



Dirección de
Geoamenazas

INFORME TÉCNICO – OPERATIVO DE LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA

SEGMENTO VOLCANICO NORTE DE COLOMBIA - ENERO DE 2021

Manizales, febrero de 2021



Dirección de
Geoamenazas

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO ©

Oscar Paredes Zapata

Director General

Marta Lucia Calvache Velasco

Director Técnico de Geoamenazas

Maria Luisa Monsalve Bustamente

Coordinadora del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales

Cristian Mauricio López Vélez

Coordinador Evaluación y Monitoreo de la Actividad Volcánica

AUTORES

Beatriz Elena Galvis

Claudia Patricia Álvarez

Milton Ordoñez

Álvaro Esteban Acevedo

Juan José Idárraga

Julián Ramírez

Lina Constanza García

Lina Marcela Castaño

Oscar Sanabria

Zoraida Chacón

John Makario Londoño

César Augusto Vega

Julián Orlando Peña

Ricardo Méndez

Grupo de trabajo de Evaluación y monitoreo de actividad volcánica. SGC - Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales.

CONTENIDO

RESUMEN	4
ABSTRACT	5
INTRODUCCIÓN	6
1 RED DE VIGILANCIA VOLCÁNICA	3
2 ACTIVIDAD VOLCÁNICA	3
2.1 Volcanes en nivel de actividad amarillo	3
2.1.1 Volcán Nevado del Ruiz (VNR)	3
2.1.1.1 Geofísica	3
2.1.1.2 Geodesia (Deformación)	7
2.1.1.3 Geoquímica	10
2.1.1.4 Actividad superficial y anomalías térmicas	11
2.1.1.5 Diagnóstico de la actividad del volcán Nevado del Ruiz	13
2.1.2 Volcán Cerro Machín (VCM)	14
2.1.2.1 Geofísica	14
2.1.2.2 Geodesia (Deformación)	17
2.1.2.3 Geoquímica	19
2.1.2.4 Diagnóstico de la actividad volcánica del Volcán Cerro Machín	19
2.2 Volcanes en nivel de actividad verde	20
2.2.1 Geofísica	20
2.2.2 Geodesia (Deformación)	23
2.2.3 Diagnóstico de la actividad volcánica	24
CONCLUSIONES	25

RESUMEN

Durante enero de 2021, los volcanes del Segmento Volcánico Norte de Colombia (SVNC) continuaron con los mismos niveles de actividad. El Volcán Nevado del Ruiz (VNR) continúa emitiendo a la atmósfera cantidades significativas de gases, principalmente dióxido de azufre y vapor de Agua, y continúa en Nivel de Actividad Amarillo. El volcán Cerro Machín (VCM) registró sismicidad asociada a fracturamiento de roca y continua en Nivel de Actividad Amarillo. Los demás volcanes del SVNC presentaron variaciones menores en los parámetros monitoreados y permanecieron en Nivel de Actividad Verde. La sismicidad registrada en el VNR durante enero de 2021 estuvo asociada principalmente al fracturamiento de rocas (volcano-tectónica) en inmediaciones de la estructura volcánica y a la dinámica de fluidos dentro de los conductos volcánicos. La actividad sísmica relacionada con el movimiento de fluidos al interior de los conductos volcánicos se caracterizó por el registro de tremor volcánico continuo (TC), sismos de largo periodo (LP), muy largo periodo (VLP) y pulsos de tremor volcánico (TR). La deformación no registró grandes cambios.

El VCM registró durante enero de 2021 señales sísmicas asociadas principalmente al fracturamiento de roca en las inmediaciones del volcán. Esta actividad sísmica presentó bajas tasas diarias de sismicidad y niveles energéticos bajos, mostrando un pequeño incremento con respecto a la actividad sísmica registrada en meses previos. La sismicidad registrada en el VCM se localizó en el sur-occidente del domo principal y, en menor proporción, en el sector oriental de la estructura volcánica. Las profundidades de los sismos localizados durante el mes estuvieron entre 0.4 y 5.2 km. El VCM no registró deformaciones.

Los volcanes en Nivel de Actividad Verde presentaron bajos niveles de actividad sísmica con respecto al mes anterior, estabilidad en la superficie volcánica y no mostraron cambios en los demás parámetros geofísicos, geoquímicos y geológicos monitoreados. La sismicidad registrada fue principalmente de tipo VT con un bajo nivel energético.

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

ABSTRACT

During January 2021, the volcanoes of the Northern Volcanic Segment of Colombia (NVSC) continued with the same levels of activity. The Nevado del Ruiz Volcano (NRV) continues to emit significant amounts of gases into the atmosphere, mainly sulfur dioxide and water vapor, and continue in the Yellow Activity Level. The Cerro Machín volcano (CMV) registers seismicity associated with rock fracturing and continues in the Yellow Activity Level. The other volcanoes of the NVSC presented minor variations in the monitored parameters and remained at the Green Activity Level.

The seismicity recorded in the VNR during January 2021, mainly associated with the fracturing of rocks (volcano-tectonics) in the vicinity of the volcanic structure and the dynamics of fluids within the volcanic conduits. The seismic activity related to the movement of fluids inside the volcanic conduits was characterized by the record of continuous volcanic tremor (TC), long-period earthquakes (LP), very long period (VLP) and volcanic tremor pulses (TR). The deformation did not register changes.

During January 2021, the CMV registered seismic signals mainly associated with rock fracturing in the vicinity of the volcano. This seismic activity presented low daily rates of seismicity and low energy levels, showing a small increase with respect to the seismic activity registered in previous months. The seismicity of the VCM occurred towards the south-west of the main dome, and to a lesser extent in the eastern sector of the volcanic structure. The depth of the earthquakes located during the month were between 0.4 and 5.2 km. The VCM did not register deformations.

The volcanoes in Green Activity Level presented low levels of seismic activity with respect to the previous month, stability in the volcanic surface and did not show changes in the other geophysical, geochemical and geological parameters monitored. The seismicity recorded was mainly VT type with a low energy level.

Based on the integral evaluation of the parameters that are continuously monitored, it is established that the volcanoes Nevado del Ruiz and Cerro Machín continue in "LEVEL YELLOW  (or III): Changes in the behavior of the volcanic activity". The volcanoes Nevado del Tolima, Cerro Bravo, Nevado Santa Isabel, Paramillo del Cisne, Paramillo del Quindío, Paramillo de Santa Rosa, San Diego and Romeral continue in "GREEN LEVEL  (or IV): active volcano and stable behavior".

INTRODUCCIÓN

De conformidad con las disposiciones del Decreto 4131 de 2011, el Servicio Geológico Colombiano (SGC), como instituto científico y técnico, adscrito al Ministerio de Minas y Energía, reconocido por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (COLCIENCIAS) como centro de investigación (Resolución No. 1057 del 02 de diciembre de 2014), le corresponde investigar eventos de origen geológico generadores de amenazas y evaluar su impacto en el ámbito regional y nacional, así como proponer, evaluar y difundir metodologías de evaluación de amenazas con afectaciones departamentales y municipales.

Es así como el SGC a través de la dirección de Geoamenazas, ha implementado una red de tres Observatorios Vulcanológicos y Sismológicos en las ciudades de Manizales, Popayán y Pasto con el fin de monitorear los volcanes considerados como activos del país. El Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales (OVS-Manizales), creado en abril de 1986, se encarga de realizar monitoreo continuo de los volcanes pertenecientes al Segmento Volcánico Norte de Colombia (SVNC), comprendido entre las coordenadas geográficas 4° 22' 01" y 5° 44' 28" de la latitud Norte y 74° 50' 42" y 75° 49' 26" de longitud Oeste, como son San Diego, Romeral, Cerro Bravo, Nevado del Ruiz, Paramillo del Cisne, Nevado de Santa Isabel, Paramillo de Santa Rosa, Paramillo del Quindío, Complejo Volcánico Cerro España, Nevado del Tolima y Cerro Machín, así como los demás centros volcánicos situados dentro del SVNC (Figura 1). Estos volcanes se encuentran localizados en los departamentos de Caldas, Risaralda, Quindío y Tolima.

En este informe, el SGC presenta un compendio de la actividad de dichos volcanes correspondiente a enero de 2021. Se compila la información obtenida a través de las redes de vigilancia instaladas en los alrededores de los centros volcánicos, la cual es procesada y analizada por el equipo técnico que conforma el grupo de trabajo Evaluación y Monitoreo de Actividad Volcánica en Manizales.

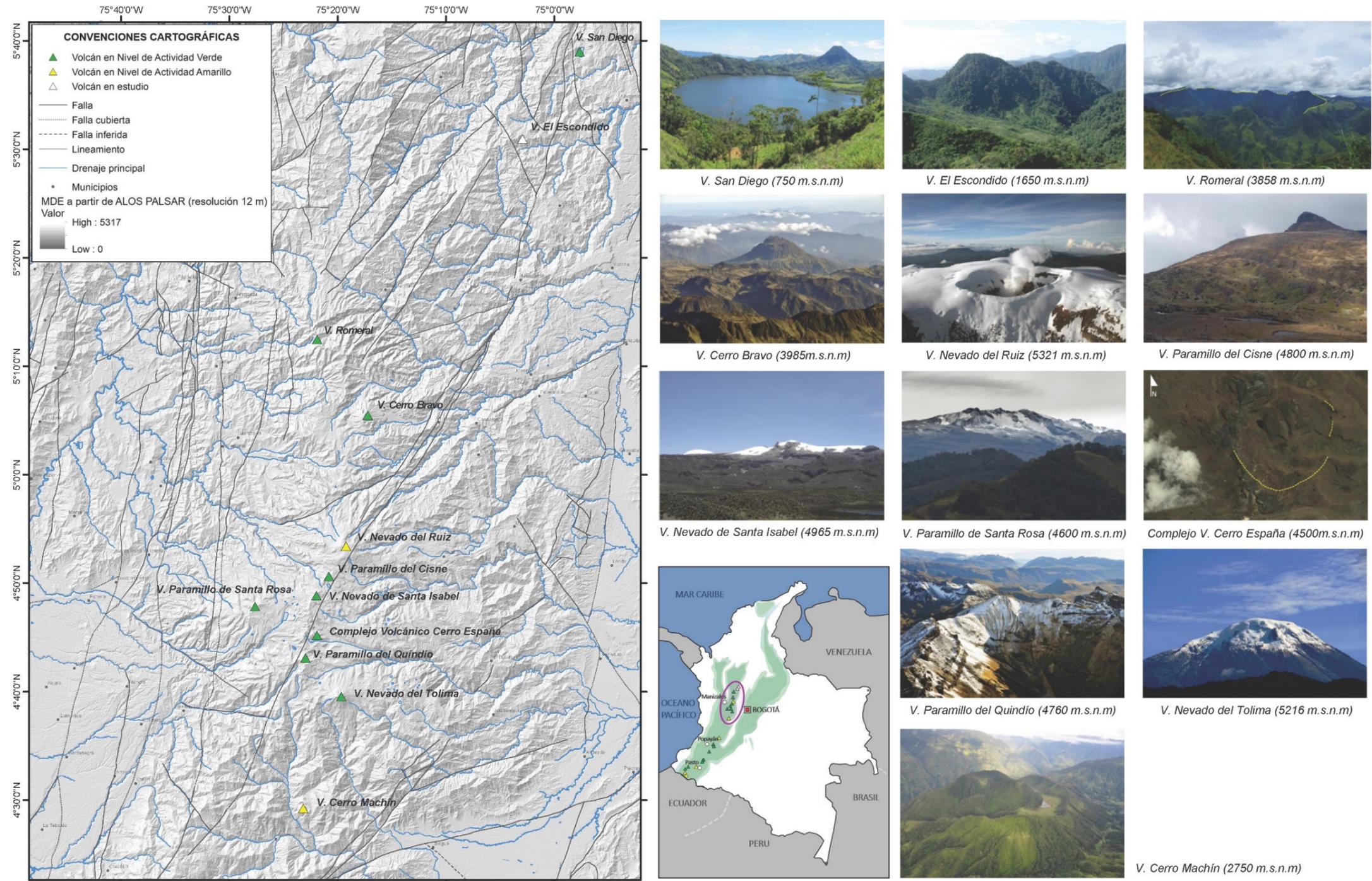


Figura 1. Mapa de sombras donde se observa la localización de los volcanes que conforman el Segmento Volcánico Norte de Colombia. A la derecha se observan fotografías de los volcanes con su respectiva altura sobre el nivel medio del mar.

