



**INFORME MENSUAL DE ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES
NEVADO DEL HUILA, PURACÉ, SOTARÁ Y SUCUBÚN
MARZO DE 2021**

Popayán, abril de 2021



SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO ©

Oscar Eladio Paredes Zapata
Director General

Marta Lucía Calvache Velasco
Directora Técnica Geoamenazas

Adriana del Pilar Agudelo Restrepo
Coordinadora Técnica OVS Popayán

AUTORES

Cristian Camilo Santacoloma
Andrés Hernando Narvárez Zúñiga
Carlos Alberto Ospina Caicedo
Diana Marcela Quintero García
Jaime Raigosa Arango
Julián Sánchez Vargas
Laura Camila Barrantes Diago
Rosa Liliana Alpala Aguilar
Alma Jimena Casas Buesaquillo
David Santiago Corchuelo Castro
Nicolás Antonio Oliveras Mercado
Luisa Fernanda Meza Maldonado
Jorge Armando Alpala Aguilar
José Eduardo Gómez Daza
Oscar Hernán Manzo Ortiz

Grupo de trabajo

Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán

Citación: Santacoloma, C. (2021). Informe mensual de actividad de los volcanes Nevado del Huila, Puracé, Sotará y Sucubún. Popayán: Servicio Geológico Colombiano.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN		9
1	FUNCIONAMIENTO DE LA RED DE MONITOREO VOLCÁNICO Y SÍSMICO DEL SEGMENTO CENTRAL DEL PAIS	10
1.1	Red de vigilancia Volcán Nevado del Huila	10
1.1.1	Generalidades	10
1.1.1.1	Red de estaciones sísmicas.	10
1.1.1.2	Red de estaciones de monitoreo de flujos de lodo.	10
1.1.1.3	Cámaras web.	12
1.1.1.4	Deformación volcánica.	12
1.1.1.5	Electromagnetismo.	12
1.1.1.6	Sensor de infrasonido.	12
1.1.2	Funcionamiento de estaciones	13
1.2	Red de vigilancia Volcán Puracé	14
1.2.1	Generalidades	14
1.2.1.1	Red de estaciones sísmicas.	14
1.2.1.2	Red de deformación.	16
1.2.1.3	Cámaras web.	17
1.2.1.4	Electromagnetismo.	17
1.2.1.5	Fisicoquímica.	18
1.2.1.6	Meteorología.	19
1.2.1.7	Sensor de infrasonido.	19
1.2.2	Funcionamiento de estaciones	19
1.3	Red de vigilancia Volcán Sotará	20
1.3.1	Generalidades	20
1.3.1.1	Red de estaciones sísmicas.	20
1.3.1.2	Red de deformación.	20
1.3.1.3	Red de fisicoquímica.	21
1.3.1.4	Red de actividad superficial.	22
1.3.2	Funcionamiento de estaciones	22
1.4	Red de vigilancia Volcán Sucubún	23
1.4.1	Generalidades	24
1.4.1.1	Red de estaciones sísmicas.	24
1.4.1.2	Cámaras web.	25
1.4.2	Funcionamiento de estaciones	26
2	VOLCÁN NEVADO DEL HUILA	27

2.1	SISMOLOGÍA	28
2.1.1	Actividad sísmica	28
2.1.2	Energía sísmica liberada	28
2.1.3	Localización de eventos sísmicos	30
2.1.3.1	Localización de eventos asociados a procesos de fractura.	30
2.2	DEFORMACIÓN	32
2.2.1	Inclinometría electrónica	32
2.2.2	Procesamiento diferencial GNSS software T4D Control	32
2.2.3	Procesamiento de líneas base GNSS	33
2.3	ACTIVIDAD SUPERFICIAL	34
2.3.1	Registro de la actividad superficial	34
2.4	CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS	36
2.5	CONCLUSIÓN.	38
3	VOLCÁN PURACÉ	39
3.1	SISMOLOGÍA	40
3.1.1	Actividad sísmica	40
3.1.2	Energía sísmica liberada	40
3.1.3	Localización de eventos sísmicos	42
3.1.3.1	Localización de eventos asociados con procesos de fractura.	42
3.2	DEFORMACIÓN	43
3.2.1	Inclinometría electrónica	43
3.2.2	Procesamiento diferencial GNSS software T4D Control	44
3.2.3	Procesamiento de líneas base GNSS	44
3.3	ACTIVIDAD SUPERFICIAL	45
3.4	CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS	49
3.4.1	Potenciales eléctricos espontáneos	49
3.4.2	Magnetometría	49
3.5	FISICOQUÍMICA	51
3.5.1	Medidas de dióxido de carbono	51
3.5.2	Medidas de gas Radón	53
3.5.3	Termometría	54
3.5.3.1	Medidas con termocupla telemétrica en fumarola lateral	54
3.5.4	Medidas de dióxido de azufre	55
3.6	CONCLUSIÓN.	57
4	VOLCÁN SOTARÁ	58
4.1	SISMOLOGÍA	59
4.1.1	Actividad sísmica	59
4.1.2	Energía sísmica liberada	59
4.1.3	Localización de eventos sísmicos	61
4.1.3.1	Localización de eventos asociados con procesos de fractura.	61
4.2	DEFORMACIÓN	63
4.2.1	Inclinometría electrónica	63
4.2.2	Procesamiento diferencial GNSS software T4D Control	63
4.2.3	Procesamiento diferencial GNSS software GAMIT/GLOBK	63
4.2.4	Procesamiento de líneas base GNSS	63

4.3	ACTIVIDAD SUPERFICIAL	65
4.3.1	Registro de actividad superficial	65
4.4	CONCLUSIÓN	66
5	VOLCÁN SUCUBÚN	67
5.1	SISMOLOGÍA	68
5.1.1	Actividad Sísmica	68
5.2	ACTIVIDAD SUPERFICIAL	68
5.2.1	Registro de actividad superficial	68
5.3	CONCLUSIÓN.	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Funcionamiento de las estaciones de la red de vigilancia.	10
Figura 2	Mapa de la red de vigilancia del volcán Nevado del Huila.	11
Figura 3	Red de monitoreo de estaciones sísmicas del volcán Nevado del Huila. .	11
Figura 4	Red de monitoreo de la actividad superficial del volcán Nevado del Huila.	12
Figura 5	Red de vigilancia en deformación actual del volcán Nevado del Huila. .	13
Figura 6	Red de monitoreo de campos electromagnéticos del volcán Nevado del Huila.	13
Figura 7	Mapa de la red de vigilancia del volcán Puracé.	14
Figura 8	Red de vigilancia en sismología del volcán Puracé.	17
Figura 9	Red de vigilancia en deformación actual del volcán Puracé.	18
Figura 10	Mapa de localización de las cámaras web para monitoreo de la activi- dad superficial en el volcán Puracé.	18
Figura 11	Red de monitoreo de campos electromagnéticos del volcán Puracé. . .	19
Figura 12	Red de vigilancia en fisicoquímica del Volcán Puracé	20
Figura 13	Red de vigilancia del volcán Sotará.	21
Figura 14	Red de vigilancia en sismología del volcán Sotará.	22
Figura 15	Red de vigilancia en deformación del volcán Sotará.	23
Figura 16	Red de vigilancia en fisicoquímica del volcán Sotará.	23
Figura 17	Red de vigilancia de actividad superficial del volcán Sotará.	24
Figura 18	Red de vigilancia del volcán Sucubún.	24
Figura 19	Red de vigilancia en sismología del volcán Sucubún.	25
Figura 20	Red de vigilancia en actividad superficial del volcán Sucubún.	25
Figura 21	Mapa de localización del Volcán Nevado del Huila.	27
Figura 22	Volcán Nevado del Huila.	28
Figura 23	Número de eventos registrados diariamente en el volcán Nevado del Huila.	29
Figura 24	Número de sismos registrados mensualmente en el volcán Nevado del Huila durante el último año.	29
Figura 25	Raíz de la energía sísmica liberada diariamente por eventos VT y LP en el volcán Nevado del Huila entre el 1 y el 31 de marzo de 2021.	29
Figura 26	Raíz del valor acumulado de la energía sísmica liberada por eventos VT y LP en el volcán Nevado del Huila durante el último año.	30
Figura 27	Mapa de localización de los eventos volcano–tectónicos del volcán Ne- vado del Huila para el mes de marzo de 2021.	31
Figura 28	Distribución de magnitudes de los eventos localizados en el VNH du- rante el último año.	31

Figura 29	Comportamiento del inclinómetro electrónico Caloto.	32
Figura 30	Serie de tiempo para la estación GNSS Caloto.	33
Figura 31	Series de tiempo líneas base del volcán Nevado del Huila.	34
Figura 32	Velocidades promedio día. Modelo pronóstico IDEAM–WRF VNH.	35
Figura 33	Imágenes captadas por la cámara web Maravillas.	35
Figura 34	Imágenes captadas por la cámara web Caloto.	36
Figura 35	Imágenes captadas por la cámara web Palma.	36
Figura 36	Campo magnético local en la estación de Caloto [nT	37
Figura 37	Volcán Puracé.	39
Figura 38	Mapa de localización del volcán Puracé y la cadena volcánica de Los Coconucos.	40
Figura 39	Número de sismos registrados diariamente en el volcán Puracé durante el mes de marzo de 2021.	41
Figura 40	Número de sismos registrados mensualmente en el volcán Puracé en el último año.	41
Figura 41	Energía sísmica liberada diariamente por eventos VT y LP en el volcán Puracé durante el mes de marzo de 2021.	41
Figura 42	Acumulado de la energía sísmica liberada por eventos VT y LP en el volcán Puracé durante el último año.	42
Figura 43	Mapa de localización de eventos volcano–tectónicos del volcán Puracé.	43
Figura 44	Diagrama de dispersión de los valores de magnitud local calculados en eventos tipo VT localizados el último año en el volcán Puracé.	43
Figura 45	Comportamiento del inclinómetro electrónico Agua Blanca.	44
Figura 46	Serie de tiempo para la estación GNSS Guañarita.	44
Figura 47	Localización de las líneas base, volcán Puracé.	45
Figura 48	Resultados de líneas Base del volcán Puracé.	45
Figura 49	Velocidades diarias registradas por los anemómetros de Mina, Cocuy y Agua Bonita.	46
Figura 50	Mosaico de imágenes cámara web Mina.	47
Figura 51	Mosaico de imágenes cámara web Lavas Rojas.	47
Figura 52	Mosaico de imágenes cámara web Anambío.	48
Figura 53	Imagen panorámica de la Cadena volcánica Los Coconucos.	48
Figura 54	Potencial eléctrico espontáneo registrado en el volcán Puracé.	49
Figura 55	Campo magnético local en la estación de Laguna [nT	50
Figura 56	Campo magnético local en la estación de Agua Blanca [nT	50
Figura 57	Variación de la concentración de CO_2 en suelo de la estación Cráter.	52
Figura 58	Variación de la concentración de CO_2 en suelo de la estación Cocuy3.	52
Figura 59	Variación de la concentración de CO_2 en suelo de la estación Piñuelas.	52
Figura 60	Variación de la concentración de CO_2 en suelo de la estación San Juan.	53
Figura 61	Variación de la concentración de Radón en suelo de la estación Guañarita.	53
Figura 62	Variación de la concentración de Radón en suelo de la estación Cráter.	54
Figura 63	Variación de la concentración de Radón en suelo de la estación Cocuy3.	54
Figura 64	Temperaturas campo fumarólico.	55
Figura 65	Direcciones preferenciales del viento en el volcán Puracé.	56

