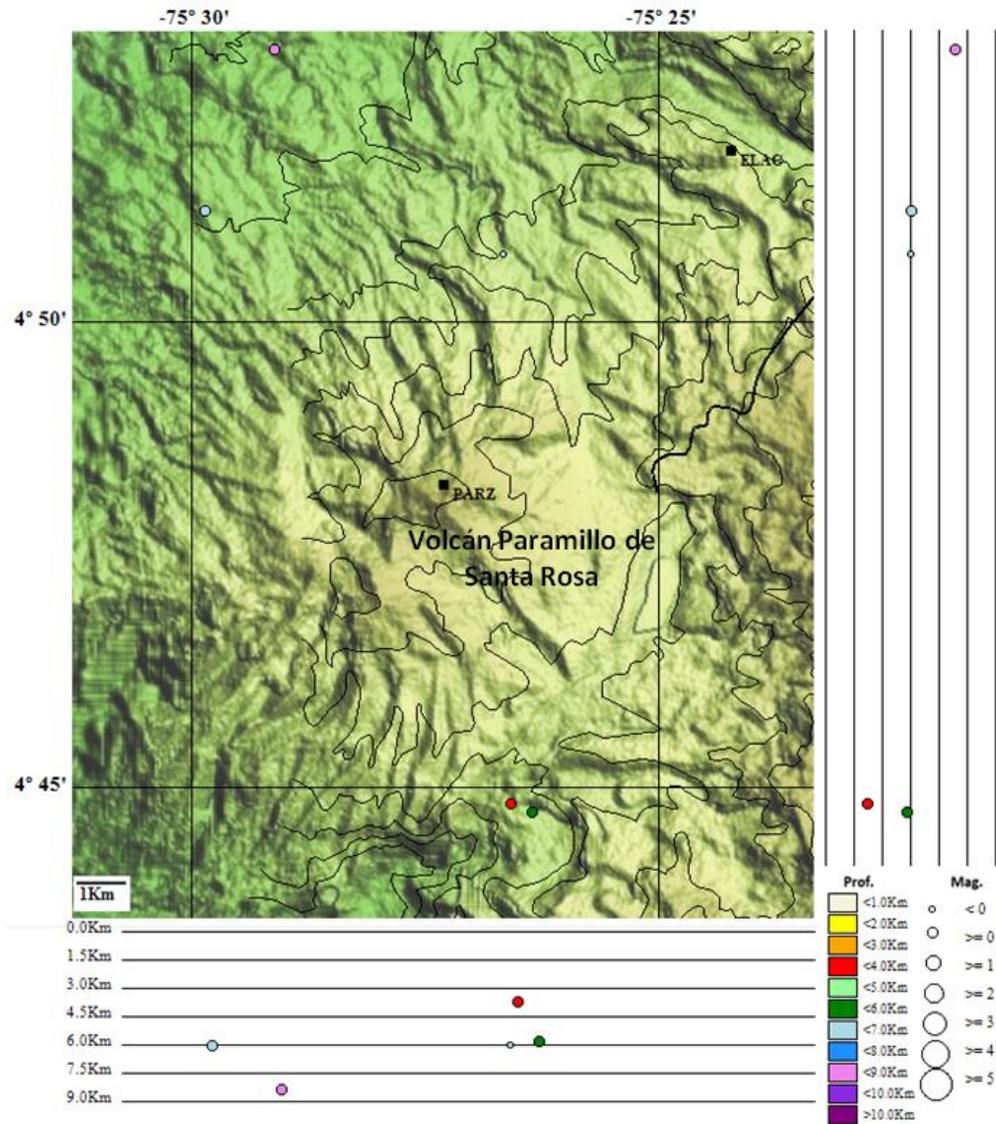


Figura 69. Mapa de localización hipocentral de los sismos volcano-tectónicos (círculos de colores) registrados en el área del VPSR, durante Marzo de 2016. Los cuadrados negros representan las estaciones sismológicas.

6. VOLCÁN NEVADO DE SANTA ISABEL (VNSI)

6.1 RED DE VIGILANCIA

El porcentaje de operación de la red de vigilancia telemétrica para este volcán durante el mes de Marzo fue del **99.4%**.

No se realizaron tareas de mantenimiento preventivo ni correctivo en este periodo.

6.2 SISMOLOGÍA

Durante el mes de Marzo de 2016, la red de estaciones sismológicas (Figura 70) localizadas en el Volcán Nevado del Santa Isabel (VNSI), registraron actividad sísmica asociada a fracturamiento de roca dentro del edificio volcánico. Este tipo de actividad sísmica mostró una disminución con respecto al Febrero de 2016.

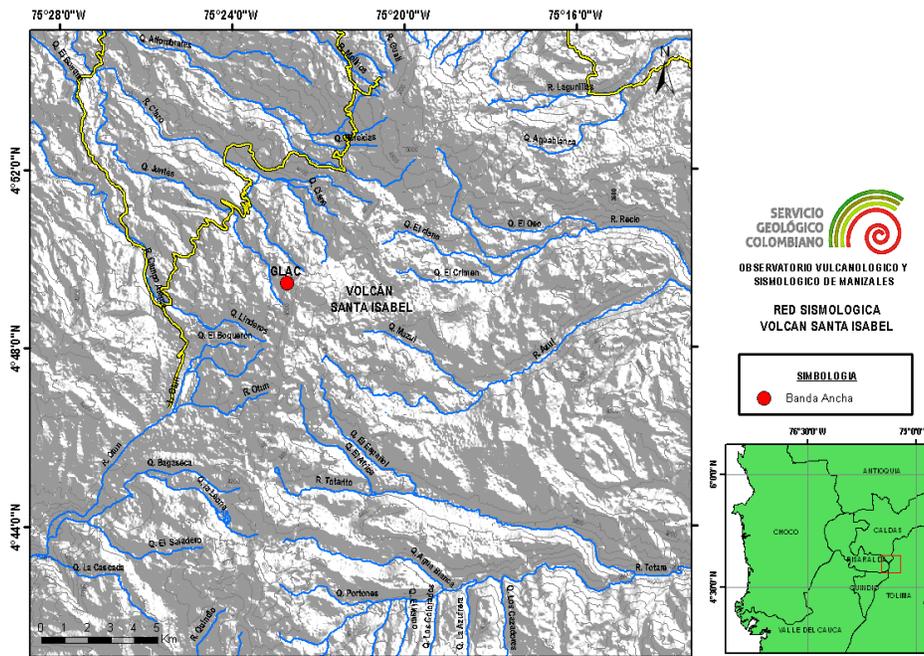


Figura 70. Red Sismológica. Volcán Nevado de Santa Isabel.

6.2.1 Sismos volcano-tectónicos (VT)

En el VNSI se registraron un total de 45 eventos sísmicos tipo VT de bajo nivel energético (Figura 71 y Figura 72). Los sismos se localizaron principalmente al Noroccidente de la estructura volcánica y en menor proporción en el flanco suroccidental y oriental, a profundidades

entre 3.6 y 5.6 km (Figura 73). La máxima magnitud registrada fue de 2.2 M_L (Magnitud Local), correspondiente al sismo del día 11 de Marzo a las 00:05 (hora local), localizado en el sector noroccidental de la estructura volcánica a una profundidad de 5.2 km; este evento es el responsable del pico de mayor energía sísmica liberada en el mes.