1 RED DE VIGILANCIA VOLCÁNICA

La red de vigilancia telemétrica de los volcanes del SVNC está conformada por 158 estaciones ubicadas en campo (157 telemétricas y 1 portátil). Se cuenta con sensores de monitoreo geofísico, geodésico y geoquímico. La red se complementa con repetidores de comunicaciones cuyo propósito es transmitir la información desde cada estación hasta la sede del observatorio en la ciudad de Manizales (Figura 2). El porcentaje de funcionamiento de la red telemétrica durante enero de 2021 fue del 83.11%.

Durante enero de 2021 no se realizaron trabajos de mantenimiento en la red de monitoreo en campo. Se llevaron a cabo tareas de mantenimiento sobre los equipos de recepción de telemetrías y de suministro eléctrico en la sede del observatorio en Manizales.

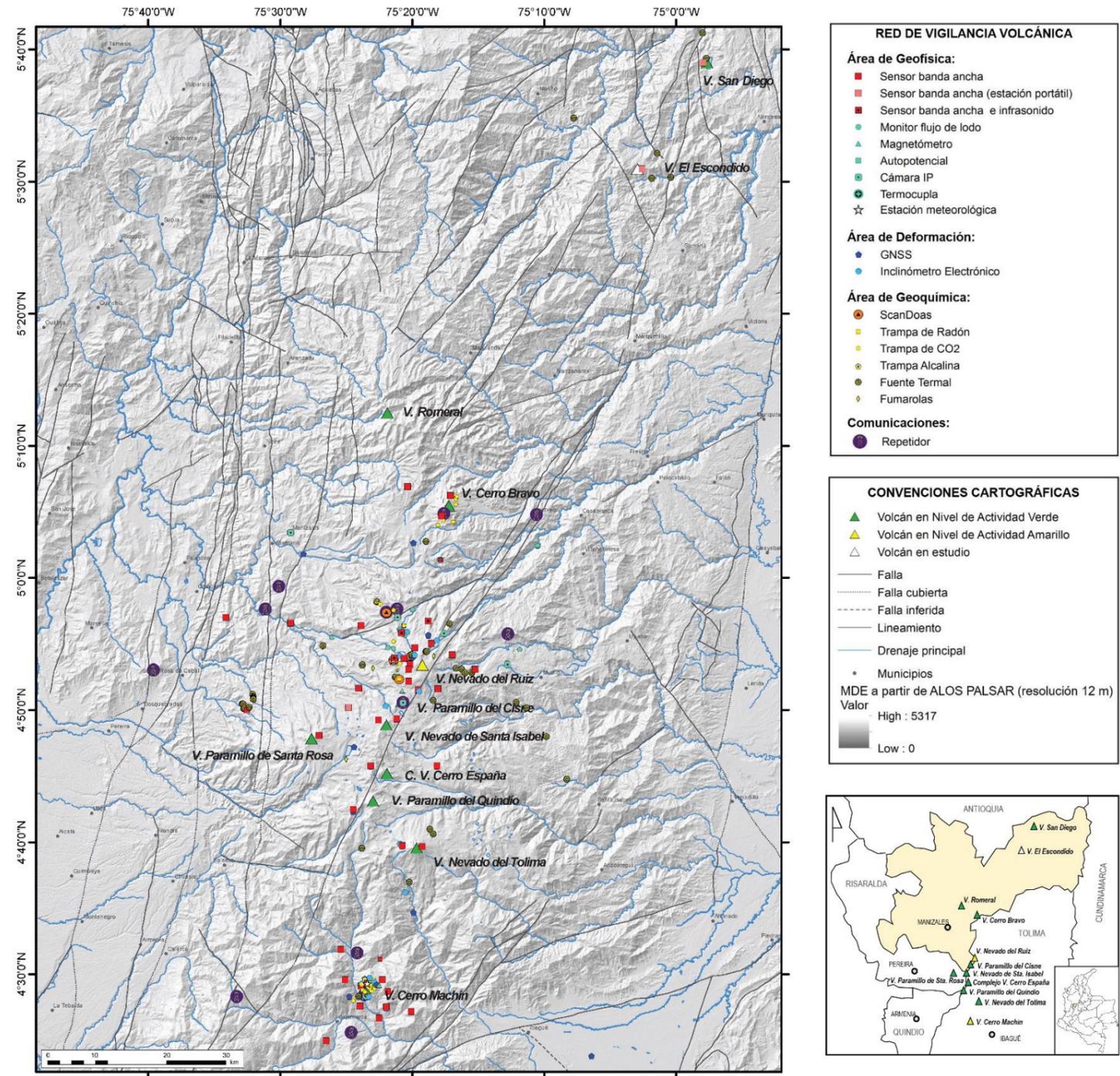


Figura 2. Red de vigilancia de los volcanes del Segmento Volcánico Norte de Colombia.

2 ACTIVIDAD VOLCÁNICA

Basados en los resultados de los datos obtenidos en las diferentes disciplinas de monitoreo volcánico, el Servicio Geológico Colombiano (SGC) ha establecido cuatro niveles para determinar la intensidad de la actividad volcánica. Estos niveles son: Nivel Verde (o IV: volcán activo y comportamiento estable), Nivel Amarillo (o III: cambios en el comportamiento de la actividad volcánica), Nivel Naranja (o II: erupción probable en términos de días o semanas) y Nivel Rojo (o I: erupción inminente o en curso).

2.1 Volcanes en nivel de actividad amarillo

Para establecer el Nivel Amarillo  o III (nivel en que está la actividad de varios volcanes en Colombia) se deben considerar variaciones en los niveles de los parámetros derivados de la vigilancia que indican que el volcán está por encima del estado base y que el sistema es inestable pudiendo evolucionar aumentando o disminuyendo esos niveles. Pueden registrarse fenómenos como enjambres de sismos, algunos de ellos sentidos; emisiones de ceniza, *lahares*, cambios morfológicos, ruidos y olores de gases volcánicos entre otros, que pueden alterar la calidad de vida de las poblaciones en la zona de influencia volcánica.

2.1.1 Volcán Nevado del Ruiz (VNR)

Para realizar el diagnóstico de la actividad volcánica en el VNR, el SGC lleva a cabo un monitoreo continuo y permanente del volcán basado en la observación visual y la aplicación de diferentes técnicas especializadas (geofísica, geodesia, geoquímica y geovulcanología). A continuación se presentan los datos de los parámetros monitoreados en el VNR durante enero de 2021:

2.1.1.1 Geofísica

Los datos del monitoreo sismológico obtenidos en enero muestran que la sismicidad registrada en el VNR estuvo asociada principalmente al fracturamiento de rocas (volcano-tectónica, VT) en las inmediaciones del volcán y a la dinámica de fluidos dentro de los conductos volcánicos. También se presentaron señales sísmicas relacionadas con la dinámica del glaciar que cubre la parte alta del volcán.

La sismicidad volcano-tectónica asociada a fracturamiento de rocas disminuyó en el número de sismos (Figura 3) y en la energía sísmica liberada con respecto a diciembre (Figura 4).

Estos eventos sísmicos se localizaron principalmente en los sectores sur-suroccidente, suroriente, nororiente, y cráter Arenas y, en menor proporción, en los sectores norte, occidente y suroccidente del volcán (Figura 5). Las profundidades de los eventos oscilaron entre 0.1 y 6.9 km. Se destaca un incremento sísmico registrado el 10 de enero localizado en el sector suroriente (aproximadamente a 2.5 km del cráter Arenas) y a profundidades entre 2.7 y 4.5 km. La mayor magnitud registrada durante el mes fue de 2.2 ML (Magnitud Local) correspondiente a un sismo ocurrido durante el incremento del 10 de enero a las 18:45 (hora local), localizado al suroriente del cráter Arenas y a 3.4 km de profundidad.

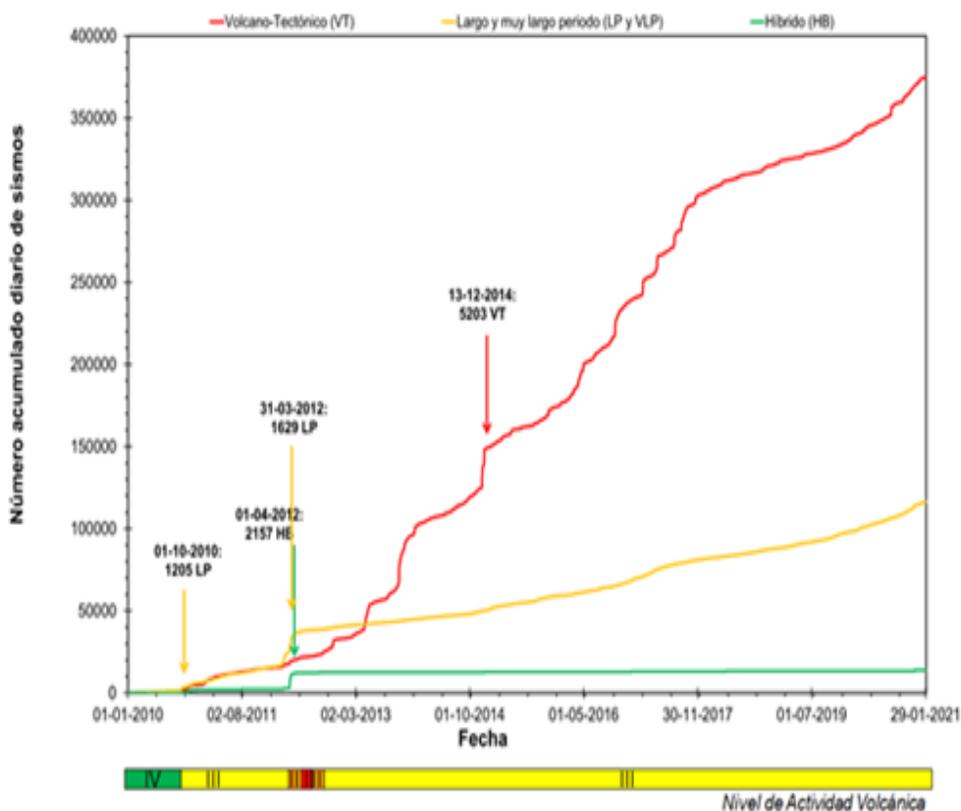


Figura 3. Número acumulado de la sismicidad diaria de tipo VT, LP-VLP, TR y HB registrada en el VNR entre el 01 de enero 2010 y el 31 de enero de 2021. Las flechas destacan los días con mayor registro (número) de eventos sísmicos

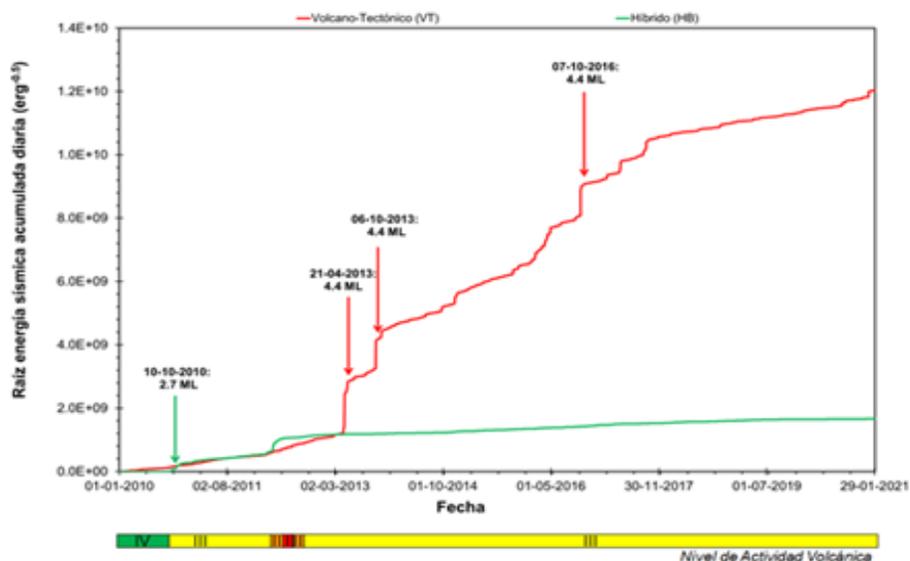


Figura 4. Raíz de la energía sísmica acumulada de la sismicidad diaria de tipo VT y HB registrada en el VNR entre el 01 de enero de 2010 y el 31 de enero de 2021. Las flechas destacan los días de mayor liberación de energía sísmica. Para cada fecha se indica la Magnitud Local (ML) máxima registrada