Figura 66	Representación del flujo diario de SO_2 emitido por el volcán Puracé, estación Vinagre.	56
Figura 67	Representación del flujo diario de SO_2 emitido por el volcán Puracé, estación Guañarita.	57
Figura 68	Fotografía panorámica del volcán Sotará.	58
Figura 69	Mapa de localización del volcán Sotará.	59
Figura 70	Número de eventos registrados diariamente en el Volcán Sotará.	60
Figura 71	Número de eventos sísmicos registrados mensualmente en el volcán Sotará entre marzo de 2020 y marzo de 2021.	60
Figura 72	Energía sísmica liberada diariamente por eventos VT en el volcán Sotará.	61
Figura 73	Energía sísmica liberada de forma acumulada por eventos VT y LP en el volcán Sotará entre marzo de 2020 y marzo de 2021.	61
Figura 74	Mapa de localización de eventos volcano–tectónicos del volcán Sotará.	62
Figura 75	Magnitud Local de los eventos VT en el Volcán Sotará durante el mes de marzo de 2021.	62
Figura 76	Comportamiento del inclinómetro electrónico Triángulo.	63
Figura 77	Series de tiempo para las estaciones GNSS SOSO, CRNO, AROJ, PIR2 y DANT.	64
Figura 78	Serie temporal para la estación GNSS permanente AROJ.	64
Figura 79	Localización de las líneas base, volcán Sotará.	65
Figura 80	Resultados de líneas Base del volcán Sotará.	65
Figura 81	Imágenes captadas por la cámara web Cerro Crespo.	66
Figura 82	Fotografía panorámica del volcán Sucubún.	67
Figura 83	Mapa de localización del volcán Sucubún.	68
Figura 84	Imagen captada por la cámara web de Majuas en el volcán Sucubún.	69

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Características de la red de vigilancia del volcán Nevado del Huila. . . .	14
Tabla 2	Características de la red de vigilancia telemétrica del volcán Puracé. . .	15
Tabla 3	Características de la red de vigilancia no telemétrica del volcán Puracé.	16
Tabla 4	Características de la red de vigilancia telemétrica del volcán Sotará. . .	21
Tabla 5	Características de la red de vigilancia no telemétrica del volcán Sotará. .	22
Tabla 6	Características de la red de vigilancia del volcán Sucubún.	26

RESUMEN

Durante el mes de marzo de 2021 los volcanes del segmento central de Colombia presentaron un comportamiento estable. Los datos obtenidos mediante las diferentes técnicas usadas en el monitoreo volcánico permanecieron dentro de los niveles observados en los últimos meses, con algunas variaciones que son normales dentro de la dinámica natural de los volcanes.

La actividad sísmica del **volcán Nevado del Huila** registrada entre el 1 y el 31 de marzo se caracterizó por el predominio de la sismicidad relacionada con la dinámica de fluidos en los conductos volcánicos (tipo LP), que no presentó variaciones a destacar, puesto que el número de eventos y la energía liberada por estos permanecieron dentro de los valores observados durante el último año. Los eventos VT localizados durante este mes se concentraron principalmente al NE del edificio volcánico, de manera que esta fuente sismogénica distal, continúa siendo la más recurrente en los últimos dos años de monitoreo sísmico. En cuanto a las demás técnicas implementadas para la vigilancia volcánica como deformación del suelo, electromagnetismo, ondas de infrasonido y cámaras web para el monitoreo de la actividad superficial, no se detectaron cambios asociados con variaciones en la actividad del volcán.

Durante el mes de marzo la actividad del **volcán Puracé** continuó mostrando un comportamiento estable, tanto en el número de eventos diarios como en la energía liberada por los mismos. El registro sísmico obtenido para el periodo evaluado permitió observar predominio de la sismicidad asociada a la dinámica de fluidos en los conductos volcánicos, sobre la actividad relacionada con procesos de fracturamiento de roca; lo cual corresponde al comportamiento observado en los últimos años para este sistema volcánico. Es de notar que la sismicidad tipo VT presenta un aumento en recurrencia desde el mes anterior. Del mismo modo, a partir del análisis de las imágenes obtenidas mediante las cámaras web para el monitoreo de la actividad superficial, no se observaron variaciones en el comportamiento del flujo de gases emitido a través de las fumarolas interna y lateral del volcán. El monitoreo fisicoquímico de las emisiones de gases a la atmósfera como el SO_2 (Dióxido de azufre) y concentración de CO_2 (Dióxido de Carbono) en suelo de la zona circundante al cráter y en los flancos del edificio volcánico, registró valores que se encuentran dentro de las líneas base que se tienen estimadas para el volcán. Finalmente, los datos obtenidos a partir del monitoreo de deformación del suelo, electromagnetismo y ondas de infrasonido no mostraron variaciones asociadas con cambios en la actividad del volcán.

La actividad del **volcán Sotará** en el mes de marzo se caracterizó por la ocurrencia de sismicidad relacionada en su gran mayoría con procesos de fracturamiento de roca (tipo VT), sin embargo, estos fueron de bajo aporte energético. Las localizaciones obtenidas estuvieron principalmente bajo el edificio volcánico, con profundidades entre 2 y 4 km , con valores en magnitud por debajo de 0.8 M_L . Por otro lado, la sismicidad de fluidos (tipo LP y TR) de baja magnitud presentó un aumento en recurrencia. Los datos obtenidos mediante la red de monitoreo de la deformación del suelo continuaron mostrando una tendencia estable. Por su parte, las imágenes obtenidas por las cámaras web no mostraron variaciones a destacar. El **volcán Sucubún** no presentó actividad sísmica durante el mes de marzo, ni cambios en su actividad superficial.

1 FUNCIONAMIENTO DE LA RED DE MONITOREO VOLCÁNICO Y SÍSMICO DEL SEGMENTO CENTRAL DEL PAIS

Los valores del porcentaje de funcionamiento para todas las estaciones telemétricas (transmisión por radio constante y recepción de datos ininterrumpida) se calculan en función del funcionamiento de su sistema telemétrico y de adquisición de datos (50%), así como de la calidad de la señal (50%); es decir, validando que los datos adquiridos sean aptos para su procesamiento. La fórmula que se aplica es la raíz cuadrada de la multiplicación de la adquisición y la calidad. La gráfica de estimación del funcionamiento de estaciones se muestra en la figura 1.

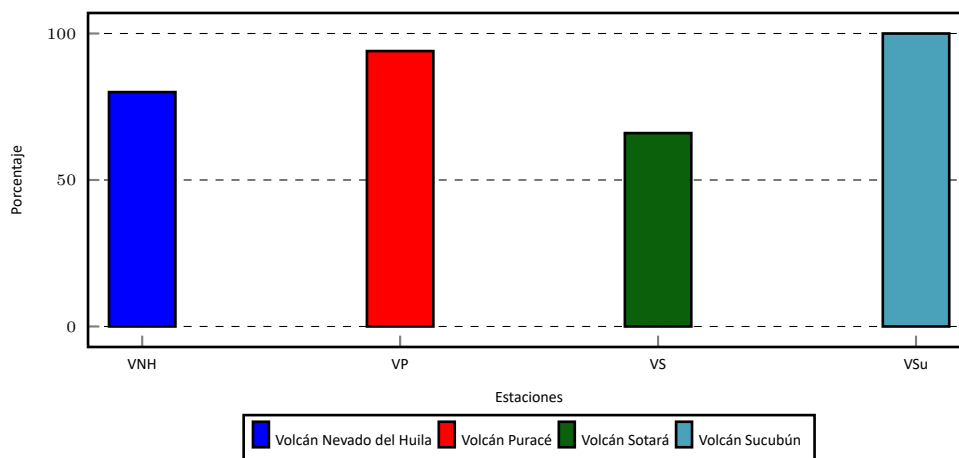


Figura 1: Funcionamiento de las estaciones de la red de vigilancia durante marzo de 2021.

1.1 Red de vigilancia Volcán Nevado del Huila

La red de vigilancia del volcán Nevado del Huila está compuesta por 16 estaciones, equipadas con instrumentos empleados para medir diferentes parámetros físicos en el área de influencia del volcán, mediante técnicas tales como Geofísica, Geoquímica y Deformación. Constantemente se hace un seguimiento al desempeño y operatividad de toda la red de vigilancia, la cual se evalúa en términos porcentuales. En la tabla 1 se observan las características de la red de vigilancia del volcán Nevado del Huila, mientras que en la figura 2 se ilustra la localización de cada estación operativa que conforma la de red de vigilancia.

1.1.1 Generalidades

1.1.1.1 Red de estaciones sísmicas. El volcán Nevado del Huila cuenta en la actualidad con una red de seis (6) estaciones sísmicas, cinco (5) de tipo banda ancha y uno (1) de corto período, en el orden mencionado, se denominan y ubican en los siguientes sectores: Buce (BUCBA), 10.9 km al SO del Pico Central; Maravillas (MARBA), 12.5 km al SE del Pico Central; Tafxnú (TAFBA), 21.5 km al SO del Pico Central; La Palma (PALBA), 34.2 km al SE del Pico Central; La Bella (BELBA), 28.1 km al NE del Pico Central; y Caloto (CALCO), 4.04 km al SO del Pico Central (figura 3).