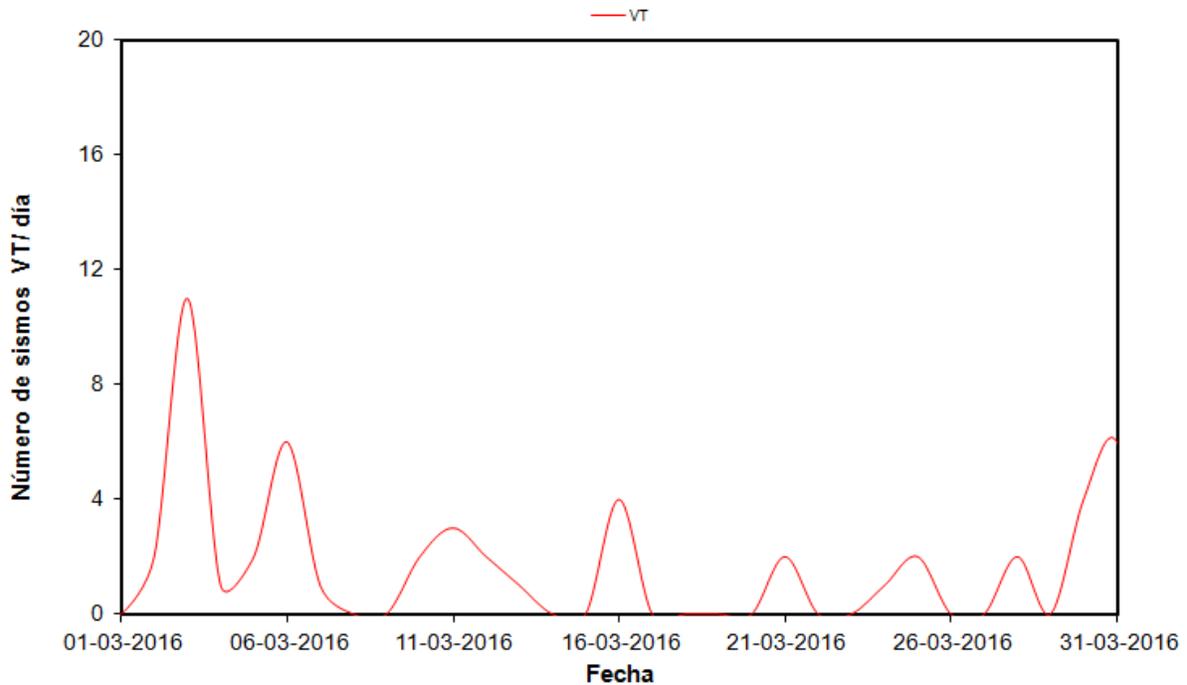


Figura 71. Número de eventos sísmicos tipo VT diarios, ocurridos durante el mes de Marzo de 2016 en el VNSI.

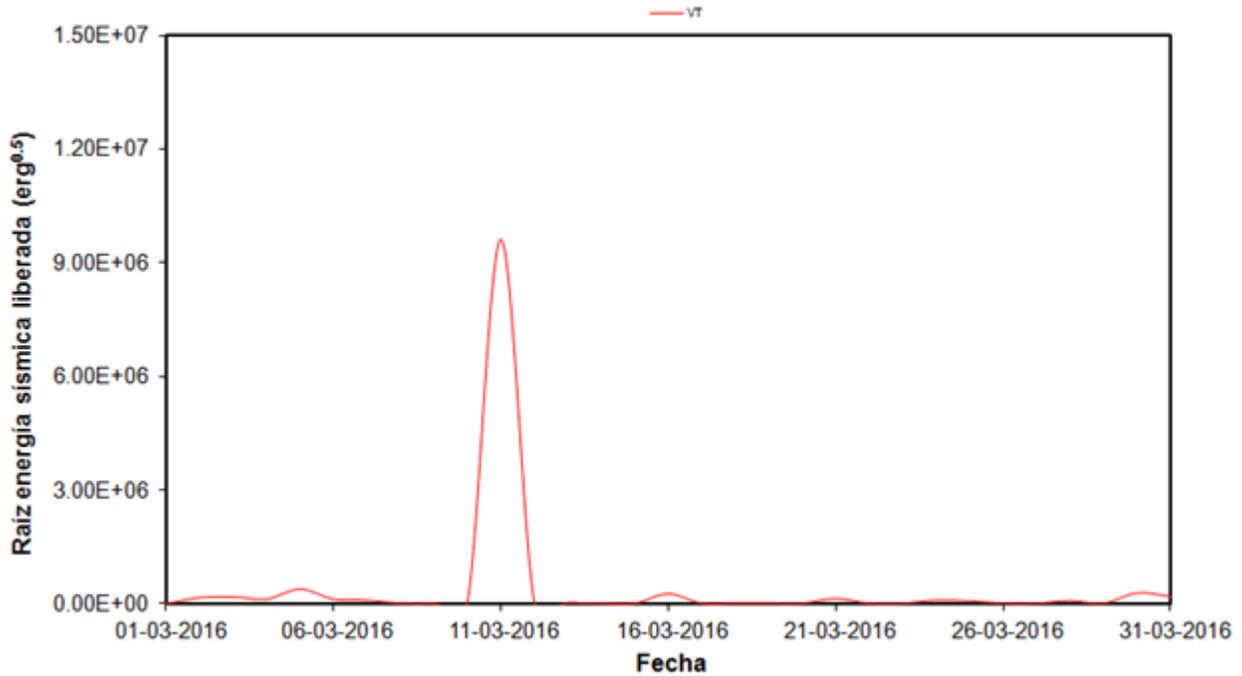


Figura 72. Raíz de la energía sísmica liberada diaria de los eventos sísmicos tipo VT registrados durante el mes de Marzo de 2016, en el VNSI.

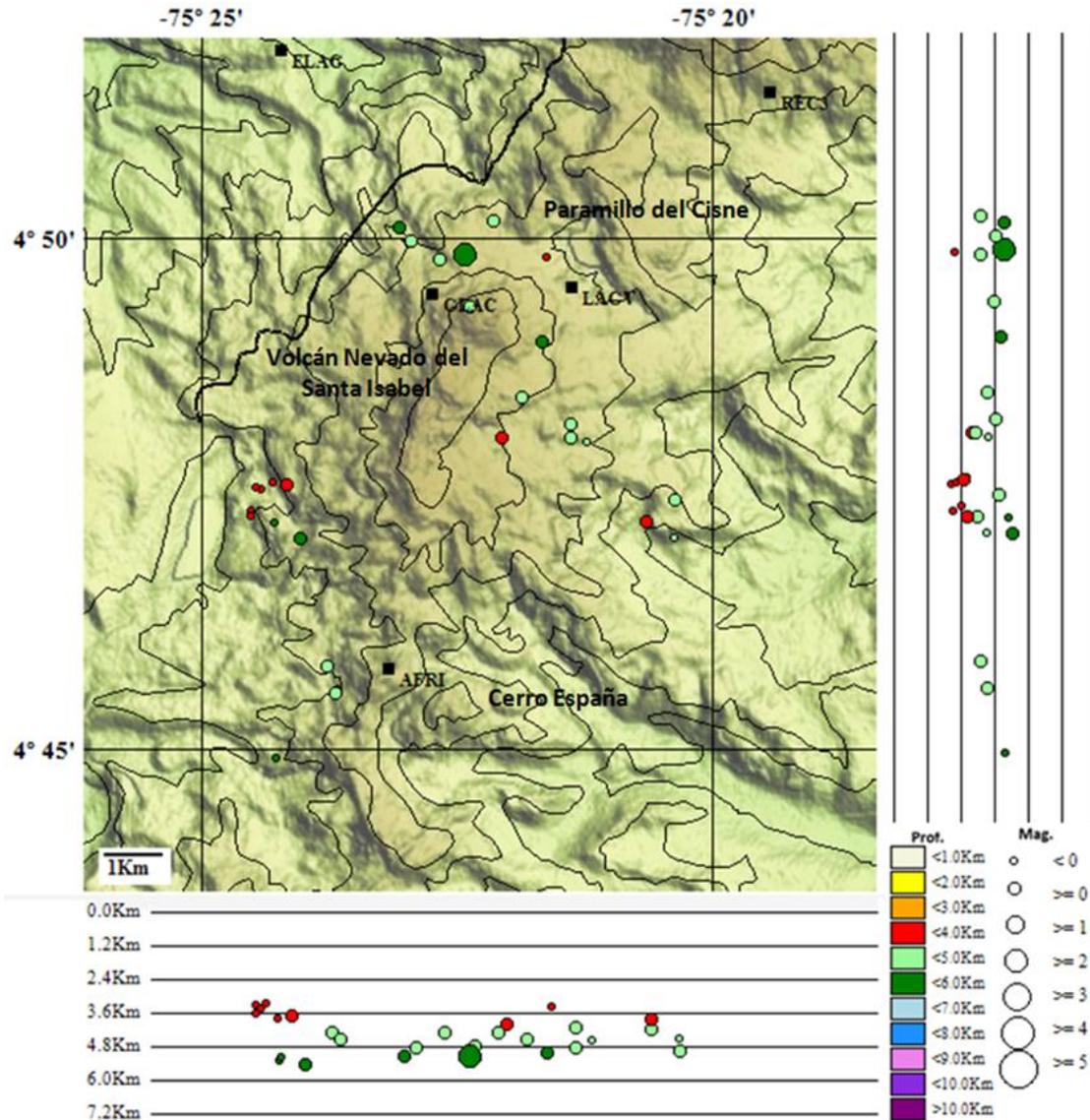


Figura 73. Mapa de localización hipocentral de los sismos volcano-tectónicos (círculos de colores) registrados en el área del VNSI y el sector de Cerro España, durante el mes de Marzo de 2016. Los cuadrados negros representan las estaciones sismológicas.