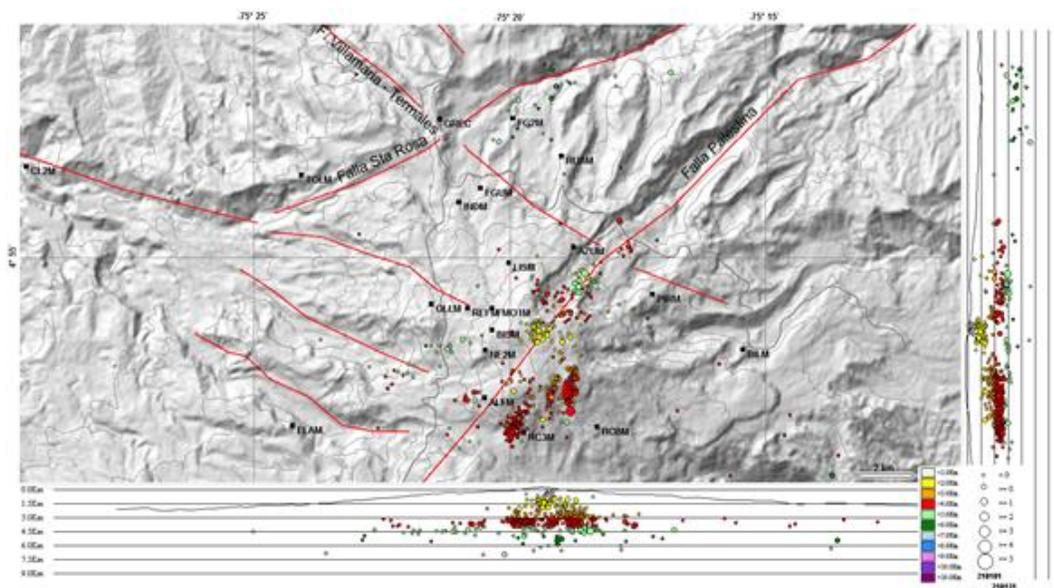


Figura 5. Mapa de localización de los sismos VT (círculos de colores) registrados en el VNR durante enero de 2021. Los cuadros de color negro representan las estaciones, la escala de colores a la derecha representa las profundidades y los círculos en blanco representan las magnitudes de los sismos

Con respecto a la sismicidad tipo “drumbeat”, se registraron dos episodios durante el mes caracterizados por ser de corta duración, baja energía, estar asociados a

fracturamiento de roca, ocurrir a intervalos de tiempo regular y presentar formas de onda y energía similares.

Esta actividad sísmica tipo “*drumbeat*” está relacionada con el ascenso, emplazamiento, crecimiento y evolución de un domo de lava¹ observado en el fondo del cráter Arenas desde octubre de 2015.

La sismicidad relacionada con la dinámica de fluidos dentro de los conductos volcánicos disminuyó con respecto a diciembre de 2020 (Figura 3) y se localizó en el cráter Arenas y en sus alrededores. Esta sismicidad estuvo caracterizada por la ocurrencia de tremor volcánico continuo (TC), pulsos de tremor (TR), sismos de largo periodo (LP) y de muy largo periodo (VLP), y presentó niveles energéticos y contenidos espectrales variables. También mostró disminución en los desplazamientos reducidos (DR) con respecto al mes anterior, alcanzando valores de hasta 4.7 cm² (Figura 6).

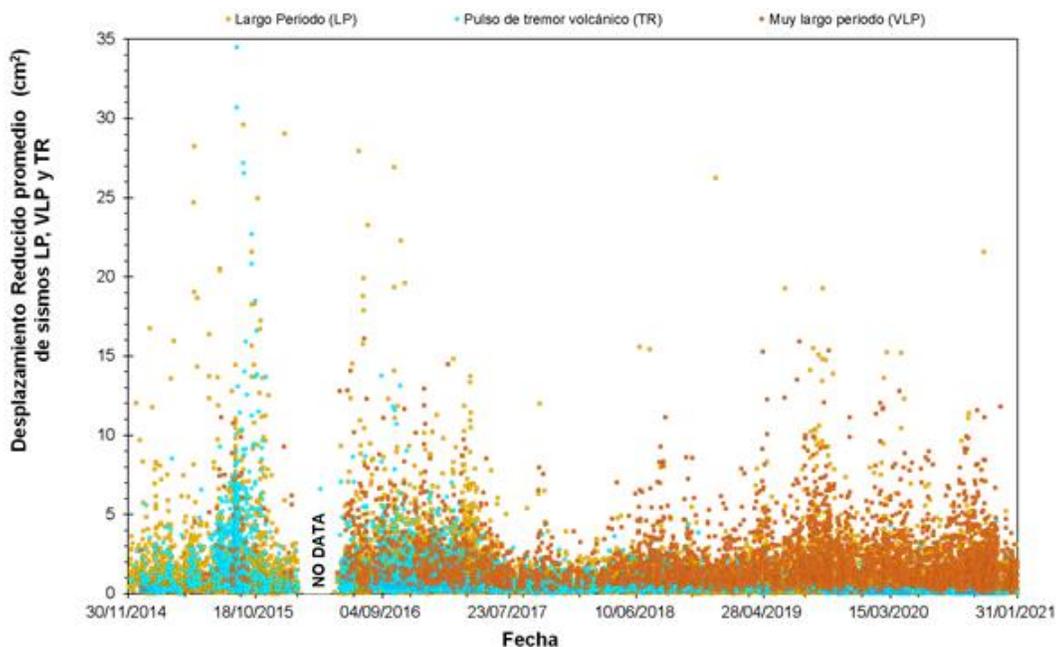


Figura 6. Desplazamiento reducido promedio de la sismicidad tipo LP, VLP y TR registrados en el VNR entre noviembre de 2014 y enero de 2021

¹ Domo de lava: es un montículo de lava (roca fundida) viscosa que se emplaza a través del conducto de emisión de un volcán hacia la superficie. La tasa de crecimiento de los domos puede variar de horas a días, años o cientos de años, y estos pueden alcanzar volúmenes de decenas de metros hasta varios kilómetros cúbicos (Calder, et al., 2015)

El tremor volcánico continuo (TC) se registró de forma ininterrumpida durante enero de 2021 y presentó bajos niveles energéticos y un rango espectral amplio de 1.0 a 15 Hz, y de 2.0 a 6.0 Hz para los eventos de mayor energía.

La sismicidad asociada a la dinámica glaciaria y/o procesos de movimientos en masa mantuvo niveles similares en comparación con diciembre de 2020. La mayoría de estas señales sísmicas estuvieron asociadas a procesos de fracturamiento del casquete glaciario, caídas de roca, pequeñas avalanchas generadas por deshielo o fuertes precipitaciones.

2.1.1.2 Geodesia (Deformación)

En enero de 2021, el VNR no registró grandes deformaciones evidenciadas mediante los datos obtenidos de la posición de las estaciones GNSS permanentes, el monitoreo de la longitud de líneas base de las estaciones GNSS y los inclinómetros electrónicos.

Las estaciones GNSS mantienen estabilidad y no registran deformaciones como lo evidencian las estaciones GUALI y OLLETA (Figura 7 y Figura 8).

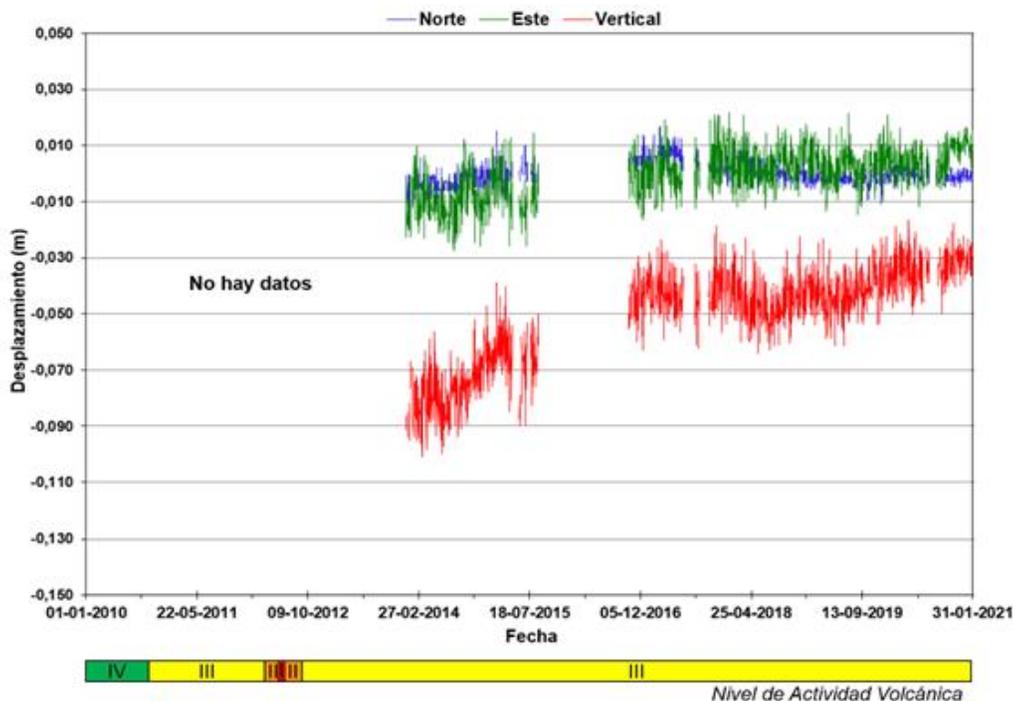


Figura 7. Comportamiento de las componentes Norte, Este y Vertical de la estación GNSS GUALI del VNR desde enero de 2010 hasta enero de 2021

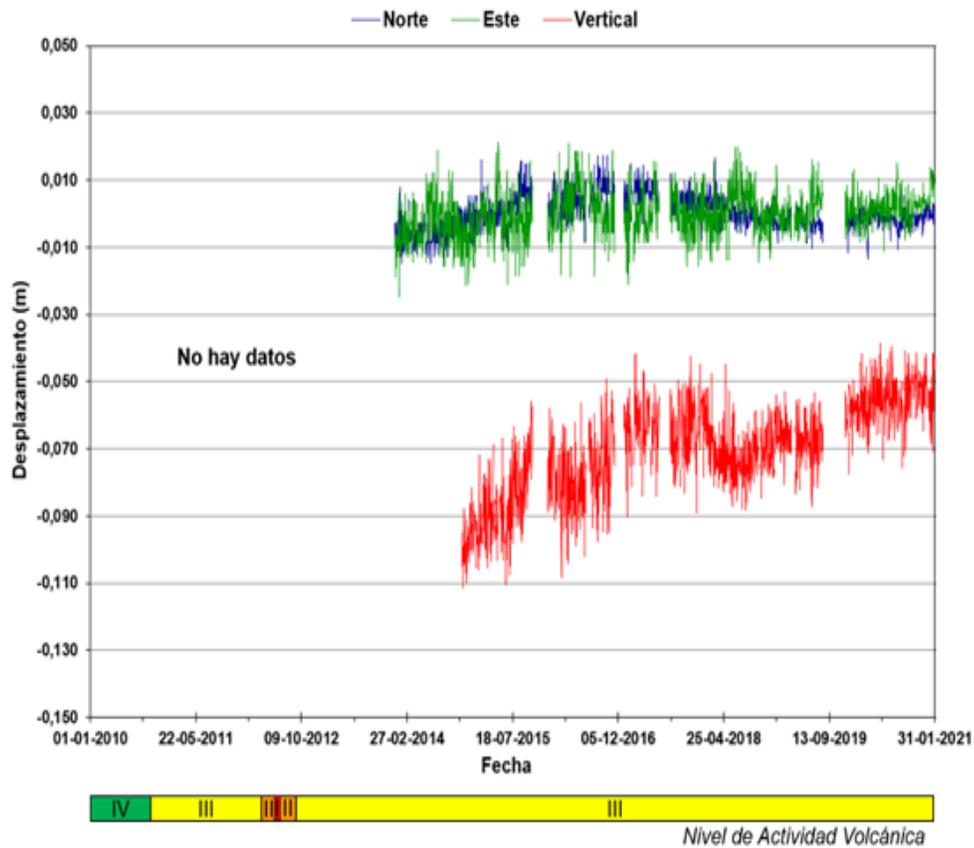


Figura 8. Comportamiento de las componentes Norte, Este y Vertical de la estación GNSS OLLETA del VNR desde enero de 2010 hasta enero de 2021

El inclinómetro electrónico REFUGIO (Figura 9) continúa presentado oscilaciones en las componentes Norte y Este debido al efecto de la temperatura; sin embargo, registra estabilidad en las 2 componentes.