1.1.1.2 Red de estaciones de monitoreo de flujos de lodo. La red de estaciones para monitoreo de flujos de lodo fue instalada en octubre de 2006, bajo el convenio interinstitucional suscrito entre el entonces denominado INGEOMINAS (OVS-Popayán), la Corporación

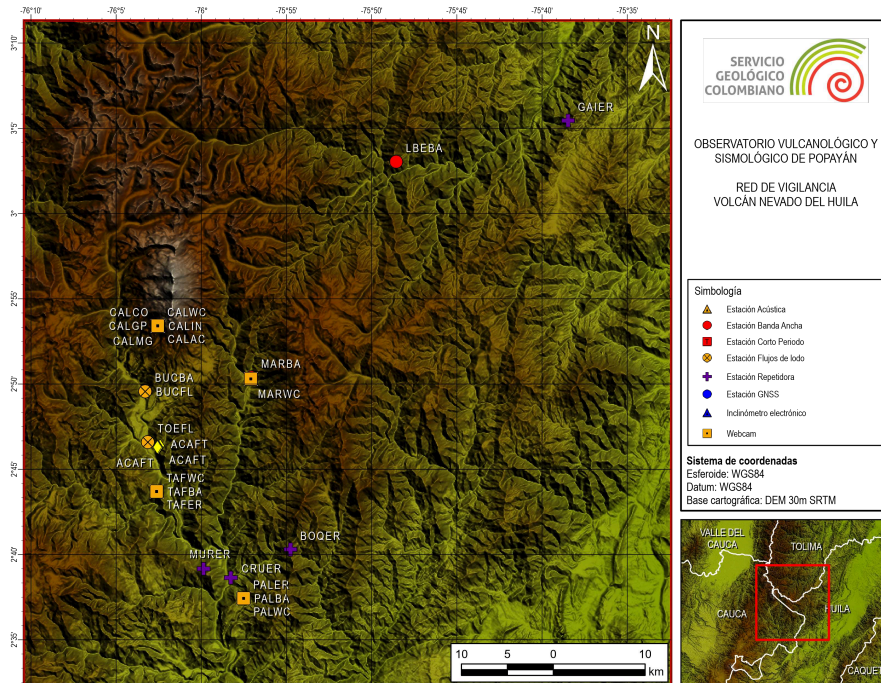


Figura 2: Mapa de la red de vigilancia del volcán Nevado del Huila.

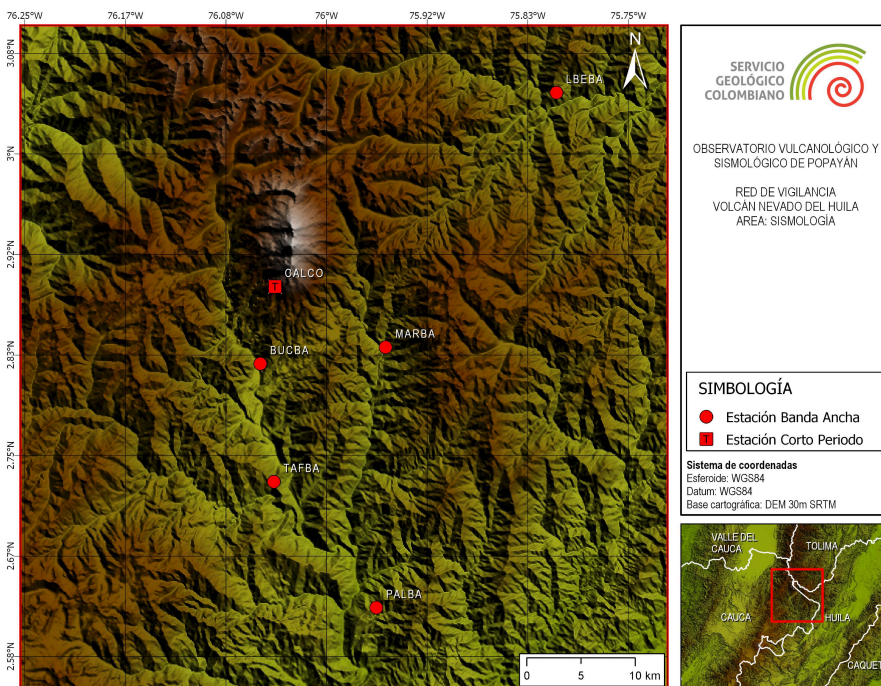


Figura 3: Red de monitoreo de estaciones sísmicas del volcán Nevado del Huila.

NASA KIWE, la DGPAD (ahora UNGRD) y la alcaldía de Páez. La red de monitoreo de flujos de lodo actualmente está compuesta por dos (2) estaciones instaladas sobre la cuenca del río Páez.

1.1.1.3 Cámaras web. El volcán Nevado del Huila cuenta con cuatro (4) cámaras con conexión IP para el monitoreo de la actividad superficial. Estos equipos se encuentran ubicados en el extremo S del edificio volcánico, en los sectores denominados Tafxnú (21.8 *km* al SO del Pico Central), Maravillas (12.6 *km* al SE del Pico Central), Caloto (4.04 *km* al SO del Pico Central) y La Palma (34 *km* al SE del Pico Central) (figura 4).

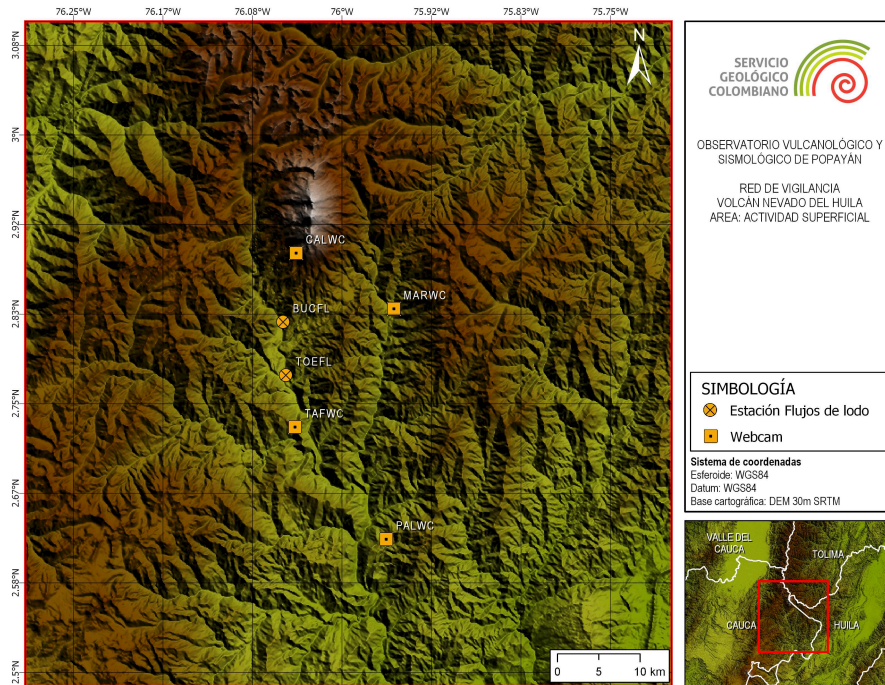


Figura 4: Red de monitoreo de la actividad superficial del volcán Nevado del Huila.

1.1.1.4 Deformación volcánica. Para la vigilancia de la deformación del edificio volcánico, se dispone de un inclinómetro electrónico (CALIN) y de un GNSS permanente (CALGP), ambos localizados en la estación Caloto, a una distancia de 4.04 *km* al SO del Pico Central y a una altura de 4184 *m.s.n.m.* (figura 5).

1.1.1.5 Electromagnetismo. En cuanto a las mediciones del campo magnético local y sus variaciones a través del tiempo, el volcán Nevado del Huila cuenta con un magnetómetro instalado en la estación Caloto (CALMG) a 4.04 *km* al SO del Pico Central (figura 6).

1.1.1.6 Sensor de infrasonido. Se encuentra en la estación Caloto, equipada con un sensor de infrasonido, mediante el cual se obtienen registros acústicos relacionados con la actividad volcánica. Este equipo se encuentra instalado a 4.04 *km* al SO del Pico Central.

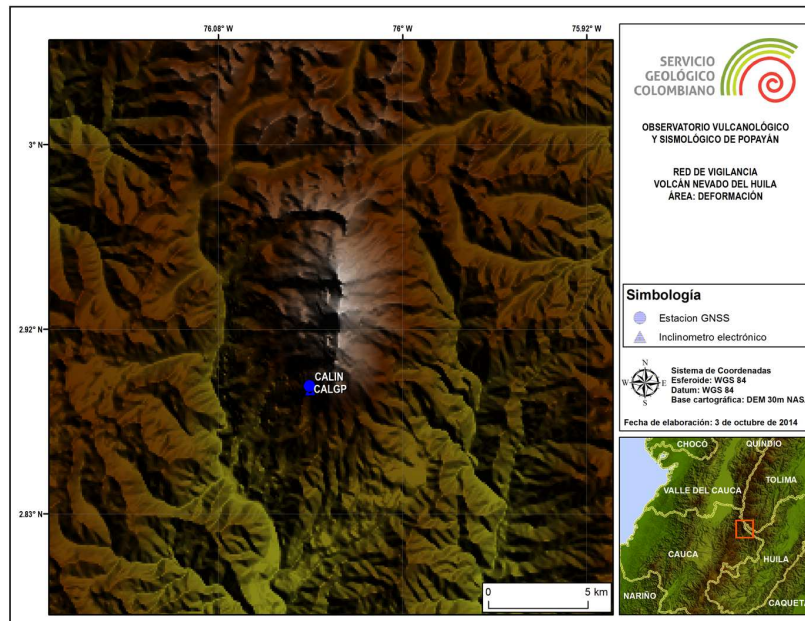


Figura 5: Red de vigilancia en deformación del volcán Nevado del Huila.