En la zona Sur del VNSI, en el sector conocido como Cerro España, durante el mes de Marzo se registró un leve aumento en la sismicidad. Se registraron 32 eventos tipo VT, caracterizados por presentar niveles energéticos bajos (Figura 74 y Figura 75). El sismo de mayor magnitud se registró el 24 de Marzo a las 15:30 (hora local), tuvo una magnitud de 0.3 M_L (Magnitud Local), y fue localizado a 2.4 km al Noroccidente de la estructura volcánica, a una profundidad de 4.28 km. Los pocos eventos que pudieron ser localizados, se ubicaron al Noroccidente del edificio

volcánico, a profundidades entre 4.28 y 5.21 km (Figura 73).

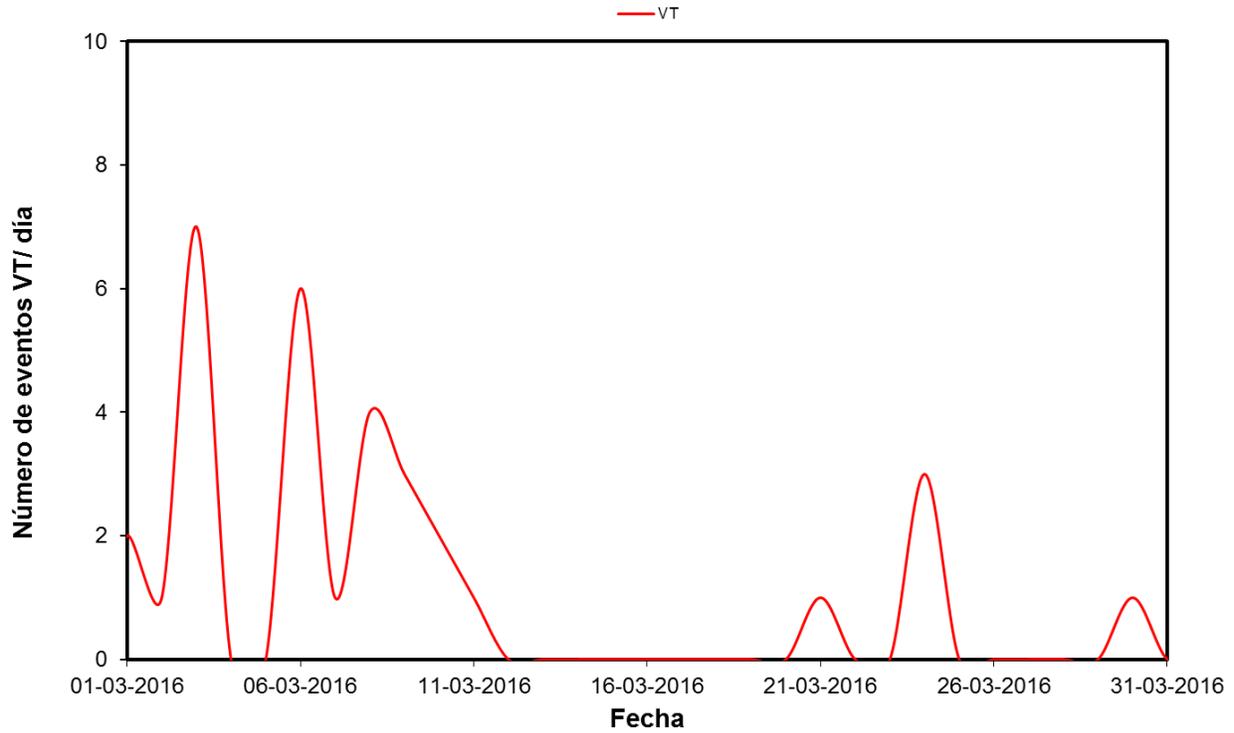


Figura 74. Número de eventos sísmicos tipo VT diarios, ocurridos durante el mes de Marzo de 2016 en Cerro España.

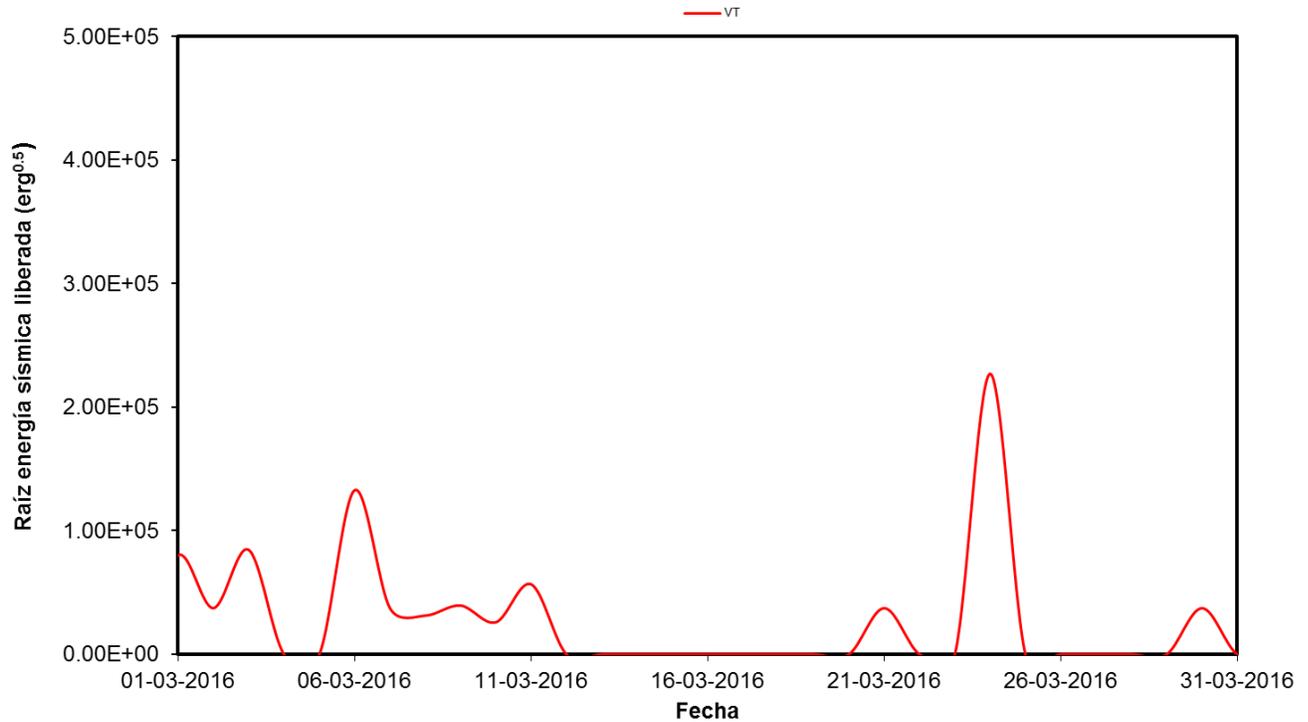


Figura 75. Raíz de la energía sísmica liberada diaria de los eventos sísmicos tipo VT registrados durante Marzo de 2016, en Cerro España.

6.3 DEFORMACIÓN

Durante Marzo de 2016, operó correctamente la estación GPS permanente Otún y los inclinómetros electrónicos GLAC y CHAV instalados al norte y noroccidente del volcán. La Figura 76 muestra la red de deformación del VNSI.