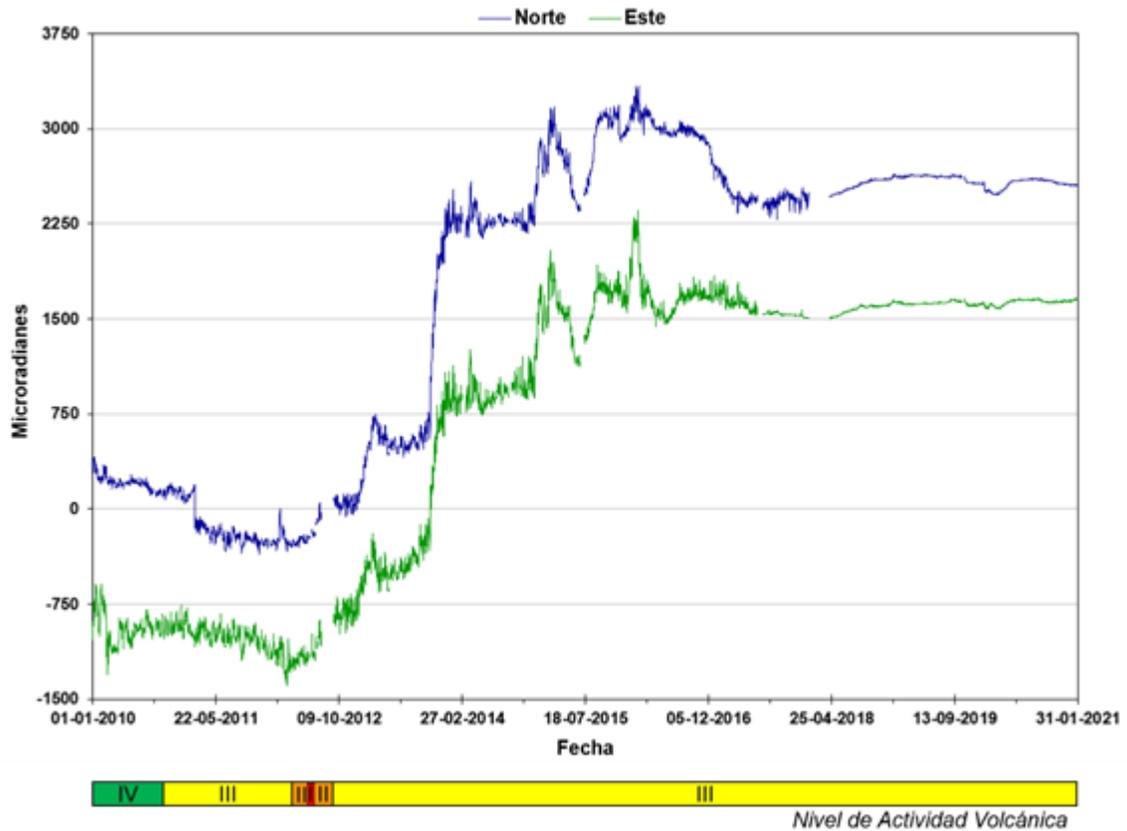


Figura 9. Comportamiento de las componentes Norte y Este del inclinómetro electrónico REFUGIO del VNR desde enero de 2010 hasta enero de 2021

El inclinómetro electrónico BIS2 (Figura 10) continúa presentado grandes oscilaciones en las componentes Norte y Este debido al efecto de la temperatura. Las componentes Este y Norte registraron un incremento de 140 μ rad desde agosto de 2019 hasta enero de 2021.

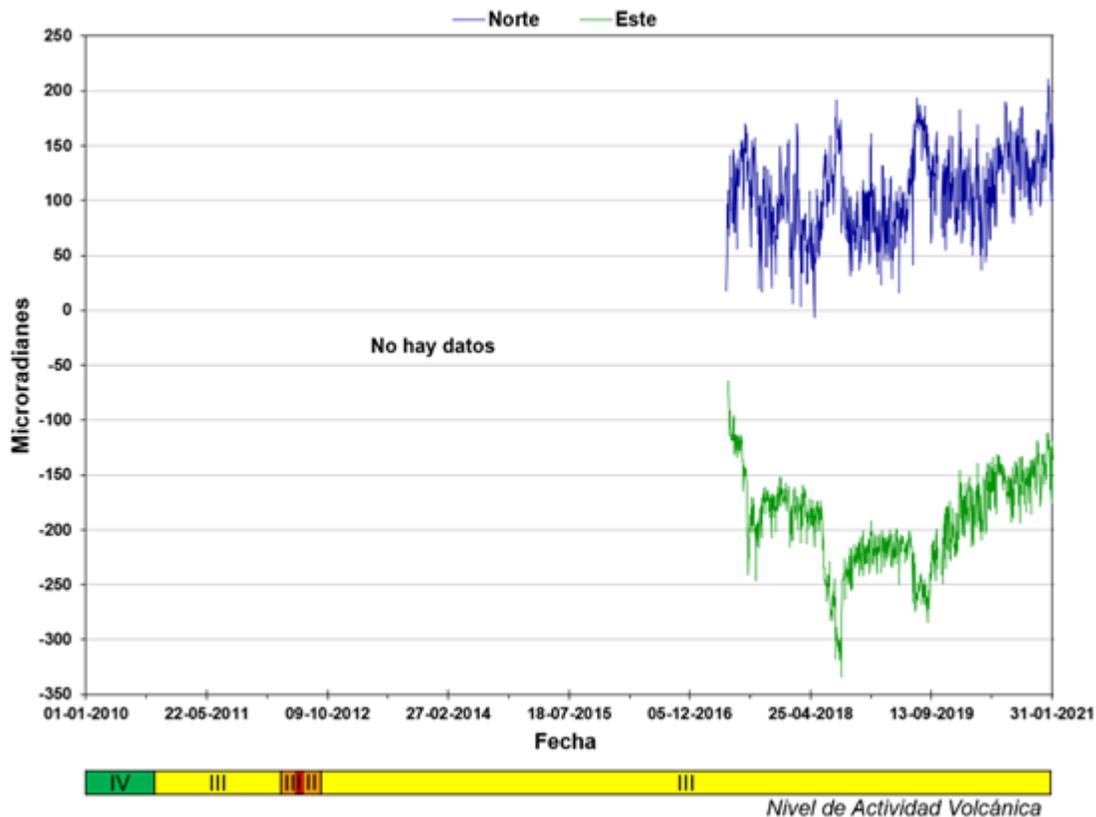


Figura 10. Comportamiento de las componentes Norte y Este del inclinómetro electrónico BIS2 del VNR desde enero de 2010 hasta enero de 2021

2.1.1.3 Geoquímica

Durante enero de 2021, los flujos de SO_2 se estimaron mediante cinco estaciones ScanDOAS telemétricas: ALFOMBRALES, EL CAMIÓN, OLLETA, BILLAR y BRUMA, esta última operó correctamente hasta el 17 de enero. Los cálculos del flujo de SO_2 se realizaron teniendo en cuenta las condiciones de dirección y velocidad del viento suministradas por la estación meteorológica OLLETA, el anemómetro de la estación GUALI y los datos del IDEAM obtenidos a través del modelo WRF (*Weather Research and Forecast*). La velocidad del viento utilizada para estimar la desgasificación presentó valores que fluctuaron entre 2.0 y 7.7 m/s, y la dirección del viento predominó hacia noroccidente. Para las descargas de SO_2 se estimaron valores máximos entre 790 y 4400 T/d, y la media de los promedios fue de 1020 T/d (Figura 11).

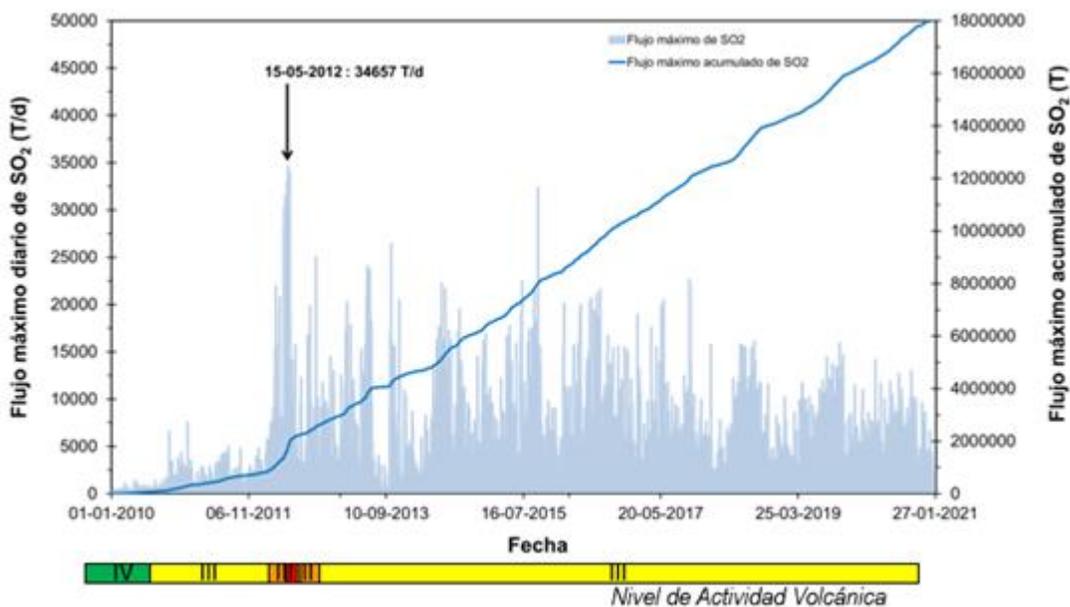


Figura 11. Variación diaria (azul claro) y acumulada (línea azul oscuro) del flujo de SO₂ del VNR entre el 01 de enero 2010 y el 31 de enero de 2021. La flecha indica el día que se estimó el mayor flujo de SO₂

Las estaciones de monitoreo de gas radón AZUFRADO, ALFOMBRALES y OLLETA registraron datos promedios de 7616 Bq/m³, 918 Bq/m³ y 15843 Bq/m³ respectivamente, valores que se encuentran dentro de las variaciones normales de sus líneas base.

2.1.1.4 Actividad superficial y anomalías térmicas

A partir de las observaciones visuales realizadas desde el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales y con las imágenes tomadas por las cámaras instaladas en el VNR, se realizó el seguimiento de la columna de gases relacionada con la actividad fumarólica del cráter Arenas. La columna de gases alcanzó una altura máxima aproximada de 1520 m medidos desde la cima del cráter el 30 de enero de 2021. La dirección de dispersión que predominó fue hacia el occidente - noroccidente. En general, la columna de gases se observó de color blanco debido al vapor de agua, ocasionalmente con matices azules por la presencia de aerosoles o tonalidades naranjas causados por la reflexión solar, especialmente en las primeras horas de la mañana y al final de la tarde (Figura 12). Adicionalmente, los portales web MIROVA y NASA FIRMS reportaron anomalías térmicas de niveles energéticos bajos. El valor máximo para el mes fue de 4 Mw el 31 de enero de 2021 a las 03:40 UTC.