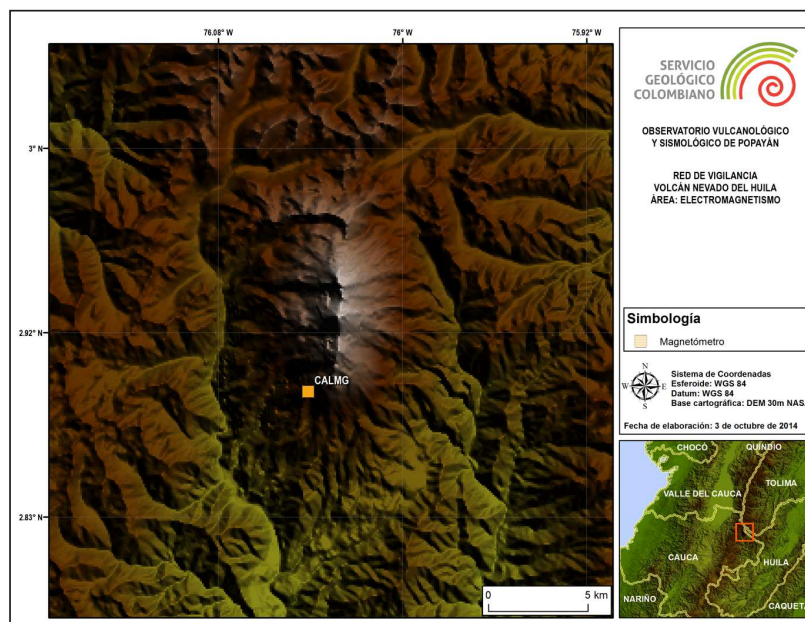


Figura 6: Red de monitoreo de campos electromagnéticos del volcán Nevado del Huila.

1.1.2 Funcionamiento de estaciones

El funcionamiento de la red de monitoreo volcánico y sísmico del segmento central del país, la cual incluye estaciones telemétricas y no telemétricas (toma de datos *in situ*) alcanzó un valor de 83% para el mes de marzo de 2021. A su vez la red de vigilancia del Volcán Nevado del Huila presentó un porcentaje de funcionamiento del 80% sobre este valor total.

Nombre	Tipo	Latitud N	Longitud W	Altitud (m.s.n.m.)	Distancia al Pico Central (km)	Operativa
Buco	Estación Banda Ancha	2.8265	76.0548	2310	10.9	SI
Caloto	Estación Corto Período	2.8901	76.0426	4184	3.8	SI
	Cámara web					SI
	Estación Acústica					SI
	Estación GNSS					SI
	Inclinómetro Electrónico					SI
	Magnetómetro					SI
La Bella	Estación Banda Ancha	3.0489	75.8102	2518	28.1	SI
La Palma	Estación Banda Ancha	2.6237	75.9586	2230	34	SI
	Cámara web					SI
Maravillas	Estación Banda Ancha	2.8397	75.9510	2207	12.5	SI
	Cámara web	2.8383	75.9515	2194	12.6	SI
Muralla	Flujos de lodo	2.6526	75.9977	2420	30.3	SI
Tafxnú	Estación Banda Ancha	2.7281	76.0437	2410	21.5	SI
	Cámara web					SI
Tóez	Flujos de lodo	2.7765	76.0523	1987	16.3	SI

Tabla 1: Características de la red de vigilancia del volcán Nevado del Huila.

1.2 Red de vigilancia Volcán Puracé

El volcán Puracé cuenta actualmente con una red de vigilancia compuesta por 100 estaciones, de las cuales 52 poseen un sistema de telemetría de datos (tabla 2), mientras que en las 48 restantes los datos son adquiridos directamente en puntos de muestreo (tabla 3). Estas estaciones se emplean para medir diferentes parámetros, mediante técnicas tales como sismología, deformación, geofísica, geoquímica y actividad superficial (figura 7).

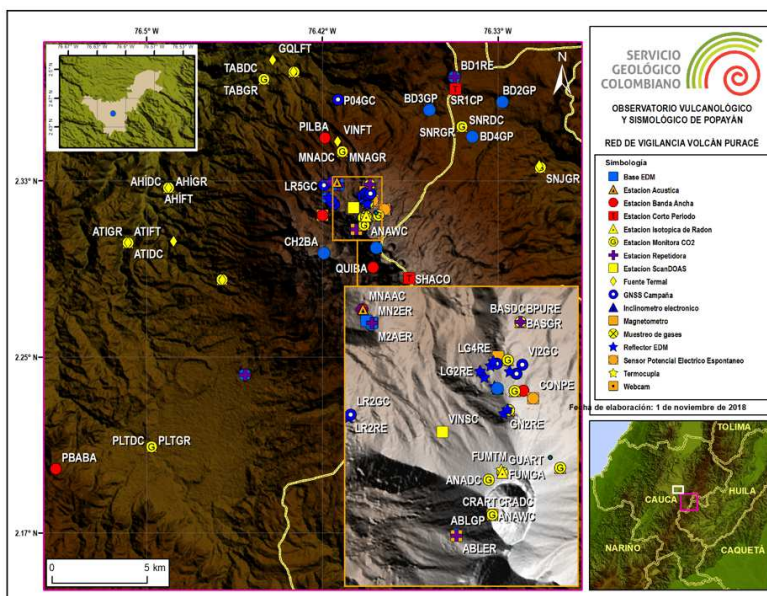


Figura 7: Mapa de la red de vigilancia del volcán Puracé.

1.2.1 Generalidades

1.2.1.1 Red de estaciones sísmicas. El volcán Puracé cuenta con una red operativa de 12 estaciones sismológicas cuya distribución cubre todos los flancos del volcán como se describe

Nombre	Tipo	Latitud N	Longitud W	Altitud (m.s.n.m.)	Distancia al Cráter (km)
Agua Blanca	Estación Corto Período	2.3103	76.4005	4374	0.7
	Inclinómetro electrónico				
	Magnetómetro				
	Estación GNSS	2.3105	76.4004	4380	0.7
Agua Bonita	Estación Banda Ancha	2.2415	76.4532	3196	10.3
	Estación Meteorológica				
	Estación GNSS			3201	
Anambio	Estación de CO_2	2.3124	76.3969	4595	0.4
	Cámara web				
Bedón1	Estación GNSS	2.3826	76.3538	3603	8.9
Bedón2	Estación GNSS	2.3708	76.3310	3460	9.6
Bedón3	Estación GNSS	2.3670	76.3657	3452	6.7
Bedón4	Estación GNSS	2.3544	76.3453	3461	7.3
Chagartón2	Banda ancha	2.2991	76.4158	4304	2.7
	Estación GNSS				
Cerro Sombrero	Cámara web	2.2681	76.5683	3331	19.6
Cocuy2	Banda Ancha	2.3199	76.3864	4289	1.4
	Inclinómetro electrónico				
	Estación GNSS	2.3197	76.3861	4299	1.4
	Potencial Eléctrico Espontáneo	2.3199	76.3871	4312	1.3
Cocuy3	Estación isotópica de Radón	2.3171	76.3901	4452	1.0
	Estación monitora de CO_2				
Cocuy4	Estación Meteorológica	2.3182	76.3910	4440	0.9
Cóndor	Estación Banda Ancha	2.3249	76.3938	4294	1.1
	Potencial Eléctrico Espontáneo	2.3241	76.3928	4324	
Cráter	Estación Isotópica de Radón	2.3124	76.3969	4547	0.5
	Estación monitora de CO_2				
Curiquina	Inclinómetro electrónico	2.3009	76.3908	4507	1.8
	Banda Ancha				
	Estación GNSS				
Fumarola	Termocupla	2.3170	76.3960	4500	0.3
Guañarita	ScanDOAS	2.3229	76.3952	4384	0.8
	Estación Isotópica de Radón	2.3166	76.3959	4545	0.3
Guañarita2	Estación GNSS	2.3250	76.3963	4248	1.0
	Inclinómetro electrónico				
Laguna	Magnetómetro	2.3282	76.3963	4177	1.3
Lavas Rojas	Estación Banda Ancha	2.3171	76.4166	4049	2.0
	Cámara web				
	Estación GNSS	2.3255	76.4140	4051	
	Inclinómetro electrónico	2.3171	76.4165	4058	
Mina	Estación Corto Período	2.3330	76.4098	4049	2.2
	Estación Meteorológica				
	Sensor Acústico				
	Estación GNSS	2.3147	76.4090	3904	1.2
	Cámara web	2.3316	76.4089	4082	2.0
Pilimbalá	Estación Banda Ancha	2.3537	76.4155	3565	4.5
Piñuelas	Estación monitora de CO_2	2.3404	76.4008	3774	2.7
Quintín	Estación Banda Ancha	2.2924	76.3926	4239	2.8
San Juan	Estación monitora de CO_2	2.3397	76.3133	3237	9.8
San Rafael	Corto Período	2.3771	76.3526	3518	8.5
Shaka	Corto Período	2.2873	76.3755	4445	4.1
Vinagre	ScanDOAS	2.3207	76.4018	4226	0.6

Tabla 2: Características de la red de vigilancia telemétrica del volcán Puracé.

a continuación: la estación San Rafael está ubicada a una distancia de 8.5 km al NE del cráter, Mina, Lavas Rojas 2, Pilimbalá, Curiquina, Quintín y Shaka, se encuentran distribuidas hacia los sectores NO y SE del edificio volcánico, y a distancias entre 2 y 4.5 km del mismo; las estaciones Cóndor, Cocuy2, Agua Blanca y Chagartón2, están instaladas hacia los sectores