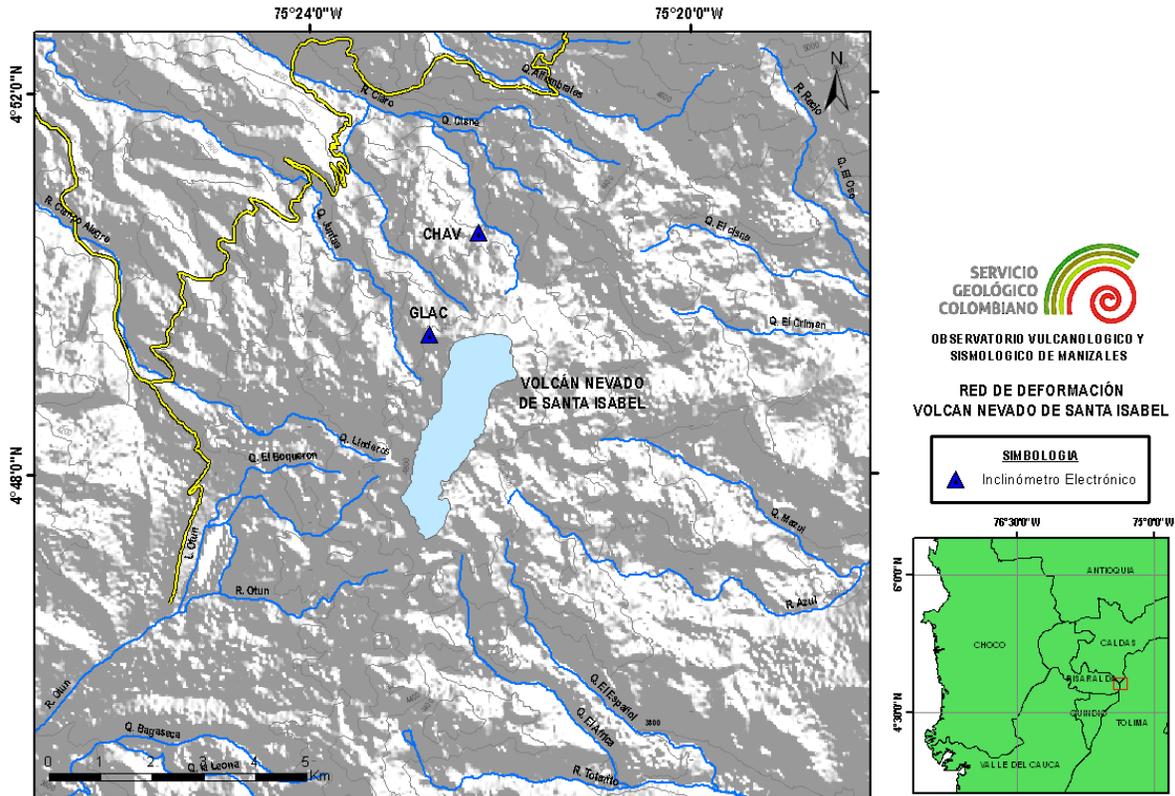


Figura 76. Red de deformación del Volcán Nevado de Santa Isabel.

La estación GPS permanente fue instalada recientemente y se debe esperar un tiempo para su estabilización.

Las dos estaciones de inclinometría mostraron pequeñas fluctuaciones diarias asociadas a los cambios de temperatura. El inclinómetro CHAV mantiene una clara tendencia de estabilidad (Figura 77). El inclinómetro GLAC mantuvo estabilidad hasta octubre de 2015, fecha en la cual empezó a registrar una deformación muy grande hasta enero de 2016, fecha a partir de la cual se estabilizó. Este proceso puede estar relacionada con un proceso deformativo local (Figura 77).

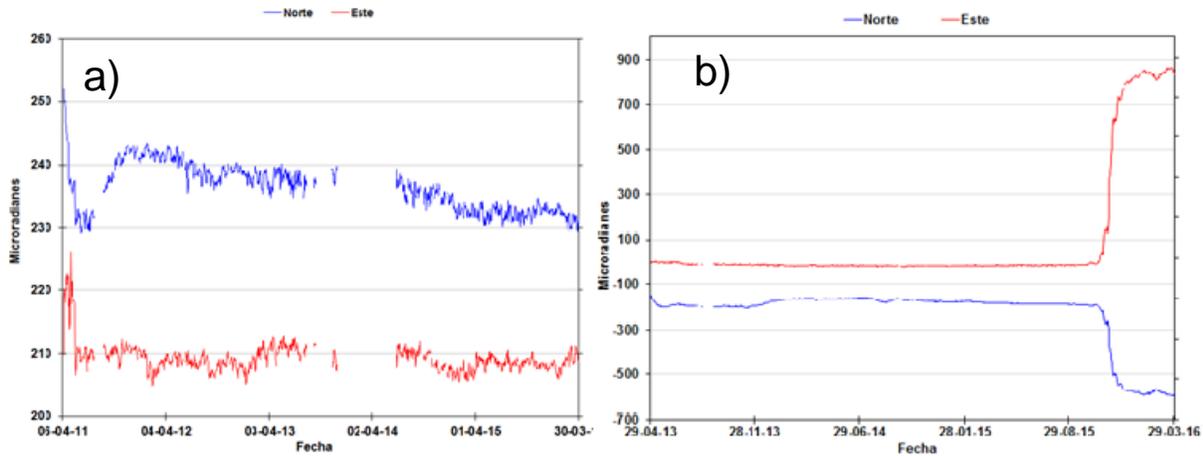


Figura 77. Comportamiento de las componentes Norte y Este de los Inclínómetros electrónicos CHAV (a) y GLAC (b) de la red de deformación del VNSI hasta Marzo de 2016.

6.3.1 GEOQUÍMICA

En el mes de Marzo se realizó monitoreo del campo Fumarólico LA AZUFRERA aledaño al Volcán Santa Isabel, también se tomaron medidas in situ del Manantial Termal EL BOSQUE y de la LAGUNA DEL OTUN. A continuación en la Tabla 6 se muestran los datos fisicoquímicos medidos durante el monitoreo realizado.

Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos de muestras de agua y gases medidos in situ en el Volcán Nevado Santa Isabel.

Nombre/Refer	pH / T(°C)	Conductividad (µs/cm)	T muestra (°C)	T ambiente (°C)
FT El Bosque 2016-03-16	4,13	1090	22,8	14,5
Fumarola La Azufrera 2016-03-16	No aplica	No aplica	85,1	16,8
Laguna del Otún 2016-03-16	7,67	9346	14,3	17,5

7. VOLCÁN PARAMILLO DEL CISNE (VPC)

7.1 SISMOLOGÍA

El Volcán Paramillo del Cisne (VPC) en el mes de Marzo de 2016 continuó presentando actividad sísmica principalmente relacionada con el fracturamiento de roca al interior del edificio volcánico mostrando un incremento notorio en el número de sismos respecto al mes anterior.

7.1.1 Sismos volcano-tectónicos (VT)

Un total de 179 sismos tipo VT asociados a fracturamiento de roca, fueron registrados, durante el mes de Marzo (Figura 78 y Figura 79), mostrando un incremento con relación a de Febrero, cuando se totalizaron 35 eventos. La mayor tasa diaria de sismicidad se registró el 21 de Marzo con la ocurrencia de un incremento en la actividad sísmica, en esta fecha se contabilizaron 100 eventos sísmicos, y se presentó además la más alta liberación de energía sísmica durante el mes, asociada a la máxima magnitud registrada, la cual fue de 2.9 M_L (Magnitud Local), correspondiente al sismo ocurrido a las 04:45 (hora local), localizado al Nororiente del edificio volcánico, a 3.9 km de profundidad (Figura 80), reportado como sentido por funcionarios del PNNN.