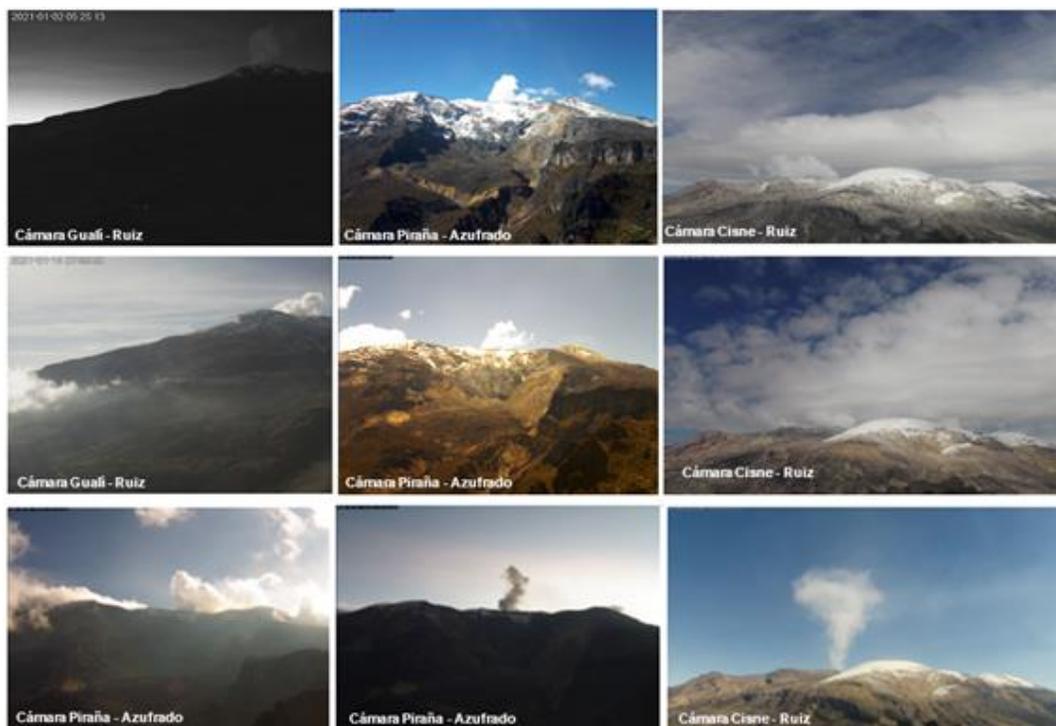


Figura 12. Fotografías más representativas de la columna de gases y vapor del VNR y el cráter Arenas durante el mes de enero, capturadas por las cámaras instaladas en los sectores: Cañón del río Azufrado, Gualí y Cisne

A partir de las mediciones realizadas mediante la triangulación de las estaciones ScanDOAS se calculó una altura promedio diaria de la columna de gases de 321 m (Figura 13).

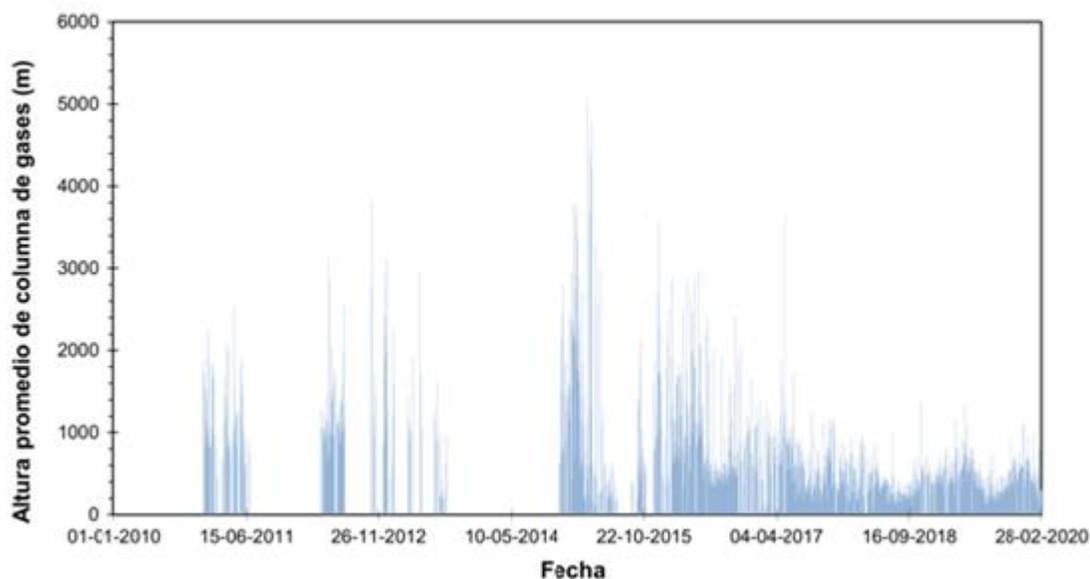


Figura 13. Altura de columna de gases calculada mediante triangulación de las estaciones ScanDOAS

2.1.1.5 Diagnóstico de la actividad del volcán Nevado del Ruiz

A partir del análisis de los datos obtenidos en las diferentes técnicas utilizadas para el monitoreo del volcán, se evidenció que el VNR se encuentra en una nueva etapa de mayor inestabilidad. Desde mediados de 2019 han sido observados constantes variaciones en la actividad volcánica, principalmente, a partir de los datos sismológicos (sus características y variabilidad), las fluctuaciones en la desgasificación (aumentos y disminuciones en el flujo o descarga de SO_2), el cambio del estado termal de la superficie del volcán evidenciado en las anomalías térmicas detectadas en el cráter Arenas, y la recurrencia de períodos de emisiones menores de ceniza.

Las estaciones de la red de deformación del VNR durante enero de 2021 evidenciaron en general estabilidad en la superficie volcánica.

2.1.2 Volcán Cerro Machín (VCM)

Para realizar el diagnóstico de la actividad volcánica en el VCM, el SGC lleva a cabo un monitoreo continuo y permanente del volcán basado en la observación visual y la aplicación de diferentes técnicas especializadas (geofísica, geodesia, geoquímica y geovulcanología). A continuación se presentan los datos de los parámetros monitoreados en el VCM durante enero de 2021:

2.1.2.1 Geofísica

La sismicidad registrada en el VCM estuvo principalmente asociada a fracturamiento de roca en las inmediaciones del volcán. Esta actividad sísmica aumentó significativamente en el número de eventos registrados (Figura 14) y mantuvo niveles similares en la energía sísmica liberada respecto a diciembre de 2020 (Figura 15). Los sismos se localizaron principalmente en los sectores suroccidente y sur del domo principal y, en menor proporción al sureste de la estructura volcánica, a profundidades entre 1.8 y 13 km (Figura 16).

Se destacan tres incrementos sísmicos de baja energía, en el sector suroccidental, registrados los días 22, 24 y 29 de enero. La mayor magnitud del mes fue 1.7 ML (magnitud local), correspondiente a dos sismos registrados durante el incremento del 24 de enero de 2021 a las 08:54 y 08:55 (hora local), localizados a 0.6 km al suroccidente del domo principal, a profundidades de 3.32 y 3.35 km respectivamente.

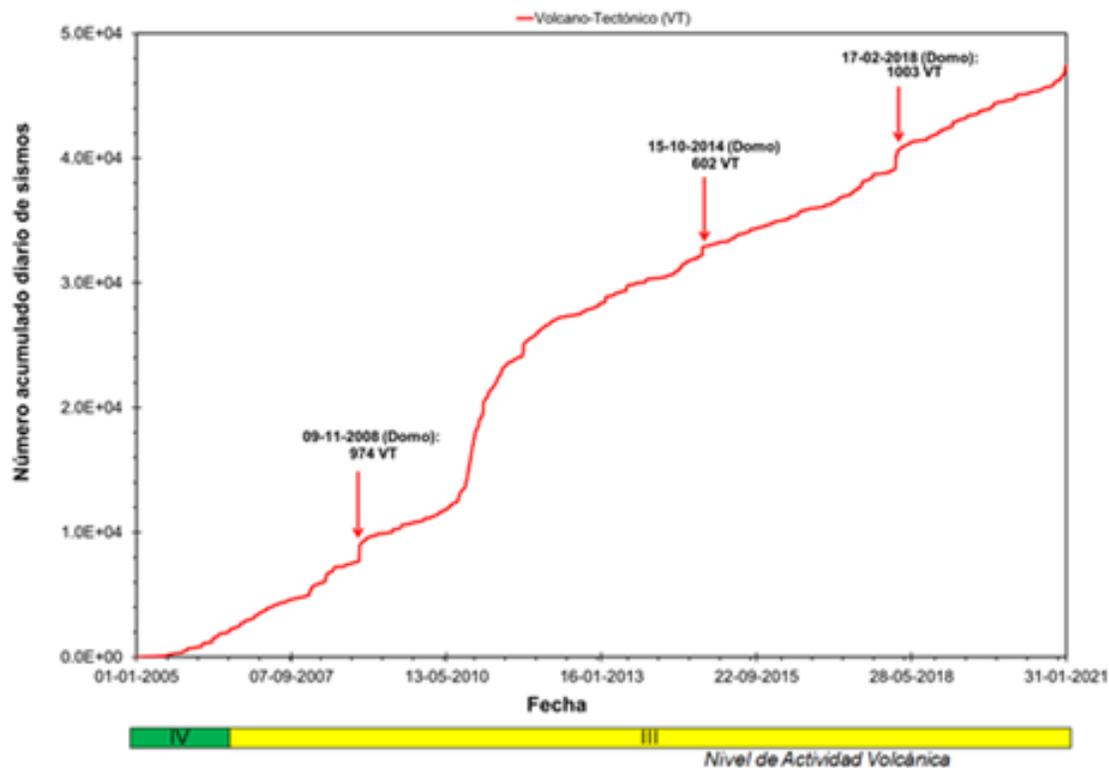


Figura 14. Número acumulado de la sismicidad diaria de tipo VT, registrada en el VCM entre el 01 de enero de 2005 y el 31 de enero de 2021. Las flechas destacan los días con el mayor registro de eventos sísmicos. Para cada fecha se indica el número y sector de localización de los eventos

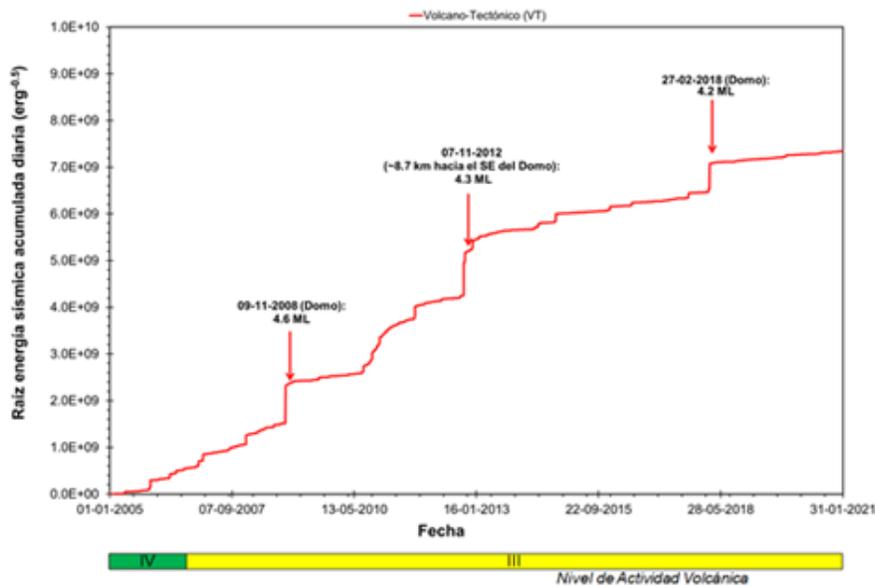


Figura 15. Raíz de la energía sísmica acumulada de la sismicidad diaria de tipo VT, registrada en el VCM entre el 01 de enero de 2005 y el 31 de enero de 2021. Las flechas destacan los días de mayor liberación de energía sísmica. Para cada fecha se indica la Magnitud Local (ML) máxima registrada y el sector de localización de ésta