Nombre	Tipo	Latitud N	Longitud O	Altitud (ms.n.m.)	Distancia al Cráter (km)
Agua Hirviendo	Estación Monitora de CO_2	2.3301	76.4896	2649	10.2
	Fuente Termal				
Agua Tibia	Estación Monitora de CO_2	2.3041	76.5088	2683	12.3
	Fuente Termal				
Base	Estación Isotópica de Radón	2.3317	76.3941	4056	1.8
	Estación Monitora de CO_2				
Cóndor	Estación Monitora de CO_2	2.3248	76.3946	4317	1.0
Fumarola	Muestreo de gases	2.3166	76.3959	4545	0.3
Guañarita	Estación Monitora de CO_2	2.3229	76.3952	4393	0.8
	Reflector EDM	2.3253	76.3966	4293	1.0
Guañarita2	Reflector EDM	2.3226	76.3957	4386	0.8
Guañarita3	Reflector EDM	2.3230	76.3954	4384	0.8
Guarquelló	Fuente Termal	2.3907	76.4402	2802	9.5
Hornos Tres	Fuente Termal	2.3048	76.4872	2747	9.9
Hornos Siete	Fuente Termal	2.3049	76.4873	2743	9.9
Laguna	Estación Monitora de CO_2	2.3279	76.3953	4196	1.3
	GNSS Campaña	2.3275	76.3964	4207	1.3
	Reflector EDM	2.3262	76.3977	4233	1.1
Laguna2	Reflector EDM	2.3268	76.3981	4206	1.2
Laguna3	Reflector EDM	2.3274	76.3971	4206	1.2
Laguna4	Reflector EDM	2.3278	76.3968	4005	1.3
Lavas Rojas2	GNSS Campaña	2.3225	76.4110	4059	1.5
	Reflector EDM	2.3222	76.4112	4087	1.5
Lavas Rojas3	GNSS Campaña	2.3239	76.4123	4077	1.7
	Reflector EDM	2.3239	76.4122	4067	1.7
Lavas Rojas4	Reflector EDM	2.3256	76.4135	4019	1.9
Lavas Rojas5	GNSS Campaña	2.3313	76.4160	3951	2.5
Mina	Base EDM	2.3316	76.4089	4075	2.0
	Estación monitora de CO_2	2.3473	76.4072	3670	3.6
	Fuente Termal	2.3530	76.4180	3237	4.6
Mina2	GNSS Campaña	2.3310	76.4097	3959	2.0
	Base EDM				
Mina3	GNSS Campaña	2.3329	76.4121	3956	2.4
Paletará	Estación monitora de CO_2	2.2074	76.4977	2986	16.4
Pilimbala4	GNSS Campaña	2.3719	76.4093	3279	6.3
Pozo Azul	Estación monitora de CO_2	2.2867	76.4642	3125	8.0
	Fuente Termal	2.2865	76.4641	3115	8.0
Pululó	Estación monitora de CO_2	2.3851	76.4301	2867	8.4
	Fuente Termal	2.3852	76.4302	2889	8.4
San Juan	Fuente Termal	2.3406	76.3138	3265	9.8
San Rafael	Estación monitora de CO_2	2.3592	76.3504	3425	7.2
Tabío	Estación monitora de CO_2	2.3815	76.4444	2861	8.8
Versalles	Fuente Termal	2.3169	76.2611	2761	15.3
Vinagre	GNSS Campaña	2.3265	76.3945	4258	1.2
	Reflector EDM	2.3268	76.3951	4260	1.2
	Fuente Termal	2.3521	76.4093	3624	4.1
Vinagre2	GNSS Campaña	2.3275	76.3939	4222	1.3

Tabla 3: Características de la red de vigilancia no telemétrica del volcán Puracé.

NE y SO del cráter del volcán, ubicadas en un rango de distancia que oscila entre 0.6 y 2.7 *km* de la cima del volcán, y la estación Agua Bonita, localizada a 10.3 *km* al SE del cráter del volcán (figura 8).

1.2.1.2 Red de deformación. Para el monitoreo de los procesos deformativos asociados con la actividad volcánica, el volcán Puracé esta instrumentado con un total de 17 estaciones telemétricas, cinco (5) de ellas son inclinómetros electrónicos, los cuales están ubicados respecto al cráter, de la siguiente manera: Agua Blanca a 0.7 *km* al SO; Cocuy2 a 1.4 *km* al NE;

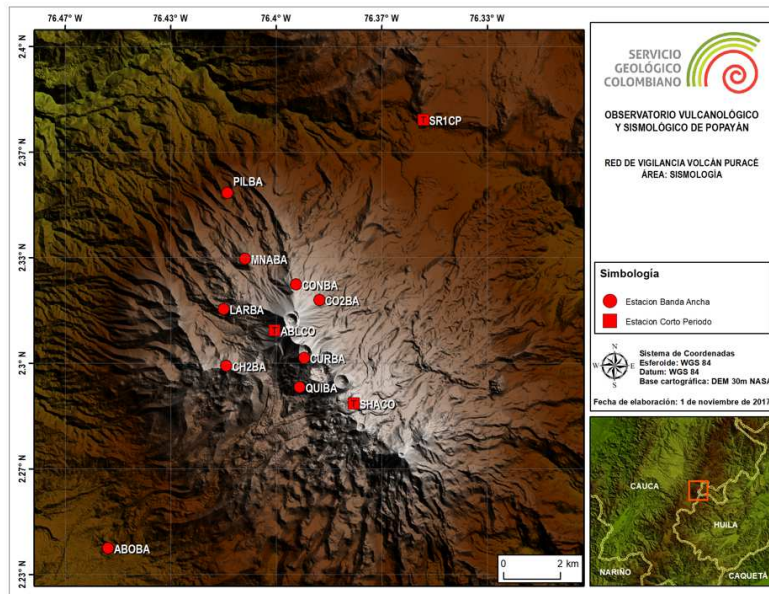


Figura 8: Red de vigilancia en sismología del volcán Puracé.

Lavas Rojas y Guañarita a 2 *km* al NO y Curiquina a 1.8 *km* al SE. Las 12 estaciones restantes corresponden a estaciones GNSS permanentes, distribuidas en todos los flancos del volcán a las siguientes distancias desde cráter: Agua Blanca, Chagarton2 y Agua Bonita a 0.7, 2.7 y 10.3 *km* al SO, respectivamente; Cocuy2 a 1.4 *km* al NE; al NO se encuentra Guañarita2 a 1 *km*, Lavas Rojas y Mina ambas a 2 *km*; y Curiquina a 1.9 *km* al SE. Hacia el NE en la zona de San Rafael, se encuentran instaladas las estaciones Bedón1, Bedón2, Bedón3 y Bedón4 a distancias de entre 9 y 7 *km* del edificio volcánico. La estación GNSS Popayán (ubicada en el aeropuerto Guillermo León Valencia), localizada a 27 *km* al NE del edificio volcánico, es la estación de referencia para los diferentes tipos de procesamiento. Finalmente, esta red de monitoreo se complementa con dos (2) bases y 11 reflectores EDM, mediante los cuales se realizan medidas periódicas de control topográfico, así como con nueve (9) puntos de control para ocupaciones con GNSS de campaña (figura 9).

1.2.1.3 Cámaras web. El monitoreo de la actividad superficial del volcán Puracé se realiza a través de cuatro (4) cámaras con conexión IP: La Mina y Lavas Rojas, localizadas a 2 *km* en dirección NO y O del cráter del volcán respectivamente, Anambío, ubicada dentro del cráter activo, esta permite visualizar los cambios morfológicos al interior del mismo. Por último, la cámara web Cerro Sombrero, que se encuentra ubicada a 18 *km* al SO del cráter del volcán (figura 10).

1.2.1.4 Electromagnetismo. Para el monitoreo de las variaciones del campo natural del potencial eléctrico y del campo magnético local, se han instalado en el volcán Puracé dos sensores de potencial eléctrico espontáneo, Cóndor y Cocuy, ambos ubicados al NE del edificio volcánico a distancias de 1.1 y 1.3 *km* del cráter, respectivamente. Igualmente se cuenta con dos magnetómetros: Laguna y Agua Blanca; el primero de ellos localizado a 1.3 *km* al N de la cima volcánica, y el segundo instalado a 0.7 *km* al O del volcán (figura 11).

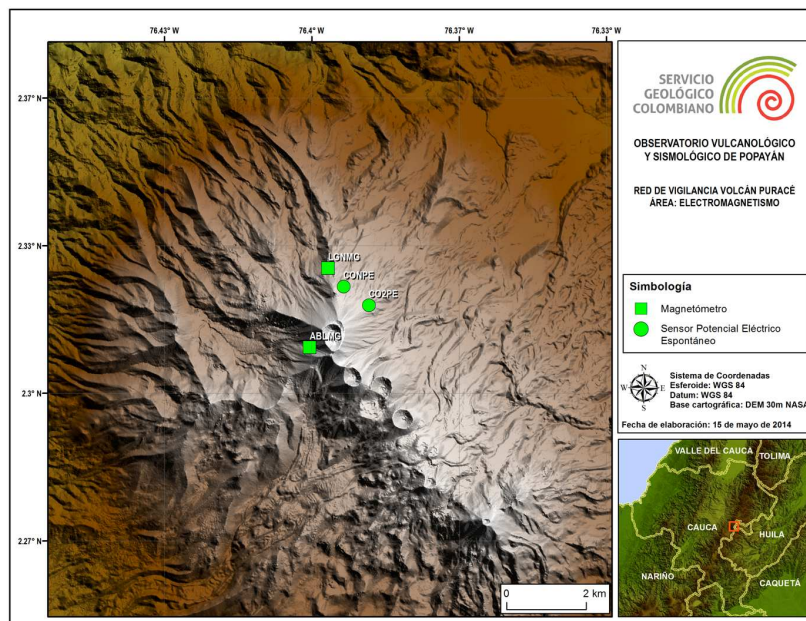


Figura 11: Red de monitoreo de campos electromagnéticos del volcán Puracé.

al N del cráter. Se cuenta también con 13 estaciones no telemétricas para el monitoreo de CO_2 . El monitoreo de gases involucra también mediciones continuas del flujo de Dióxido de Azufre (SO_2) emitido a través de las fumarolas, para tal fin se cuenta con las estaciones ScanDOAS Vinagre y Guañarita, ubicadas a 0.6 y 0.8 km , al NO y N del cráter, respectivamente. Por otro lado, muestreos fisicoquímicos periódicos en los que se miden temperaturas y parámetros fisicoquímicos de manera *in situ* en 10 fuentes termales (12 puntos de muestreo), y en el campo fumarólico que está ubicado en el flanco norte del cráter (borde exterior); este último punto, localizado a 0.3 km al NO del cráter, cuenta con un sistema de acople de termocuplas con transmisión telemétrica de los datos de temperatura en tres (3) puntos equidistantes del campo fumarólico (figura 12).