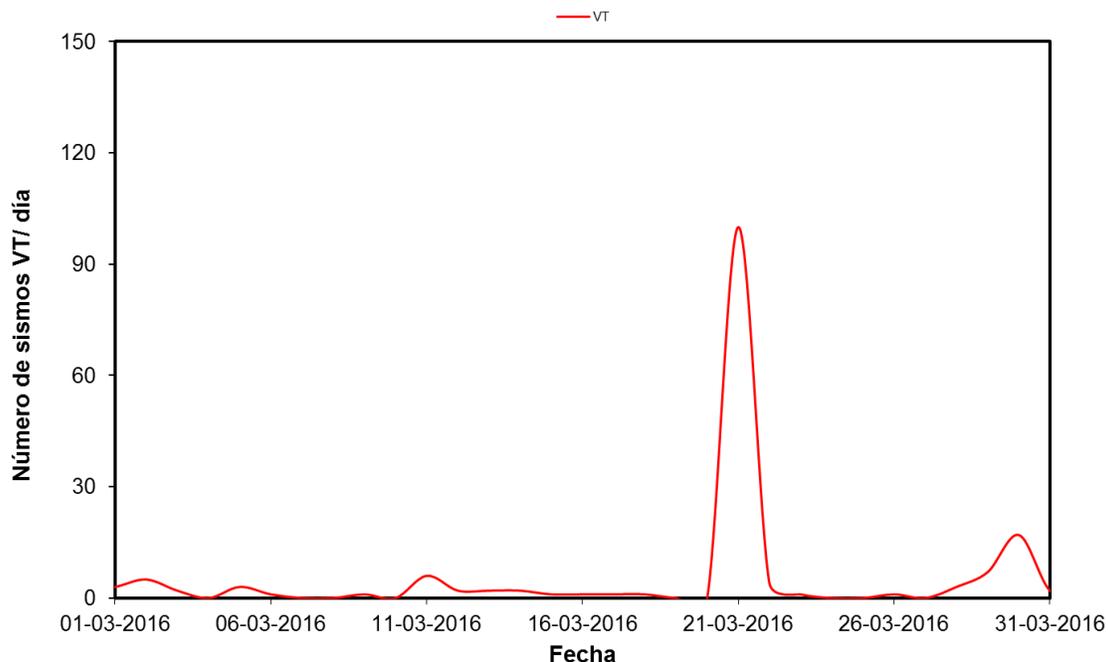


Figura 78. Número de eventos sísmicos tipo VT diarios, ocurridos durante el mes de Marzo de 2016 en el VPC.

La actividad sísmica del VPC se localizó principalmente en la estructura volcánica y al Nororiente de ésta, en esta última fuente se localizaron los sismos del incremento de actividad del día 21 de Marzo. Las profundidades de estos sismos oscilaron entre 2.3 y 5.5 km (Figura 81).

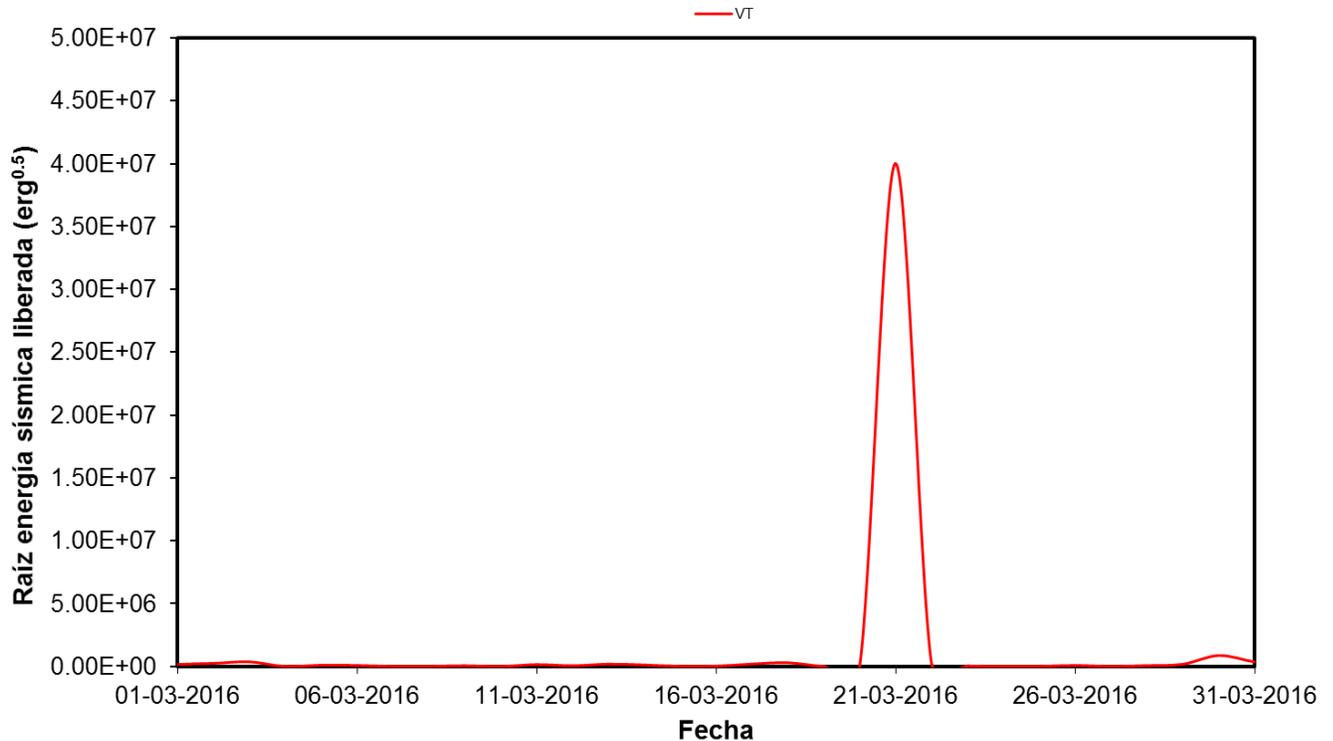


Figura 79. Raíz de la energía sísmica liberada diaria de los eventos sísmicos tipo VT registrados durante el mes de Marzo de 2016, en el VPC.

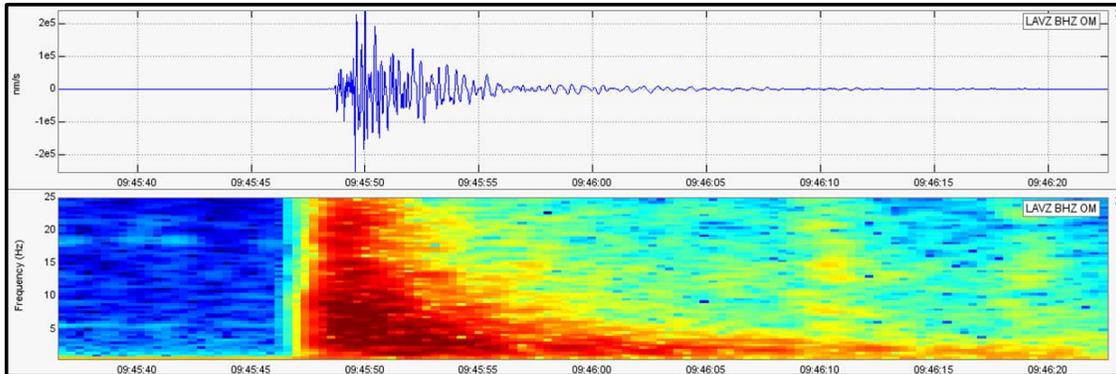


Figura 80. Registro sísmico y espectrograma asociado al evento sísmico tipo VT de mayor energía registrado durante el mes de Marzo para el VPC, ocurrido el día 21 de Marzo a las 04:45 (hora local). Estación LAGUNA VERDE, componente vertical.

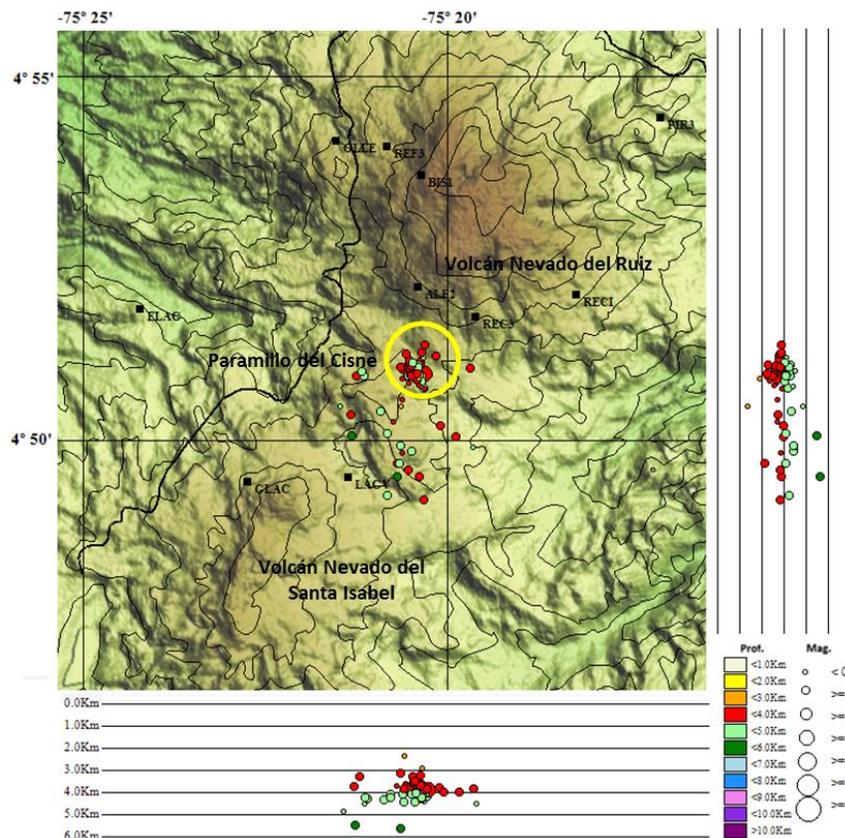


Figura 81. Mapa de localización hipocentral de los sismos volcano-tectónicos (círculos de colores) registrados en el área del VPC, durante el mes de Marzo de 2016. El círculo amarillo demarca la zona de localización del incremento del 21 de Marzo. Los cuadrados negros representan las estaciones sísmológicas.