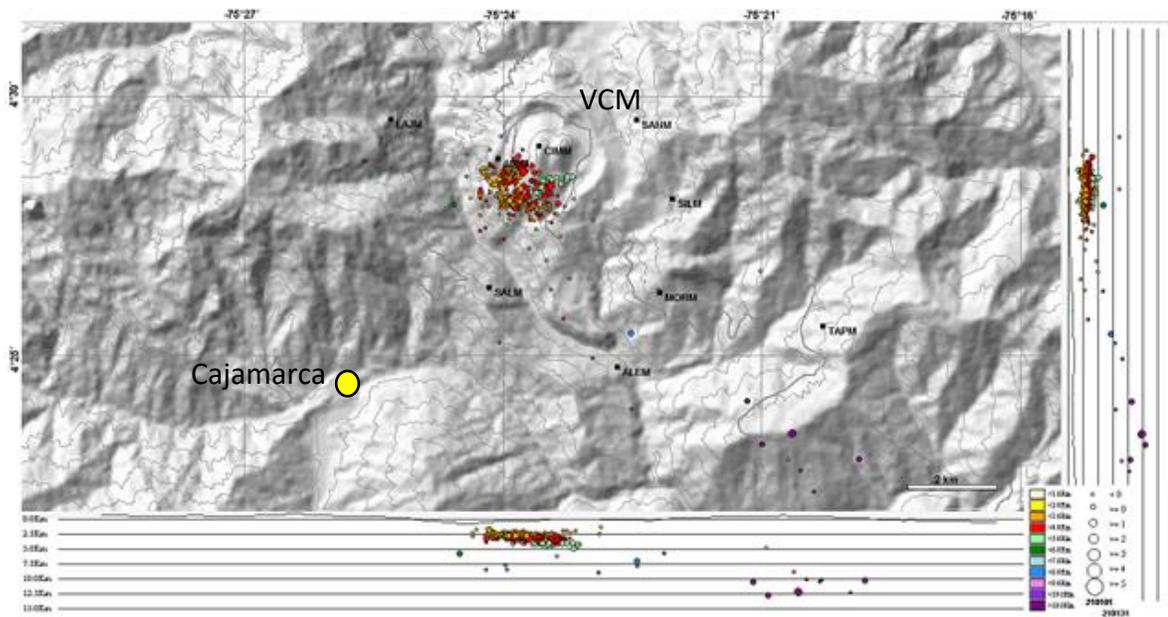


Figura 16. Mapa de localización de los sismos tipo VT (círculos de colores) registrados en el VCM, durante enero de 2021. Los cuadros de color negro representan las estaciones, la escala de colores a la derecha representa las profundidades y los círculos en blanco las magnitudes de los sismos

2.1.2.2 Geodesia (Deformación)

Durante enero de 2021, el VCM no registró deformaciones evidenciadas mediante los datos obtenidos de la posición de las estaciones GNSS permanentes, el monitoreo de la longitud de líneas base de las estaciones GNSS y los inclinómetros.

Las estaciones GNSS MORAL y SECRETA continúan mostrando estabilidad (Figura 17 y Figura 18).

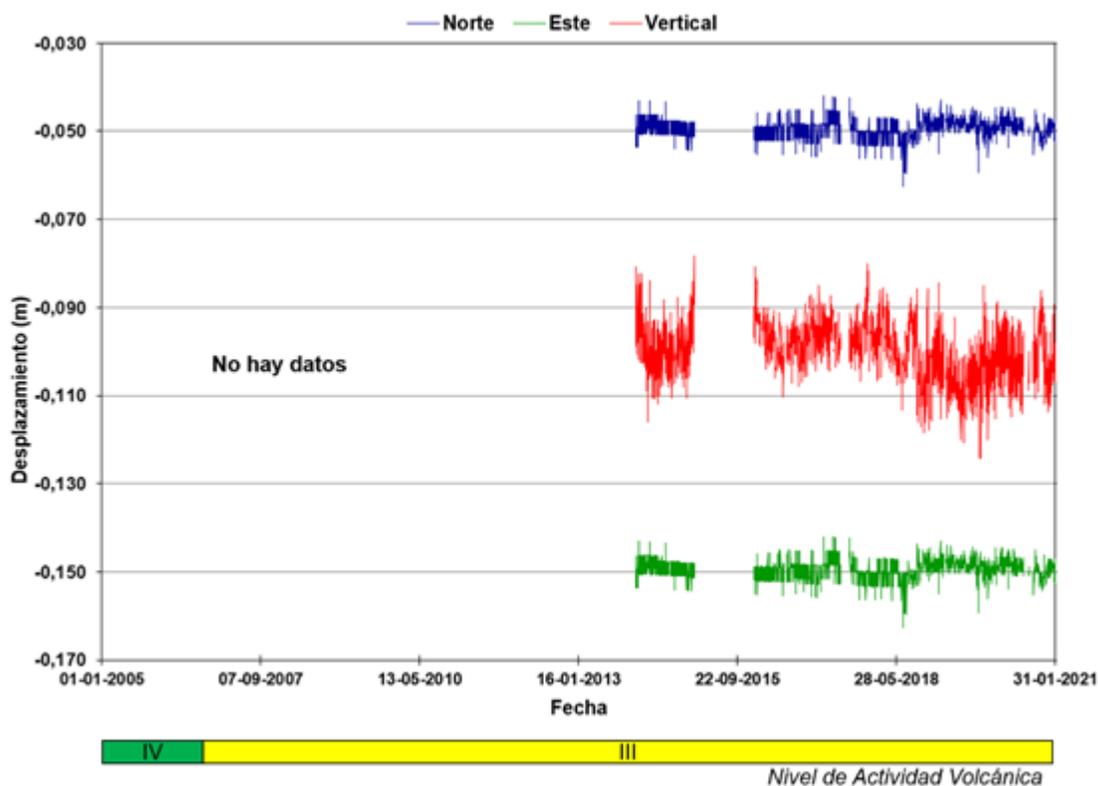


Figura 17. Comportamiento de las componentes Norte, Este y Vertical de la estación GNSS MORAL del VCM desde enero de 2005 hasta enero de 2021

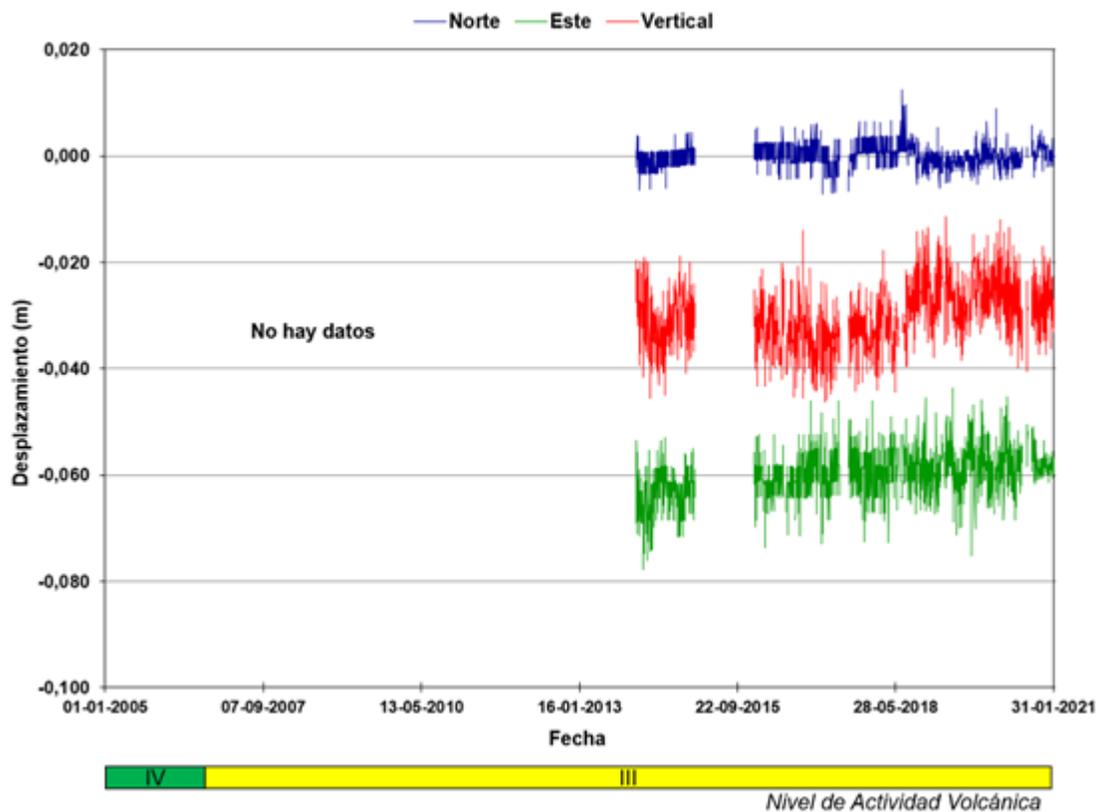


Figura 18. Comportamiento de las componentes Norte, Este y Vertical de la estación GNSS SECRETA del VCM desde enero de 2005 hasta enero de 2021

El inclinómetro electrónico CIMA (Figura 19) continúa registrando estabilidad.

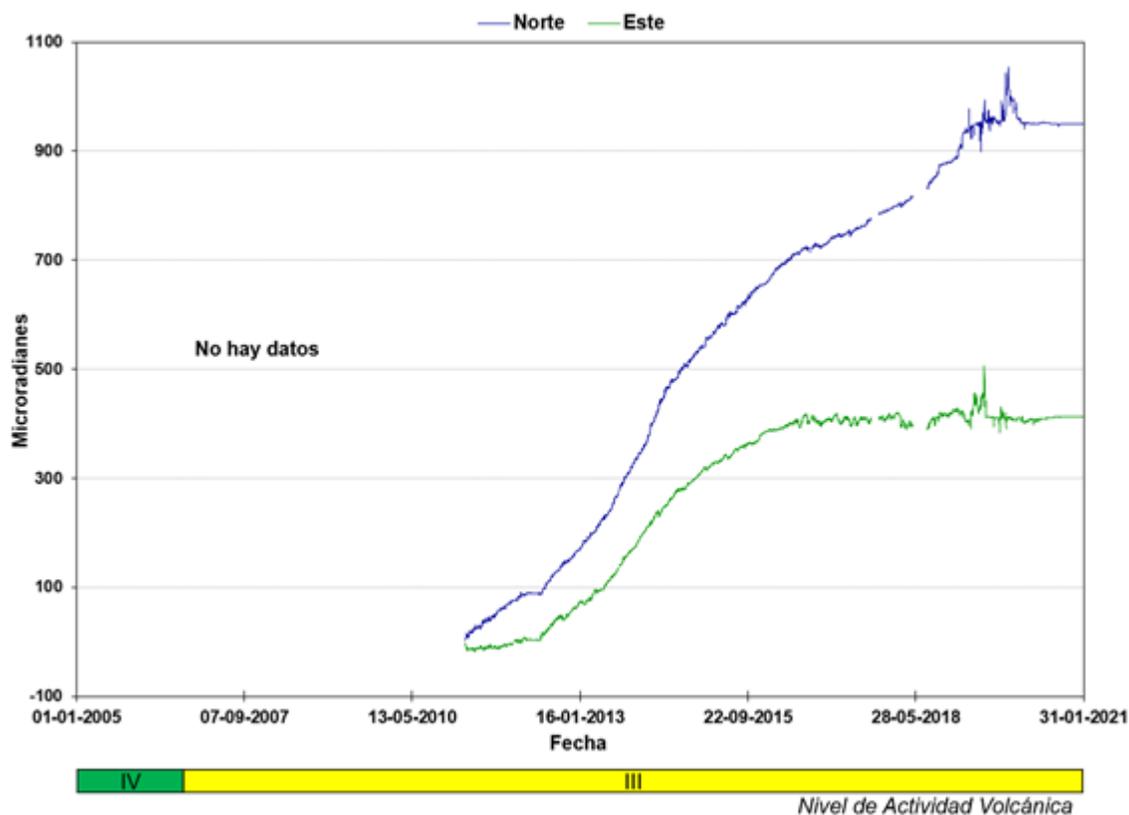


Figura 19. Comportamiento de las componentes Norte y Este del inclinómetro electrónico CIMA del VCM desde enero de 2005 hasta enero de 2021

2.1.2.3 Geoquímica

Los datos obtenidos de la estación de temperatura telemétrica ubicada en la fuente termal ESTATUAS presentaron un promedio de 87.46°C. Este valor es similar a los dos meses anteriores cuando se cambió la tarjeta electrónica.