1.2.1.6 Meteorología. El volcán Puracé cuenta con tres estaciones meteorológicas que son: Mina, la cual se localiza a 2.2 km al NO del cráter; Cocuy 4, que está ubicada a aproximadamente 0.7 km al NE del cráter; y Agua Bonita, ubicada a 10.3 km al SO del cráter del volcán. Estas estaciones obtienen datos de dirección y velocidad del viento, así como de los niveles de precipitación que se presentan en la zona de influencia del volcán.

1.2.1.7 Sensor de infrasonido. Se encuentra en la estación Mina, equipado con un sensor de infrasonido, mediante el cual se obtienen registros acústicos relacionados con la actividad volcánica. Este equipo se encuentra instalado 2.2 km al NE del cráter del volcán Puracé.

1.2.2 Funcionamiento de estaciones

Las estaciones de monitoreo volcánico instaladas en el volcán Puracé presentaron un valor de funcionamiento del 94%, sobre el 83% del total de la red de monitoreo del segmento central del país para este período.

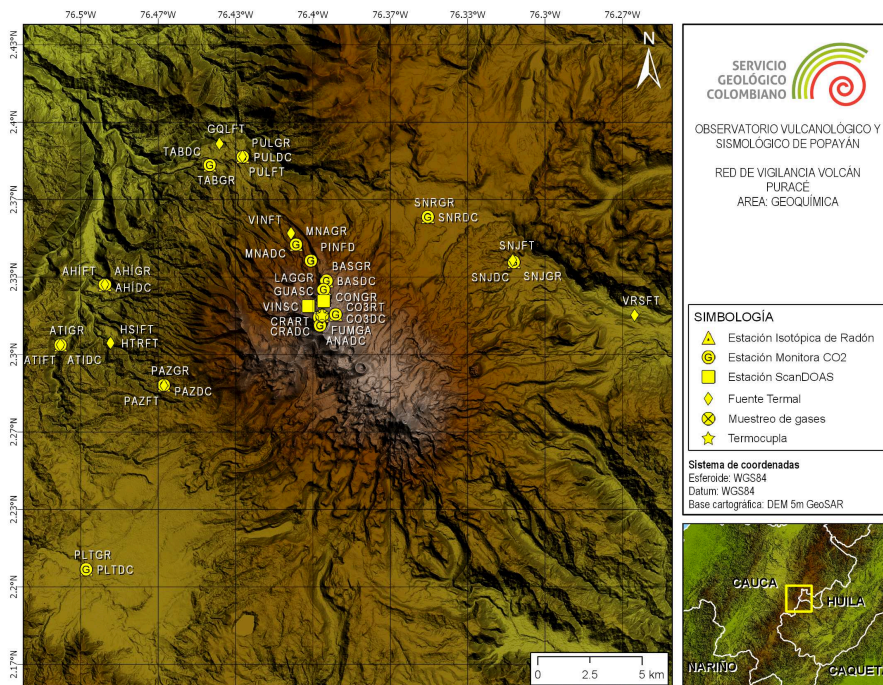


Figura 12: Red de vigilancia en fisicoquímica del Volcán Puracé.

1.3 Red de vigilancia Volcán Sotará

El volcán Sotará cuenta en la actualidad con una red de vigilancia compuesta por 33 estaciones, 19 de ellas cuentan con un sistema de telemetría de datos (telemétricas); mientras que en las 14 restantes los datos son adquiridos directamente en puntos de muestreo (no telemétricas). Estas estaciones se emplean para medir diferentes parámetros físicos, mediante técnicas como geofísica, deformación y geoquímica. En la figura 13 se muestra la red de vigilancia del volcán Sotará, mientras que en las tablas 4 y 5 se detallan las principales características de las estaciones que componen la red de vigilancia de este volcán.

1.3.1 Generalidades

1.3.1.1 Red de estaciones sísmicas. Actualmente el volcán Sotará cuenta con nueve (9) estaciones sísmicas. Dos (2) de ellas son corto período; en orden de cercanía a la cima del volcán, son: Triángulo a 0.7 km al N y Cerro Gordo a 2.9 km al SE. Las siete (7) estaciones restantes poseen sensores de banda ancha y están dispuestas, también con respecto a la cima del volcán, así: al NE las estaciones Triangulo2 a 1.4 km, Pirámide a 1.8 km, Peñón Bajo a 11.3 km y Cerro Sombrero a 18 km; al NO se encuentran las estaciones Oso2 a 0.8 km y Sotará a 3.1 km; al S está localizada la estación de Aguas Rojas a 1.1 km (figura 14).

1.3.1.2 Red de deformación. Esta red se encuentra conformada por tres (3) inclinómetros electrónicos: Oso2 y Sotará, localizados a 0.7 y 3.1 km al NO de la cima del volcán respectivamente y Triangulo ubicado a 0.7 km al NE del edificio volcánico. De igual manera, se cuenta con (5) cinco estaciones GNSS permanentes distribuidas desde la cima del volcán de la siguiente manera: Oso a 0.7 km al NO; Pirámide a 1.8 km al NE; Corona 0.3 km al SO, Aguas Rojas a 1.1 km al SE y Danta a 0.7 km al E. Adicionalmente, se han instalado dos (2) bases y

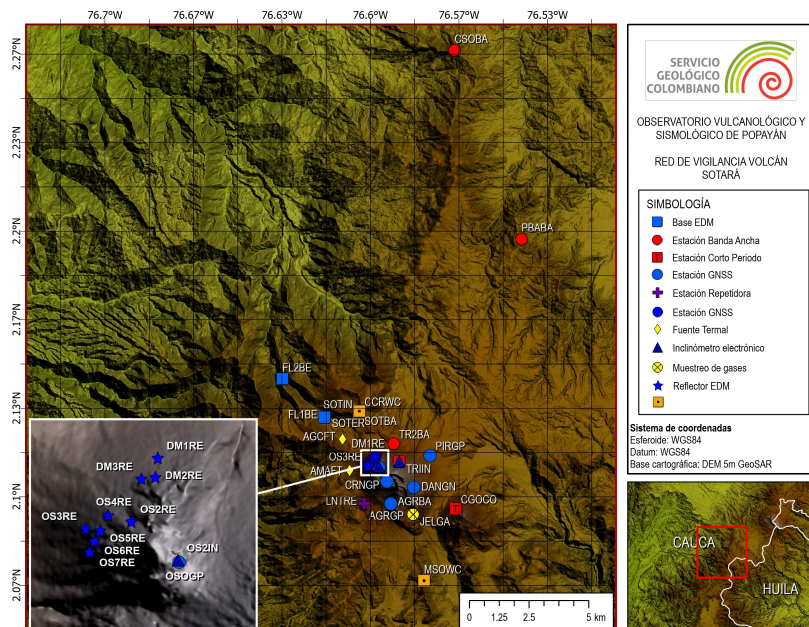


Figura 13: Red de vigilancia del volcán Sotará.

Nombre	Tipo	Latitud N	Longitud W	Altitud (ms.n.m.)	Distancia al Cráter (km)
Aguas Rojas	Estación Banda Ancha	2.0974	76.5923	4039	1.1
	Estación GNSS				
Cerro Crespo	Cámara web	2.1322	76.6041	3848	3.1
Cerro Gordo	Estación Corto Período	2.0954	76.5678	3874	2.9
Cerro Sombrero	Estación Banda Ancha	2.0954	76.5678	3874	2.9
Corona	Estación GNSS	2.1057	76.5937	4337	0.3
Danta	Estación GNSS	2.1035	76.5836	4091	0.9
Majuas–Sotará	Cámara web	2.0684	76.5798	3650	4.5
Oso	Estación GNSS	2.1111	76.5968	4189	0.7
Oso2	Estación Banda Ancha	2.1115	76.5966	4106	0.8
	Inclinómetro electrónico			4106	0.8
Peñón Bajo	Estación Banda Ancha	2.1970	76.5430	3330	11.3
Pirámide	Estación Banda Ancha	2.1155	76.5775	3759	1.8
	Estación GNSS				
Sotará	Estación Banda Ancha	2.1322	76.6042	3795	3.1
	Inclinómetro electrónico			3874	
Triángulo	Estación Corto Período	2.1132	76.5891	4166	0.7
	Inclinómetro electrónico				
Triángulo 2	Estación Banda Ancha	2.1200	76.5911	3764	1.4

Tabla 4: Características de la red de vigilancia telemétrica del volcán Sotará.

nueve (9) reflectores EDM para la realización de medidas periódicas de control topográfico (figura 15).

1.3.1.3 Red de fisicoquímica. El monitoreo en Fisicoquímica del volcán Sotará actualmente se encuentra enfocado en tres (3) puntos de muestreo, las fuentes termales Aguas Calientes y Las Amarillas y el campo fumarólico Jelima. Con el fin de obtener datos que permitan establecer líneas base de comportamiento y hacer un seguimiento de las variaciones en los parámetros físico–químicos del sistema volcánico–hidrotermal, se realizan muestreos periódicos *in situ*, simultáneos con medidas físico–químicas. En la figura 16 se muestra la

Nombre	Tipo	Latitud N	Longitud W	Altitud (m.s.n.m.)	Distancia al Cráter (km)
Aguas Calientes	Fuente Termal	2.1216	76.6105	3670	2.7
Amarillas	Fuente Termal	2.1099	76.6078	3611	1.9
Domo1	Reflector EDM	2.1158	76.5977	3932	1.2
Domo2	Reflector EDM	2.1149	76.5978	3988	1.1
Domo3	Reflector EDM	2.1148	76.5985	3969	1.2
Flautas1	Base EDM	2.1299	76.6172	3408	3.8
Flautas2	Base EDM	2.1444	76.6331	3225	6.2
Jelimá	Muestreo de gases	2.0933	76.5839	3737	1.8
Oso2	Reflector EDM	2.1129	76.5989	4050	1.1
Oso3	Reflector EDM	2.1126	76.6010	3916	1.2
Oso4	Reflector EDM	2.1132	76.6000	3993	1.2
Oso5	Reflector EDM	2.1125	76.6003	3979	1.2
Oso6	Reflector EDM	2.1120	76.6006	3973	1.2
Oso7	Reflector EDM	2.1115	76.6008	3964	1.2

Tabla 5: Características de la red de vigilancia no telemétrica del volcán Sotará.