8. VOLCÁN PARAMILLO DEL QUINDÍO (VPQ)

8.1 SISMOLOGÍA

En el volcán Paramillo del Quindío, durante el mes de Marzo de 2016, la actividad sísmica aumentó en cuanto a número de sismos con respecto al mes anterior, sin embargo los niveles energéticos mostraron una leve disminución.

8.1.1 Sismos volcano-téctonicos

En el volcán Paramillo del Quindío, durante el mes de Marzo de 2016, se registraron 52 eventos sísmicos asociados a fracturamiento de roca, la mayoría de ellos de baja magnitud (Figura 82 y Figura 83). La mayor tasa diaria de eventos (38 sismos) se presentó el día 28 de Marzo, con la ocurrencia de un incremento en la actividad. Los sismos se localizaron al Noroccidente y Occidente del edificio volcánico, a profundidades entre 3.0 y 6.2 km (Figura 84). La mayor magnitud registrada fue de 1.2 M_L (Magnitud Local), correspondiente a un sismo ocurrido el día 28 de Marzo a las 06:10 (hora local), durante el incremento de actividad. Este evento localizado en el edificio volcánico, a una profundidad de 3.5 km, el cual marcó la mayor liberación diaria de energía sísmica del mes. Los demás parámetros monitoreados no mostraron cambios significativos.

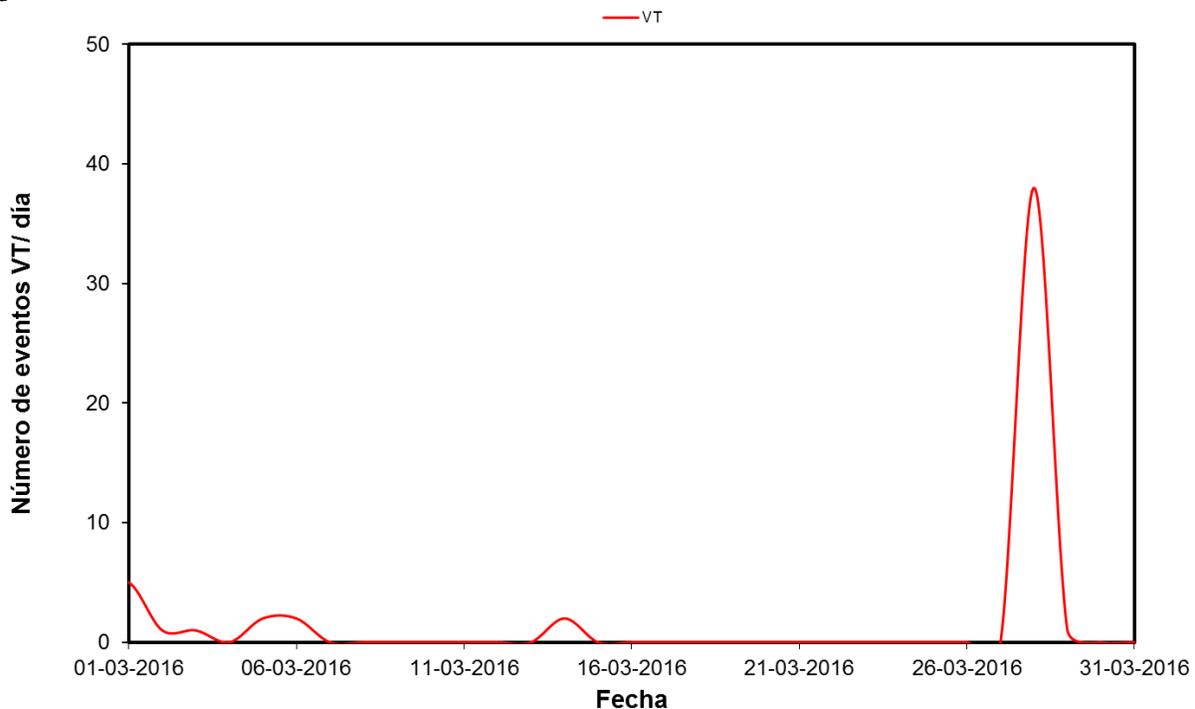


Figura 82. Número de eventos sísmicos diarios tipo VT, ocurridos durante el mes de Marzo de 2016 en el VPQ.

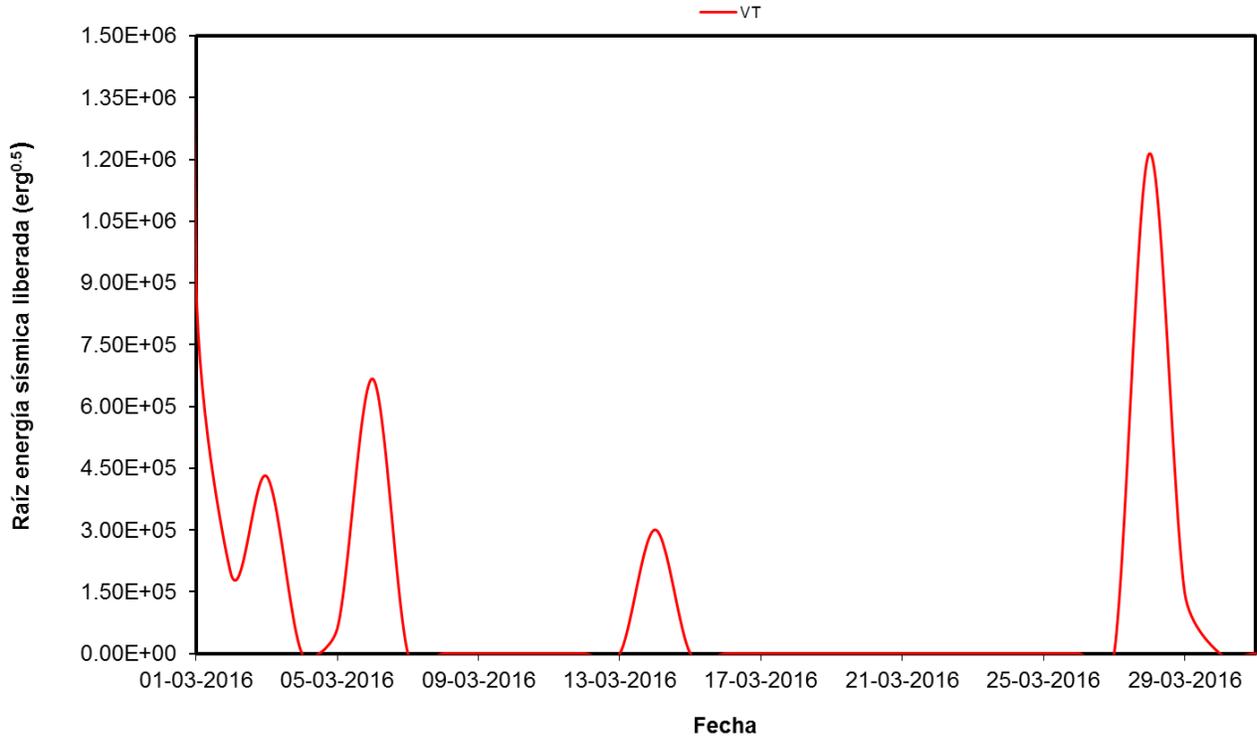


Figura 83. Raíz de la energía sísmica liberada diaria de los eventos sísmicos tipo VT registrados durante el mes de Marzo de 2016, en el VPQ.