2.1.2.4 Diagnóstico de la actividad volcánica del Volcán Cerro Machín

Con base en el análisis de la información obtenida en enero de 2021 a partir del monitoreo sismológico se evidencia que el VCM continua mostrando cambios en su comportamiento.

Las estaciones de la red de deformación del VCM no presentan cambios evidenciando estabilidad en el sistema volcánico.

2.2 Volcanes en nivel de actividad verde

El Servicio Geológico Colombiano considera como volcanes en Nivel de Actividad Verde  (o IV) aquellos volcanes activos que presentan un comportamiento estable. Los volcanes en este nivel de actividad pueden presentar un umbral base que caracteriza el estado de reposo o quietud, así como actividad sísmica, fumarólica u otras manifestaciones de actividad en superficie que afectan fundamentalmente la zona más inmediata o próxima al centro de emisión, sin representar riesgo para las poblaciones y actividades económicas de su zona de influencia.

A continuación se describen las principales observaciones realizadas en enero de los diferentes parámetros monitoreados en los volcanes que se encuentran en este nivel.

2.2.1 Geofísica

Los volcanes en Nivel de Actividad Verde registraron principalmente sismicidad de tipo volcánico-tectónica (Figura 20, Figura 21 y Figura 22).

El volcán Cerro Bravo (VCB) presentó actividad sísmica de muy baja energía relacionada con fracturamiento de rocas. Adicionalmente, se registraron algunas señales asociadas con pequeñas avalanchas y desprendimientos de rocas en el edificio volcánico.

En el Complejo Volcánico Cerro España (CVCE) disminuyó el número de sismos registrados y se mantuvieron niveles similares en la energía sísmica liberada con relación a diciembre.

El volcán Nevado de Santa Isabel (VNSI) presentó sismicidad relacionada con fracturamiento de rocas. Esta actividad sísmica disminuyó en el número de sismos y en la energía sísmica liberada con respecto a diciembre.

El volcán Paramillo de Santa Rosa (VPSR) presentó sismicidad relacionada con fracturamiento de rocas. Esta actividad sísmica aumentó en el número de sismos y en la energía sísmica liberada en comparación con diciembre.

El volcán Paramillo del Cisne (VPC) registró sismicidad asociada a fracturamiento de rocas. Esta sismicidad disminuyó en el número de sismos registrados y en la energía sísmica liberada con respecto al mes anterior.

El volcán Paramillo del Quindío (VPQ) registró sismicidad asociada con el fracturamiento de rocas la cual disminuyó en el número de sismos y mantuvo niveles similares en la energía sísmica liberada con respecto a diciembre.

El volcán Nevado del Tolima (VNT) registró actividad sísmica asociada a fracturamiento de rocas. Esta sismicidad mantuvo niveles similares en el número de sismos registrados y disminuyó en la energía sísmica liberada en comparación con diciembre.

Los volcanes Romeral (VR) y San Diego (VSD) no presentaron actividad sísmica. La sismicidad asociada a la actividad del glaciar en la superficie del VNSI y VNT presentó disminución en la tasa diaria.

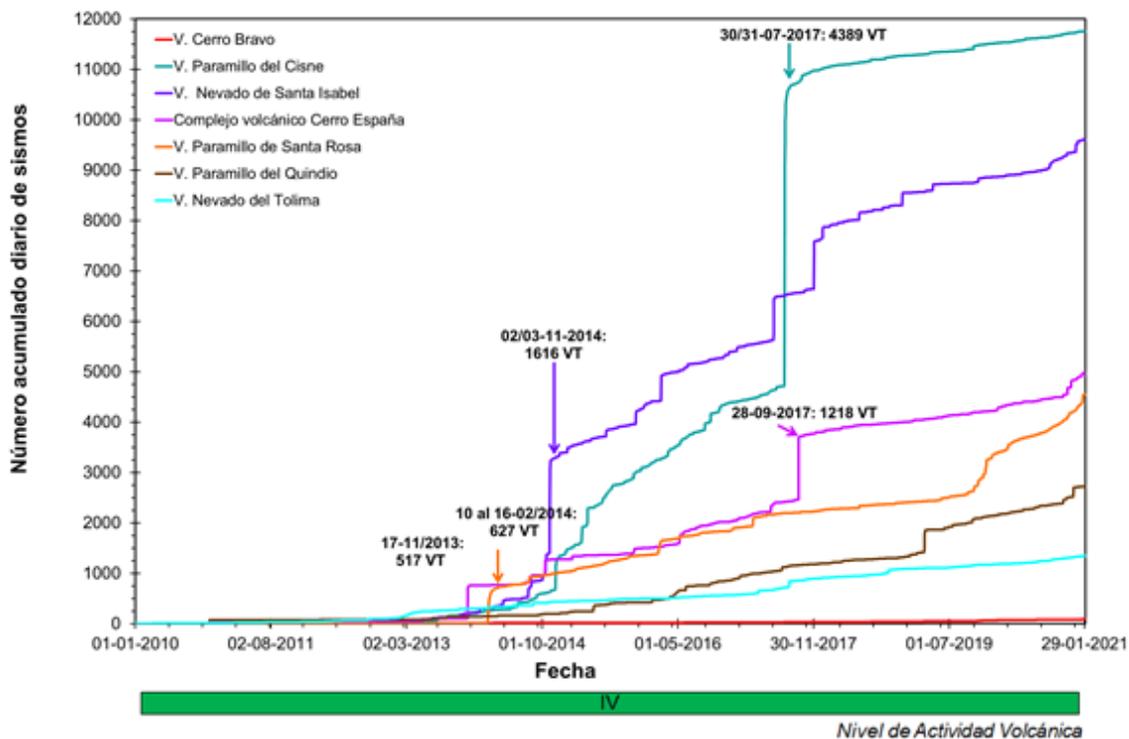


Figura 20. Número acumulado de la sismicidad diaria de tipo VT registrada en los volcanes VCB, VPC, VNSI, VPSR, VPQ, VNT y CVCE, entre el 01 de enero 2010 y el 31 enero de 2021. Las flechas destacan los días con el mayor registro de eventos sísmicos. Para cada fecha se indica el número de sismos registrado

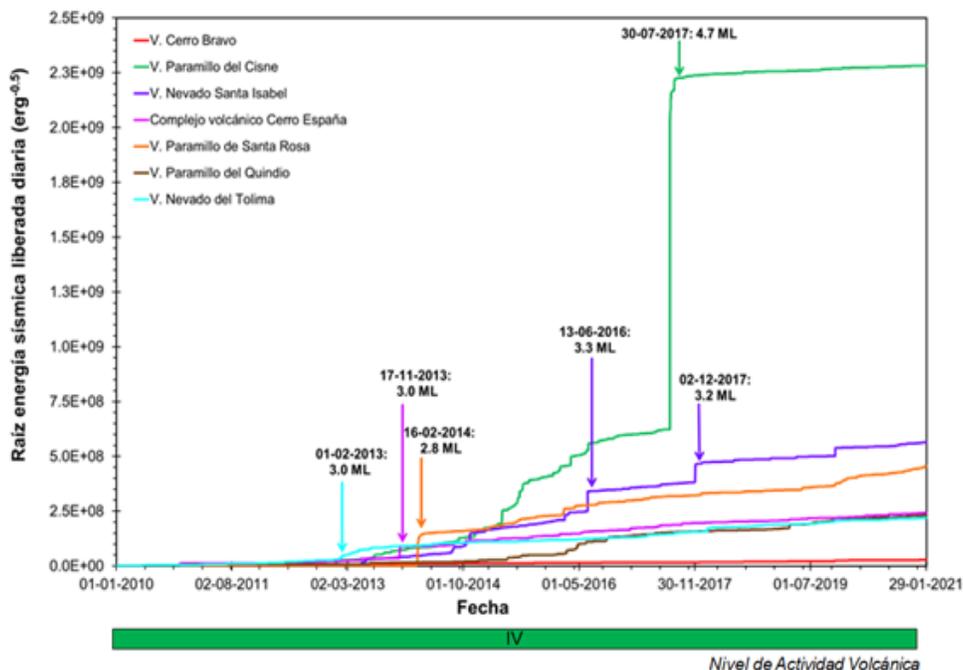


Figura 21. Raíz de la energía sísmica acumulada de la sismicidad diaria de tipo VT, registrada en los volcanes VCB, VPC, VNSI, VPSR, VPQ, VNT y CVCE, entre el 01 de enero de 2010 y el 31 de enero de 2021. Las flechas destacan los días de mayor liberación de energía sísmica. Para cada fecha se indica la Magnitud Local (ML) máxima registrada

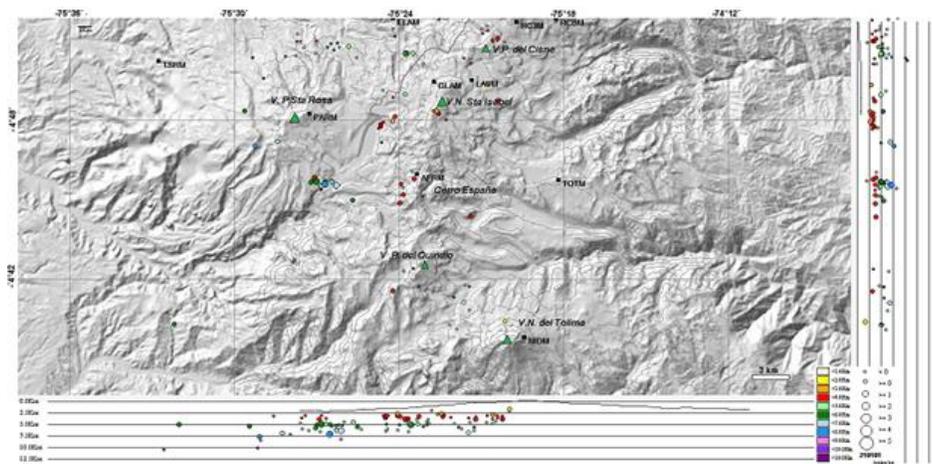


Figura 22. Mapa de localización de los sismos volcano-tectónicos (círculos de colores) registrados en los volcanes VPC, VCB, VNSI, VPSR, VPQ, VNT y CVCE durante enero de 2021. Los cuadros de color negro representan las estaciones, la escala de colores a la derecha representa las profundidades y los círculos en blanco las magnitudes de los sismos

2.2.2 Geodesia (Deformación)

Durante enero de 2021, las estaciones GNSS permanentes y los inclinómetros electrónicos instalados en los volcanes CB, NSI, NT y PSR no detectaron deformaciones significativas, manteniendo estabilidad en la superficie volcánica. La Figura 23 y Figura 24 muestran el comportamiento de los inclinómetros CHAVA y ESMERALDA de los volcanes NSI y NT respectivamente.