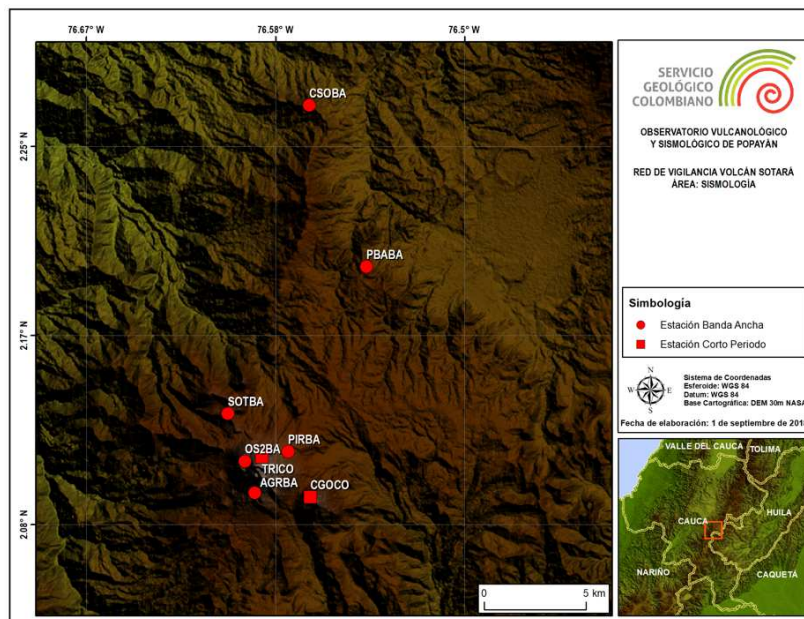


Figura 14: Red de vigilancia en sismología del volcán Sotará.

localización geográfica de los puntos muestreados.

1.3.1.4 Red de actividad superficial. Para el monitoreo de la actividad superficial del volcán Sotará se cuenta con dos (2) cámaras web con conexión IP, las cuales se encuentran instaladas en los sectores Cerro Crespo y Majuas, los cuales respecto al edificio volcánico, se encuentran ubicados a 3.1 km al NO y 4.5 km al SE, respectivamente (figura 17).

1.3.2 Funcionamiento de estaciones

Durante el mes de marzo de 2021 la red de vigilancia del volcán Sotará tuvo un porcentaje de funcionamiento del 66%, sobre el 83% del total de la red de monitoreo del OVSP, la cual incluye estaciones telemétricas y no telemétricas.

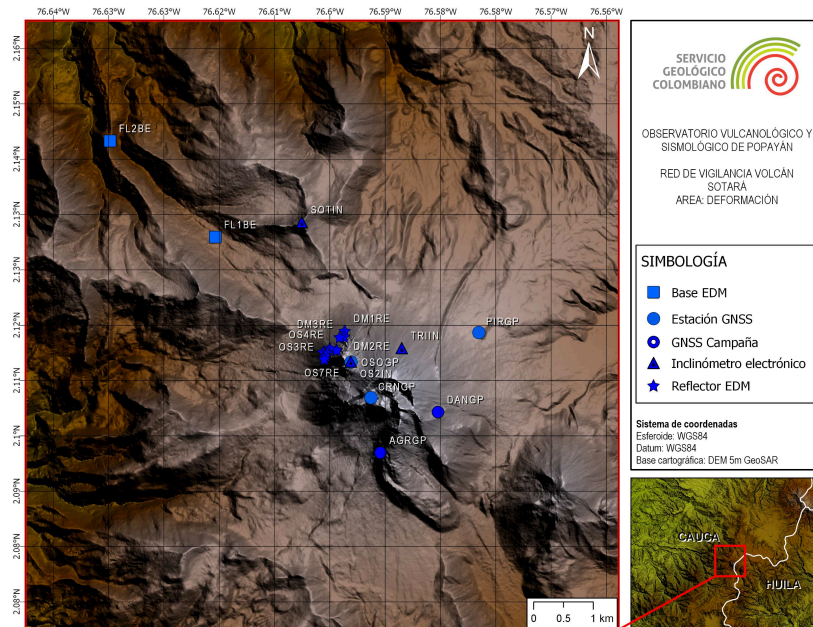


Figura 15: Red de vigilancia en deformación del volcán Sotará.

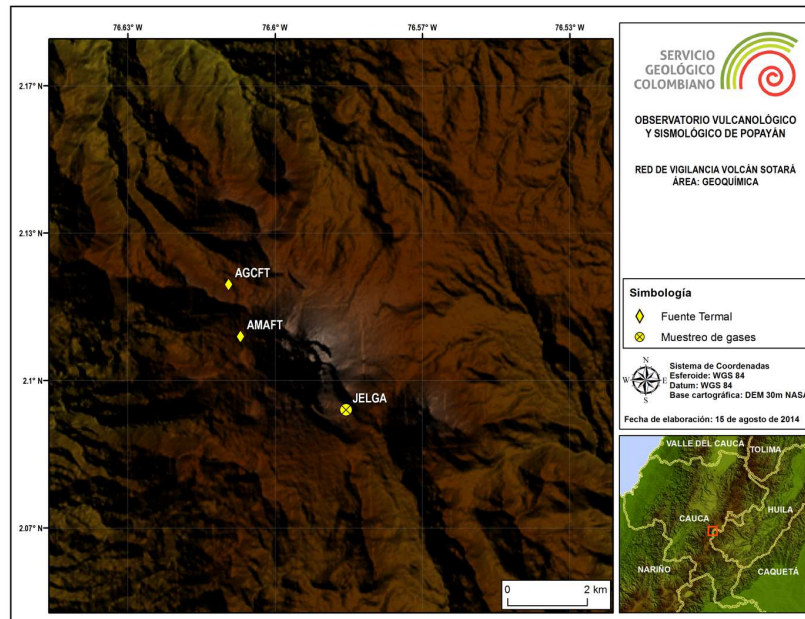


Figura 16: Red de vigilancia en fisicoquímica del volcán Sotará.

1.4 Red de vigilancia Volcán Sucubún

A partir del mes de agosto de 2018 se dio inicio al monitoreo sísmico y de la actividad superficial en el volcán Nevado del Sucubún, y se espera construir gradualmente una red de monitoreo con diferentes técnicas de monitoreo (figura 18).

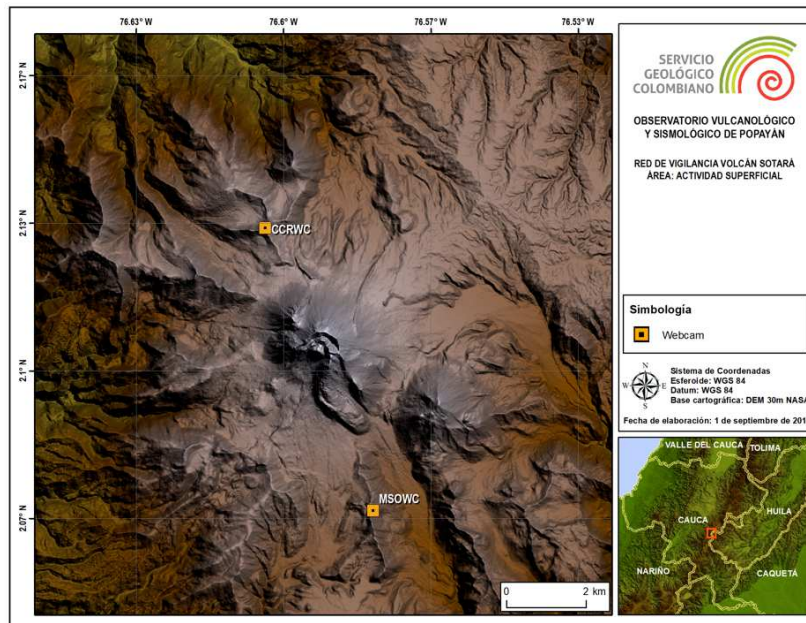


Figura 17: Red de vigilancia de actividad superficial del volcán Sotará.

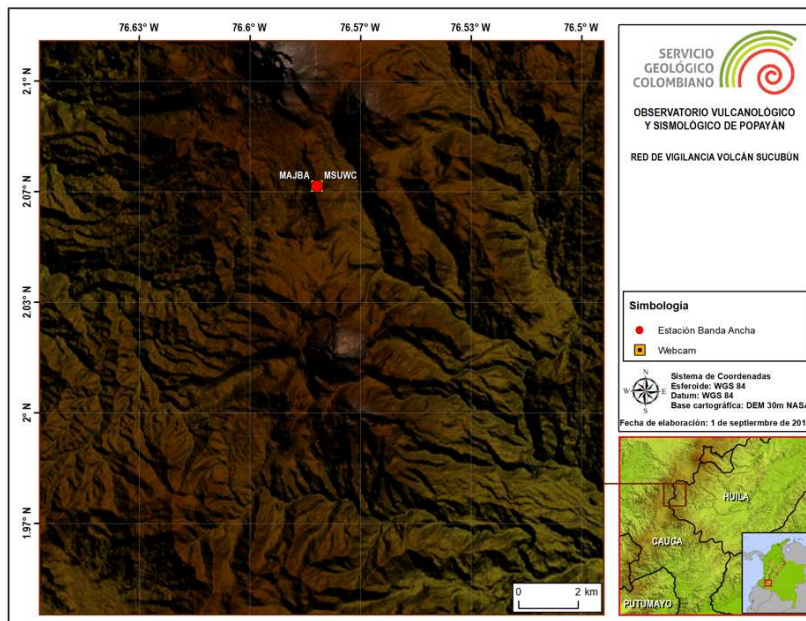


Figura 18: Red de vigilancia del volcán Sucubún.

1.4.1 Generalidades

A partir del mes de agosto de 2018 se dio inicio al monitoreo sísmico y de la actividad superficial en el volcán Nevado del Sucubún, y se espera construir paulatinamente una red de monitoreo con diferentes técnicas de monitoreo.

1.4.1.1 Red de estaciones sísmicas. El volcán Sucubún cuenta con una (1) estación de tipo Banda denominada Majuas, ubicada a 5.7 *km* en dirección NO del edificio volcánico

(figura 19).