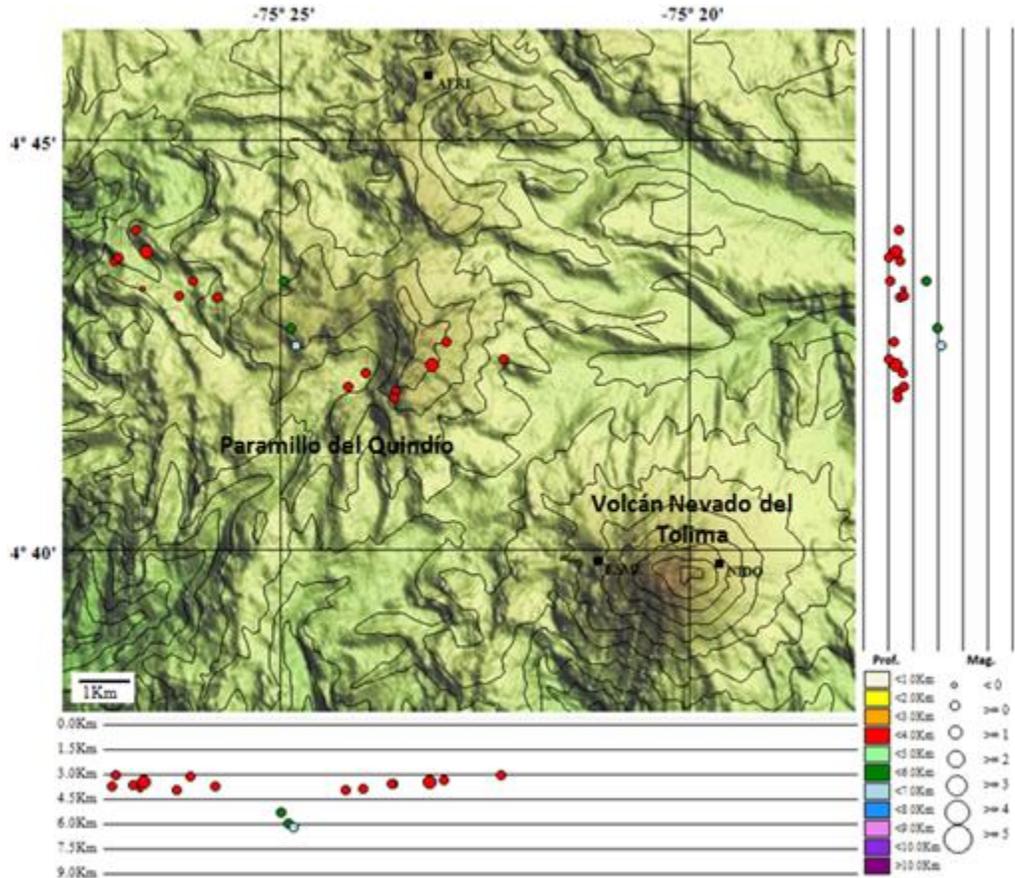


Figura 84. Mapa de localización hipocentral de los sismos volcano-tectónicos (círculos de colores) registrados en el área del VPQ, durante el mes de Marzo de 2016. Los cuadrados negros representan las estaciones sismológicas.

9. VOLCAN SAN DIEGO (VSD)

9.1 RED DE VIGILANCIA

El porcentaje de operación de la red de vigilancia telemétrica para este volcán durante el mes de Marzo fue del **0%**.

Esta red continúa por fuera de operación debido a que aún no se reinstala la estación que fue hurtada en cercanías al municipio de SAMANA.

9.2 SISMOLOGÍA

El volcán San Diego no presentó actividad sísmica durante el mes de Marzo de 2016.

10. VOLCÁN ROMERAL (VR)

10.1 RED DE VIGILANCIA

El porcentaje de operación de la red de vigilancia telemétrica para este volcán durante el mes de Marzo fue del **22,5%** debido a que la única estación en la zona continua con problemas, el monitoreo se realiza con una estación de tipo regional, en cercanías a la zona y que proporciona información de contingencia.

10.2 SISMOLOGÍA

El volcán de Romeral no presentó actividad sísmica durante el mes de Marzo de 2016.

11. ACTIVIDAD TECTÓNICA (ZONA CENTRAL DE COLOMBIA)

11.1 RED DE VIGILANCIA

El porcentaje de operación para la red de vigilancia telemétrica de las estaciones regionales SAN JULIÁN, AGUADAS y MARSELLA durante el mes de Marzo fue del **62.5%**. Este porcentaje bajo se debe a problemas en los equipos de recepción analógicos.

No se realizaron tareas de mantenimiento preventivo ni correctivo en este periodo.

11.2 SISMOLOGÍA

En cuanto a la actividad sísmica tectónica, asociada con fracturas y fallas en la región del Eje Cafetero, durante el mes de Marzo se registraron eventos sísmicos de carácter local,

localizados en las siguientes fuentes sismogénicas: Cordillera Occidental, Romeral, Armenia, Ibagué, Honda-Pulí y Marsella-Pereira (Figura 85).

El Servicio Geológico Colombiano a través de la Red Sismológica Nacional de Colombia, en el mes de Marzo reportó la ocurrencia de sismos en el territorio colombiano, con magnitudes que oscilaron entre 0.5 y 4.8 M_L (Magnitud Local). Los sismos destacados con magnitudes mayores a 2.5 M_L (Magnitud Local) fueron localizados en Remedios, Anorí, Betania, Turbo (Antioquia), Arroyohondo (Bolívar), La Salina (Casanare), Agustín Codazzi, La Jagua de Ibirico (Cesar), Unguía, Juradó, Acandí, Río Quito, Bajo Baudó, Riosucio (Chocó), Puerto Escondido, Ciénaga de Oro (Córdoba), Cucunubá, Gutiérrez, Fúquene, Lenguazaque (Cundinamarca), Gigante, Tesalia, Colombia, (Huila), Rioacha, Manaure, Uribia (La Guajira), Santa Marta (Magdalena), Puerto Gaitán (Meta), Toledo, La Esperanza, Villa del Rosario (Norte de Santander), San Miguel (Putumayo), El Carmen, El Playón, El Peñón Los Santos, Zapatoca, La Belleza, Rionegro, Santa Helana del Opón (Santander), Riofrío, Buga y El Cairo (Valle del Cauca).

En lo referente a la amenaza por actividad volcánica, es importante mencionar que en Colombia existen varios volcanes activos, lo que implica que tanto las autoridades, como la comunidad en general, deben estar permanentemente preparadas y tener activos los planes de contingencia, ante cualquier incremento de dicha actividad.

El monitoreo volcánico es una tarea de todos, si observa caída de ceniza o cambios en los ríos que nacen en los diferentes volcanes por favor repórtelo al observatorio.