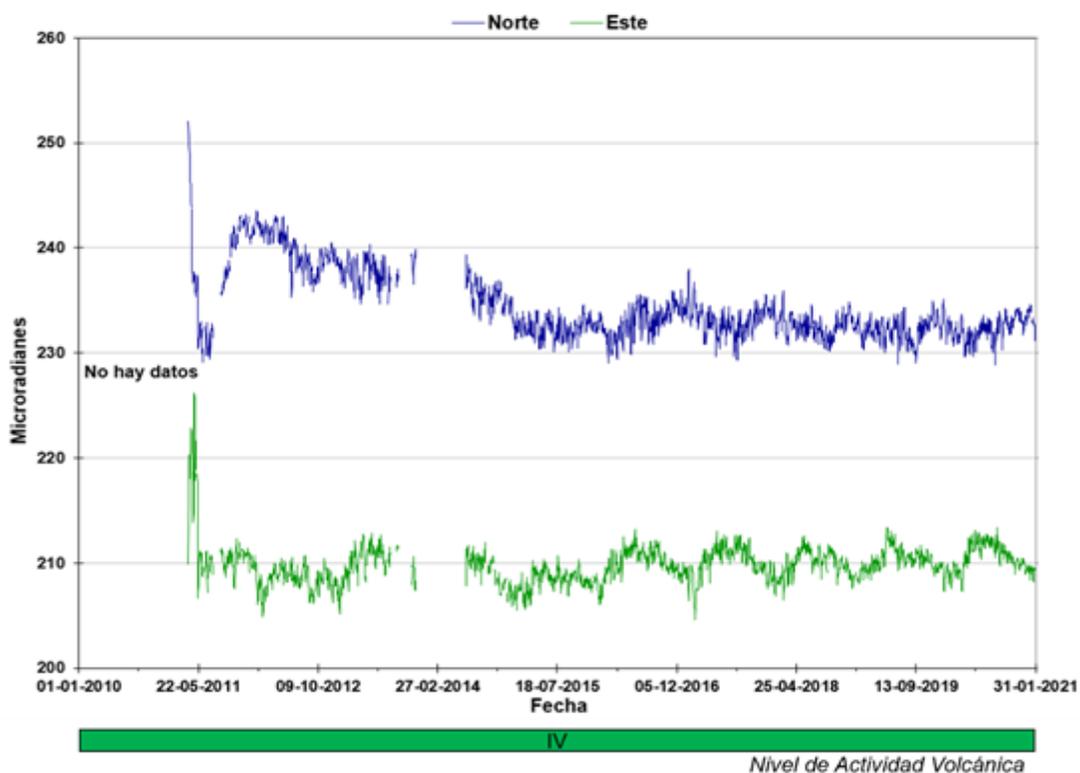


Figura 23. Comportamiento de las componentes Norte y Este del inclinómetro electrónico CHAVA del VNSI desde enero de 2010 hasta enero de 2021

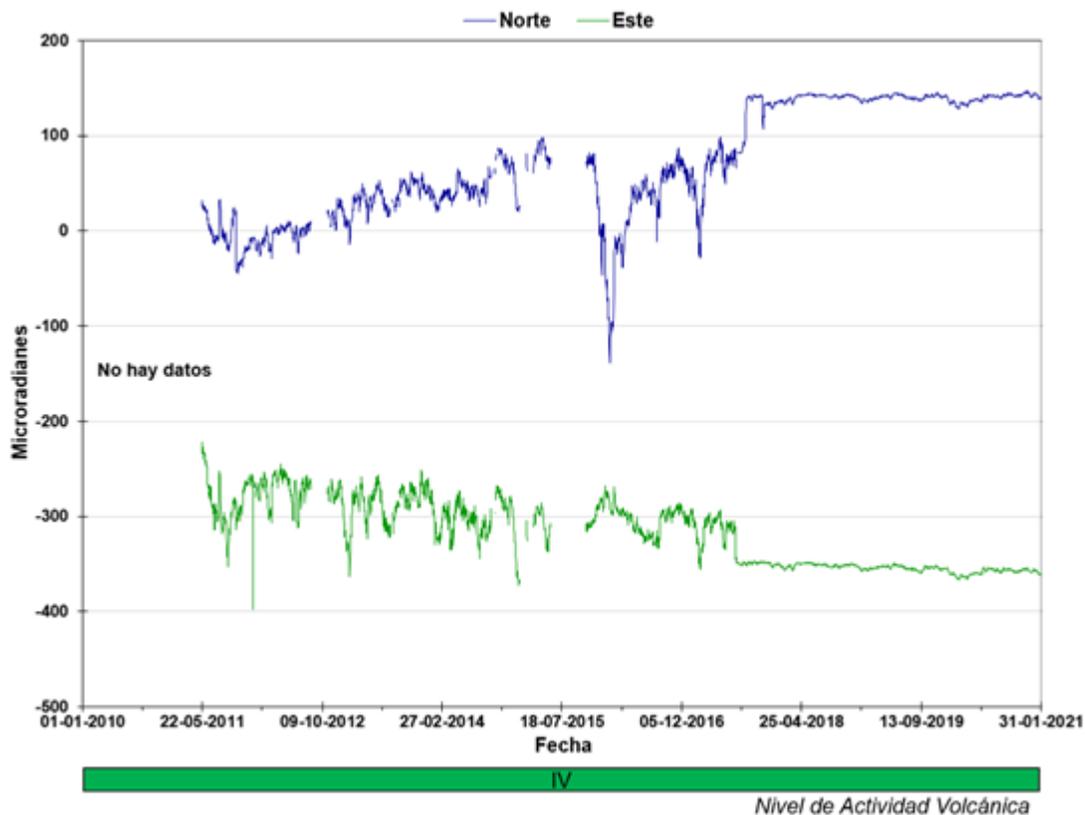


Figura 24. Comportamiento de las componentes Norte y Este del inclinómetro electrónico ESME del VNT desde enero de 2010 hasta enero de 2021

2.2.3 Diagnóstico de la actividad volcánica

A partir de los principales datos obtenidos del monitoreo permanente y continuo realizado en los volcanes Cerro Bravo, Nevado de Santa Isabel, Complejo Volcánico Cerro España, Paramillo del Cisne, Paramillo de Santa Rosa, Paramillo del Quindío, Nevado del Tolima, San Diego y Romeral, se evidencia que estos volcanes presentaron estabilidad durante enero de 2021.

Las estaciones de las redes de deformación de los volcanes CB, NSI, NT y PSR no detectaron deformaciones significativas hasta enero de 2021 evidenciando estabilidad en la superficie.

CONCLUSIONES

- La sismicidad asociada con fracturamiento de roca al interior del VNR presentó una disminución en el número de sismos registrados y en la energía sísmica liberada con respecto a diciembre. Se destaca un incremento sísmico registrado el 10 de enero de 2021 localizado en el sector suroriental (aproximadamente a 2.5 km del cráter Arenas) a profundidades entre 2.7 y 4.5 km. La mayor magnitud registrada durante el mes fue de 2.2 ML (Magnitud Local) correspondiente a un sismo ocurrido durante el incremento a las 18:45 (hora local), localizado al suroriente del cráter Arenas a 3.4 km de profundidad.
- La sismicidad relacionada con la dinámica de fluidos (sismos de largo periodo y de muy largo periodo, pulsos de tremor volcánico, episodios de tremor volcánico) del VNR registró una disminución en el número de sismos y en la energía sísmica liberada con respecto a diciembre.
- La sismicidad asociada con fracturamiento de rocas al interior del VCM registró un incremento en el número de sismos, aunque los niveles de energía sísmica liberada fueron similares a los del mes anterior. Este tipo de actividad se localizó principalmente en los sectores suroccidental y sur del domo principal, y en menor proporción, al suroriente de la estructura volcánica a profundidades entre 1.8 y 13 km.
- Los volcanes VPC, VNSI, VPSR, VPQ, VNT y CVCE que se encuentran en Nivel de Actividad Verde, registraron cambios menores en la sismicidad y no mostraron variaciones en los parámetros geodésicos, geoquímicos y geológicos. Los sismos volcano-tectónicos se localizaron de manera dispersa alrededor de las estructuras volcánicas y las profundidades oscilan entre 1.8 y 10.5 km.
- En relación con la sismicidad originada por la dinámica glacial en los volcanes NSI y NT se observó disminución en las tasas diarias en comparación con las registradas en diciembre.
- Las estaciones de las redes de deformación de los volcanes NR, CM, CB, NSI, NT y PSR no detectaron deformaciones significativas hasta enero de 2021, evidenciando estabilidad en la superficie volcánica.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de sombras donde se observa la localización de los volcanes que conforman el Segmento Volcánico Norte de Colombia. A la derecha se observan fotografías de los volcanes con su respectiva altura sobre el nivel medio del mar	3
Figura 2. Red de vigilancia de los volcanes del Segmento Volcánico Norte de Colombia	3
Figura 3. Número acumulado de la sismicidad diaria de tipo VT, LP-VLP, TR y HB registrada en el VNR entre el 01 de enero 2010 y el 31 de enero de 2021. Las flechas destacan los días con mayor registro (número) de eventos sísmicos	4
Figura 4. Raíz de la energía sísmica acumulada de la sismicidad diaria de tipo VT y HB registrada en el VNR entre el 01 de enero de 2010 y el 31 de enero de 2021. Las flechas destacan los días de mayor liberación de energía sísmica. Para cada fecha se indica la Magnitud Local (ML) máxima registrada	5
Figura 5. Mapa de localización de los sismos VT (círculos de colores) registrados en el VNR durante enero de 2021. Los cuadros de color negro representan las estaciones, la escala de colores a la derecha representa las profundidades y los círculos en blanco representan las magnitudes de los sismos	5
Figura 6. Desplazamiento reducido promedio de la sismicidad tipo LP, VLP y TR registrados en el VNR entre noviembre de 2014 y enero de 2021	6
Figura 7. Comportamiento de las componentes Norte, Este y Vertical de la estación GNSS GUALI del VNR desde enero de 2010 hasta enero de 2021	7
Figura 8. Comportamiento de las componentes Norte, Este y Vertical de la estación GNSS OLLETA del VNR desde enero de 2010 hasta enero de 2021	8
Figura 9. Comportamiento de las componentes Norte y Este del inclinómetro electrónico REFUGIO del VNR desde enero de 2010 hasta enero de 2021	9
Figura 10. Comportamiento de las componentes Norte y Este del inclinómetro electrónico BIS2 del VNR desde enero de 2010 hasta enero de 2021	10
Figura 11. Variación diaria (azul claro) y acumulada (línea azul oscuro) del flujo de SO ₂ del VNR entre el 01 de enero 2010 y el 31 de enero de 2021. La flecha indica el día que se estimó el mayor flujo de SO ₂	11
Figura 12. Fotografías más representativas de la columna de gases y vapor del VNR y el cráter Arenas durante el mes de enero, capturadas por las cámaras instaladas en los sectores: Cañón del río Azufrado, Gualí y Cisne	12
Figura 13. Altura de columna de gases calculada mediante triangulación de las estaciones ScanDOAS	13
Figura 14. Número acumulado de la sismicidad diaria de tipo VT, registrada en el VCM entre el 01 de enero de 2005 y el 31 de enero de 2021. Las flechas destacan los días con el mayor registro de eventos sísmicos. Para cada fecha se indica el número y sector de localización de los eventos	15

Figura 15. Raíz de la energía sísmica acumulada de la sismicidad diaria de tipo VT, registrada en el VCM entre el 01 de enero de 2005 y el 31 de enero de 2021. Las flechas destacan los días de mayor liberación de energía sísmica. Para cada fecha se indica la Magnitud Local (ML) máxima registrada y el sector de localización de ésta	16
Figura 16. Mapa de localización de los sismos tipo VT (círculos de colores) registrados en el VCM, durante enero de 2021. Los cuadros de color negro representan las estaciones, la escala de colores a la derecha representa las profundidades y los círculos en blanco las magnitudes de los sismos	16
Figura 17. Comportamiento de las componentes Norte, Este y Vertical de la estación GNSS MORAL del VCM desde enero de 2005 hasta enero de 2021	17
Figura 18. Comportamiento de las componentes Norte, Este y Vertical de la estación GNSS SECRETA del VCM desde enero de 2005 hasta enero de 2021	18
Figura 19. Comportamiento de las componentes Norte y Este del inclinómetro electrónico CIMA del VCM desde enero de 2005 hasta enero de 2021	19
Figura 20. Número acumulado de la sismicidad diaria de tipo VT registrada en los volcanes VCB, VPC, VNSI, VPSR, VPQ, VNT y CVCE, entre el 01 de enero 2010 y el 31 enero de 2021. Las flechas destacan los días con el mayor registro de eventos sísmicos. Para cada fecha se indica el número de sismos registrado	21
Figura 21. Raíz de la energía sísmica acumulada de la sismicidad diaria de tipo VT, registrada en los volcanes VCB, VPC, VNSI, VPSR, VPQ, VNT y CVCE, entre el 01 de enero de 2010 y el 31 de enero de 2021. Las flechas destacan los días de mayor liberación de energía sísmica. Para cada fecha se indica la Magnitud Local (ML) máxima registrada	22
Figura 22. Mapa de localización de los sismos volcano-tectónicos (círculos de colores) registrados en los volcanes VPC, VCB, VNSI, VPSR, VPQ, VNT y CVCE durante enero de 2021. Los cuadros de color negro representan las estaciones, la escala de colores a la derecha representa las profundidades y los círculos en blanco las magnitudes de los sismos	22
Figura 23. Comportamiento de las componentes Norte y Este del inclinómetro electrónico CHAVA del VNSI desde enero de 2010 hasta enero de 2021	23
Figura 24. Comportamiento de las componentes Norte y Este del inclinómetro electrónico ESME del VNT desde enero de 2010 hasta enero de 2021	24