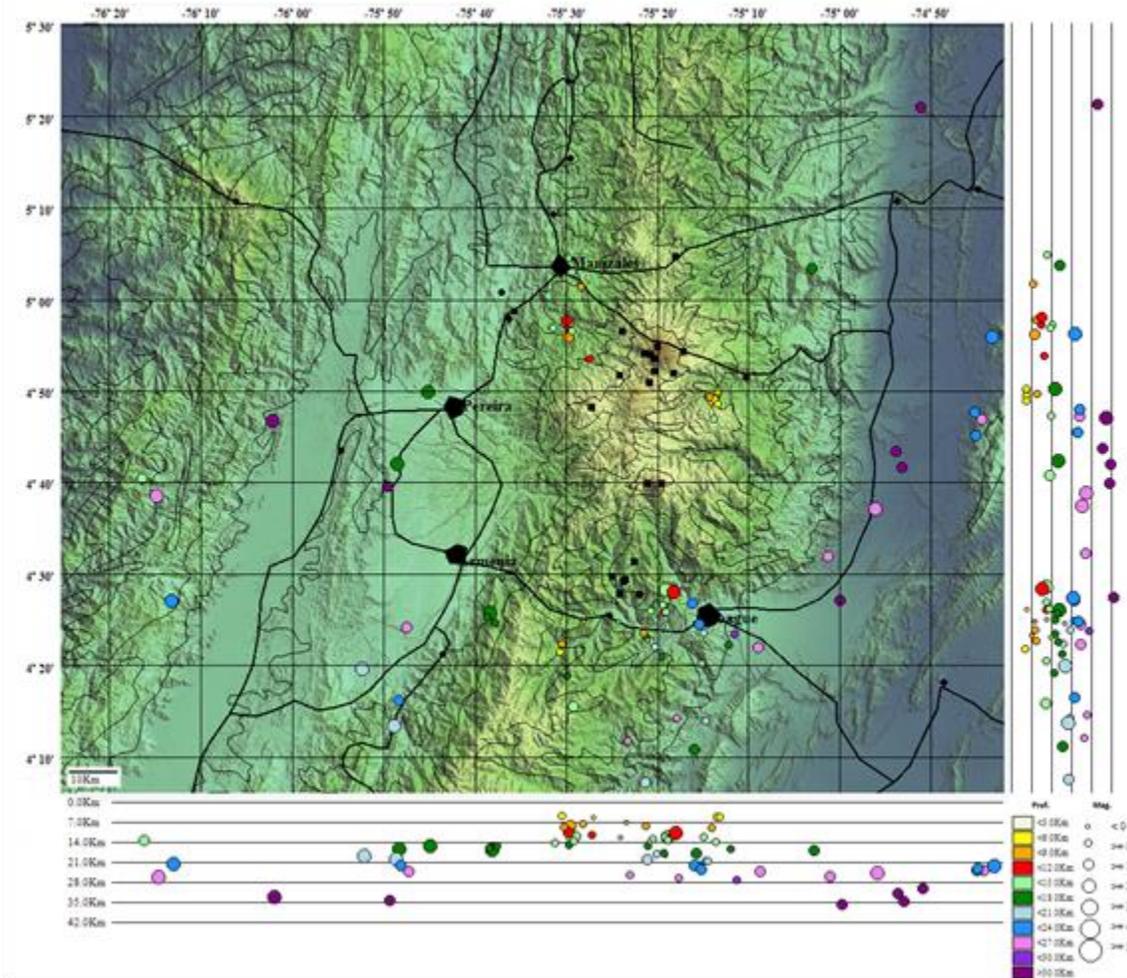


Figura 85. Mapa de localización hipocentral de sismos tectónicos locales en la región central de Colombia, Marzo de 2016.

CONCLUSIONES

- Durante el mes Marzo de 2016 los volcanes del segmento Norte de Colombia (San Diego, Romeral, Cerro Bravo, Nevado del Ruiz, Paramillo de Santa Rosa, Paramillo del Cisne, Nevado de Santa Isabel, Paramillo del Quindío, Nevado del Tolima y Cerro Machín) conservaron sus niveles de actividad. El volcán Nevado del Ruiz continúa mostrando un comportamiento inestable. Los demás edificios volcánicos mostraron un comportamiento estable.
- El volcán Nevado del Ruiz (VNR) mostró un aumento de sismos asociados con el fracturamiento de roca y movimiento de fluidos al interior del edificio volcánico, tanto en el número y energía de los eventos sísmicos con respecto al mes anterior. Este tipo de actividad presentó niveles energéticos que son destacables dentro del reciente ciclo de inestabilidad del volcán iniciado a finales del año 2010 y particularmente desde Noviembre de 2014. Los sismos volcano-tectónicos se localizaron en los sectores norte, norte distal, nororiental, occidental y suroccidental con respecto al Cráter Arenas, y en menor proporción en el cráter y en los sectores oriental, sur y suroriental con respecto al mismo. El sismo de mayor magnitud durante el mes fue registrado el día 29 de Marzo a las 20:02 (hora local) localizado al Norte del cráter, con una magnitud de 3.4 M_L (Magnitud Local) y a una profundidad de 3.0 km. En cuanto a la actividad sísmica relacionada la dinámica de fluidos al interior de cavidades y conductos volcánicos, también mostró un aumento (en número y energía) con respecto al mes de Febrero, y se localizaron en el cráter Arenas y en flanco suroriental y noroccidental de la estructura volcánica. Los pulsos de tremor volcánico y los episodios de tremor volcánico continuo se caracterizaron por presentar niveles energéticos y duraciones muy variables, algunos de ellos estuvieron asociados a pequeñas emisiones de ceniza.
- En el mes de Marzo, se registraron nuevamente varios episodios de sismicidad VT tipo *Drumbeat*, caracterizados por presentar un muy bajo nivel energético. Esta sismicidad puede estar relacionada con el crecimiento del domo.
- Durante el mes de Marzo se presentaron anomalías térmicas bajas a moderadas. Se destaca la anomalía ocurrida el día 24 de Marzo de 2016, con un valor de 4 MW, correspondiente con el máximo valor reportado en cercanías del cráter Arenas por el portal MIROVA. Dichas anomalías confirman la inestabilidad del Nevado del Ruiz y corroboran que el proceso volcánico continúa en evolución.
- Se registraron columnas de gases y ceniza de hasta 3500 m de altura. Fue posible confirmar a través de las cámaras web instaladas en diferentes sectores del volcán unas 44 pequeñas emisiones de ceniza en el VNR.
- El volcán Cerro Machín (VCM), durante el mes de Marzo presentó un leve incremento en el número de sismos registrados asociados a fracturamiento de roca dentro del edificio

volcánico, con respecto al mes de Febrero. El sismo de mayor magnitud se registró el día 06 de Marzo a las 04:26 (hora local), con una magnitud de 0.8 M_L (Magnitud Local), localizado al Suroccidente del domo, a una profundidad de 11.1 km.

- Los volcanes Nevado de Santa Isabel (VNSI) y Paramillo de Santa Rosa (VPSR) mostraron una disminución en la actividad sísmica relacionada con el fracturamiento de roca al interior del edificio. Por el contrario los volcanes Paramillo del Cisne (VPC) y Paramillo de Quindío (VPQ) presentaron un incremento en la sismicidad. Se destaca el evento registrado el 21 de Marzo al Nororiente del edificio volcánico de VPC, el cual tuvo una magnitud de 2.9 M_L (Magnitud Local), a 3.9 km de profundidad y que fue reportado como sentido por personal del PNNN que se encontraba en la zona.
- La actividad sísmica de origen tectónico en la parte central del territorio colombiano se localizó principalmente en las fuentes sismogénicas: Cordillera Occidental, Romeral, Armenia, Ibagué, Honda-Pulí y Marsella-Pereira.
- En el mes de Marzo se contó con la operación de las Estaciones DOAS: OLLETA, ALFOMBRALES e INDERENA en el VNR, se cuantificaron descargas de SO₂ que superaron las 11000 Ton/día. Las estaciones de monitoreo de Gas Radón para el Volcán Nevado del Ruiz mostraron estabilidad durante todo el mes. En el VCM no se presentaron cambios en los niveles de Gas radón de las dos estaciones que funcionaron correctamente durante el mes de Marzo.
- Algunas de las estaciones de la red de deformación del VNR continúan evidenciando cambios deformativos, claramente relacionados con el actual estado de actividad del volcán, y con los cambios mostrados, tanto en la actividad sísmica como geoquímica. La estación de inclinometría electrónica REFU, ha mostrado un cambio acumulado de 900 μ rad desde el 2012 hasta enero de 2016, comportamiento claramente relacionado con el actual ciclo de actividad del VNR.
- Los inclinómetros electrónicos de la red de deformación del VCM mantienen en general estabilidad, a excepción del inclinómetro electrónico CIMA ubicado en el domo principal, el cual viene presentando algunos cambios acumulados muy importantes, lo cual obedece probablemente a procesos de origen local.
- Las estaciones GPS instaladas en los volcanes NR, CM y NSI operaron de manera óptima y los datos recolectados presentan buena calidad, mostrando buena correlación con los procesos deformativos mostrados en el volcán Nevado del Ruiz durante los últimos años, al igual que con la estabilidad del volcán Cerro Machín.
- Algunos de los inclinómetros electrónicos instalados en los volcanes Nevado de Santa Isabel y Tolima registraron cambios importantes, lo cual indica que están ocurriendo procesos deformativos importantes en estas estructuras.



- El inclinómetro electrónico instalado en el volcán Cerro Bravo mantiene estabilidad, comportamiento acorde con el estado de actividad de este volcán.