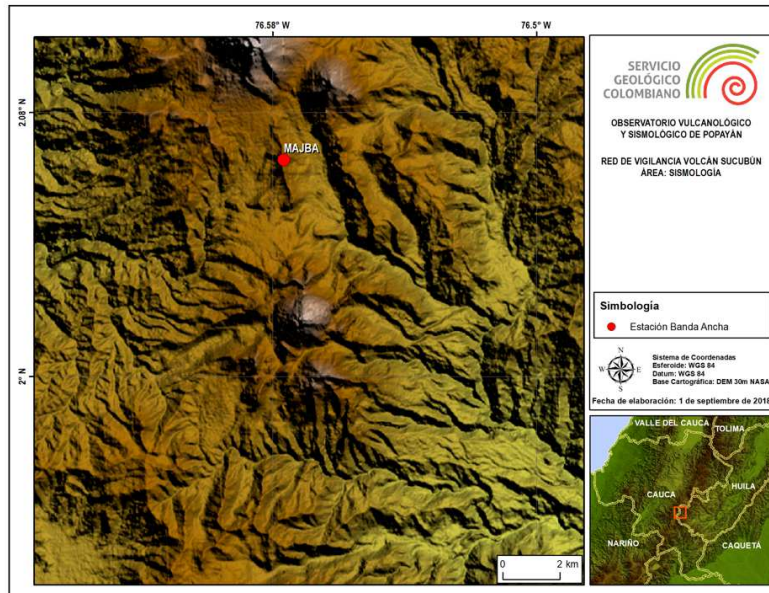


Figura 19: Red de vigilancia en sismología del volcán Sucubún.

1.4.1.2 Cámaras web. Para el monitoreo de la actividad superficial el volcán Sucubún esta instrumentado con una (1) cámara con conexión IP, la cual se encuentra ubicada en el extremo NO del edificio volcánico, a 5.7 *km* de distancia (figura 20).

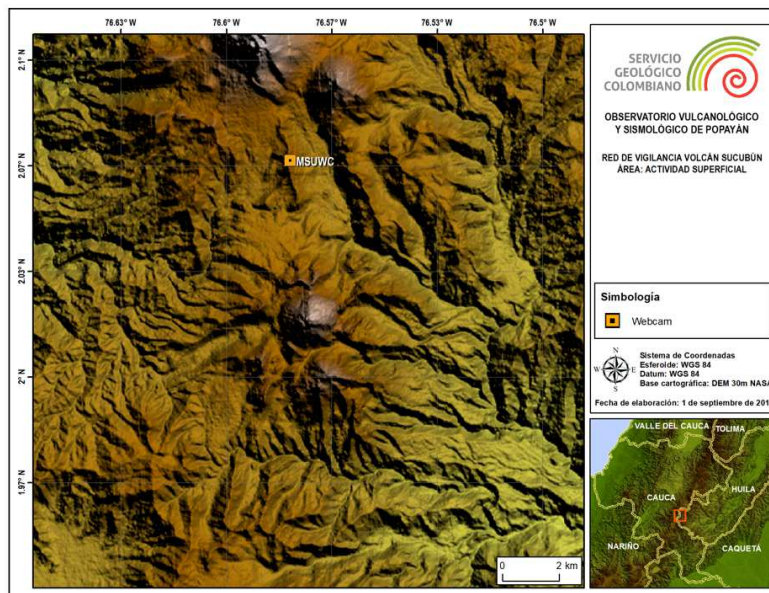


Figura 20: Red de vigilancia en actividad superficial del volcán Sucubún.

Nombre	Tipo	Latitud N	Longitud W	Altitud (m.s.n.m.)	Distancia al Cráter (km)
Majuas– Sucubún	Estación Banda Ancha	2.0974	76.5923	4039	5.7
	Cámara web				

Tabla 6: Características de la red de vigilancia del volcán Sucubún.

1.4.2 Funcionamiento de estaciones

Las estaciones de monitoreo volcánico instaladas en el volcán Sucubún presentaron un valor de funcionamiento del 100%, sobre el 83% del total de la red de monitoreo del segmento central del país para este período.

2 VOLCÁN NEVADO DEL HUILA

El volcán Nevado del Huila (ver figura 22) se localiza en límites de los departamentos del Cauca, Huila y Tolima, en las coordenadas geográficas $2^{\circ} 55' N$ y $76^{\circ} 03' O$, a una distancia aproximada de 90 km al NE de Popayán (ver figura 21).

Este complejo volcánico presenta una forma elongada en dirección N–S, con ejes basales de 16 km en sentido N–S y 11 km en sentido E–O; su cima está cubierta por un casquete glaciar de 7.5 km^2 (Pulgarín et. al, en preparación), en la que sobresalen las topografías que se conocen como picos Norte, La Cresta, Central y Sur, alineados en dirección N–S, respectivamente (figura 22). De igual manera, en el sector sur de esta estructura volcánica se localizan los domos Cerro Negro y Morrillo, los cuales fueron descubiertos a partir del retroceso glaciar de los últimos años. Durante los procesos eruptivos ocurridos en noviembre de 2008 y octubre de 2009, se presentó la extrusión de un nuevo domo lávico, el cual se encuentra emplazado en la parte alta del edificio volcánico entre los picos Central y Sur.

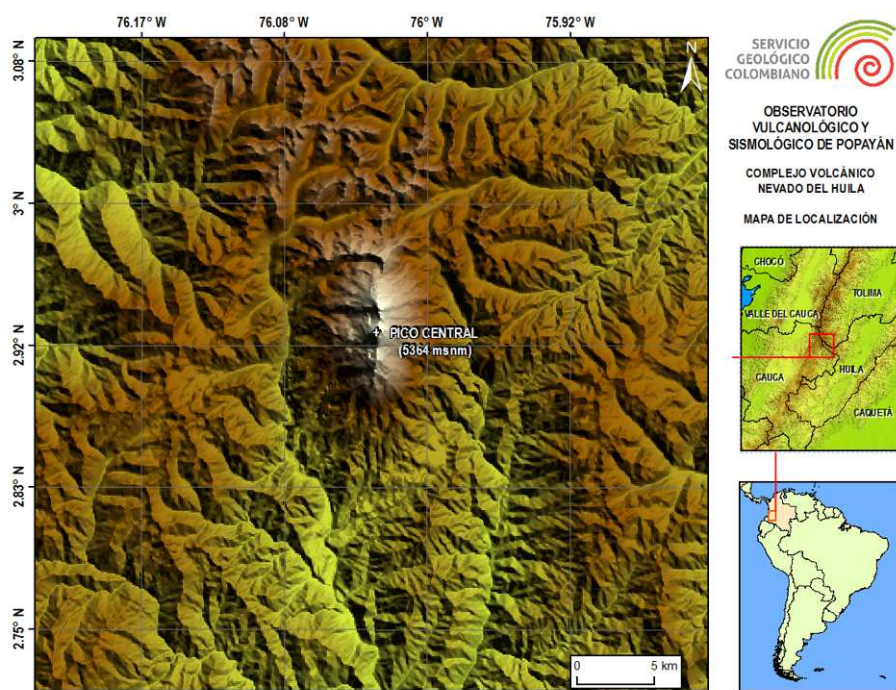


Figura 21: Mapa de localización del Volcán Nevado del Huila.

El Pico Central es la máxima altura del complejo volcánico con 5364 m.s.n.m. , siendo también la máxima altura de la cadena montañosa de los Andes Colombianos; así mismo, éste representa el eje central de la actividad volcánica actual, dado que en él se concentran los principales focos de actividad fumarólica, además de representar una fuente generadora recurrente de actividad sísmica.



Figura 22: Volcán Nevado del Huila, visto desde el costado norte del edificio volcánico. Imagen captada durante sobrevuelo efectuado el 11 de enero de 2011.

2.1 SISMOLOGÍA

2.1.1 Actividad sísmica

La red de estaciones sismológicas ubicadas en el área de influencia del volcán Nevado del Huila (VNH) registró entre el 1 y el 31 de marzo de 2021 un total de 1174 eventos sísmicos, de los cuales 474 estuvieron relacionados con procesos de fracturamiento de roca (tipo VT) y 700 con la dinámica de fluidos en los conductos volcánicos; de estos últimos, 647 fueron catalogados como eventos de largo periodo (tipo LP), 33 como pulsos de tremor de bajo aporte energético (tipo TR) y 20 estuvieron asociados tanto a procesos de fracturamiento de roca como a dinámica de fluidos, por lo que fueron clasificados como eventos híbridos (tipo HB).

La actividad sísmica del volcán Nevado del Huila, evaluada respecto al número de eventos registrados, permaneció dentro de lo observado durante el último año de monitoreo. La sismicidad registrada durante el mes de marzo tuvo un predominio de la actividad de fluidos, caracterizada por ser, en su mayoría, de bajo aporte energético, prevaleciendo los eventos tipo LP sobre los pulsos de tremor y los eventos HB. De igual forma, la sismicidad de fractura no mostró variaciones a destacar a lo largo del periodo evaluado.

La figura 23 permite apreciar el registro diario de eventos sísmicos durante el mes de marzo en el volcán Nevado del Huila. La figura 24 muestra las variaciones en los registros mensuales de sismicidad correspondientes al último año de monitoreo sísmico.

2.1.2 Energía sísmica liberada

La energía sísmica liberada por los eventos VT y LP registrados en el mes de marzo de 2021 en el volcán Nevado del Huila se caracterizó por mostrar estabilidad. Los máximos aportes energéticos de la sismicidad de fractura se presentaron los días 10 y 20 de marzo con valores de $3.9 \text{ E}+13$ y $2.5 \text{ E}+13$ *ergios*, respectivamente; relacionados con la ocurrencia de dos (2) sismos de magnitud 2.3 y 2.1 M_L . Los aportes mayores de energía diaria liberada por sismos LP se registraron los días 21 y 23 de marzo, con valores de $6.2 \text{ E}+13$ y $5.9 \text{ E}+13$ *ergios*, respectivamente, estos picos de energía estuvieron asociados a tres (3) eventos de magnitud 1.8 M_C , dos (2) para el primer día y uno para el segundo (figura 25).

En la figura 26 se puede apreciar el comportamiento de la energía sísmica evaluada de forma acumulada durante el último año de monitoreo sísmico; en ella, se evidencia que las variacio-

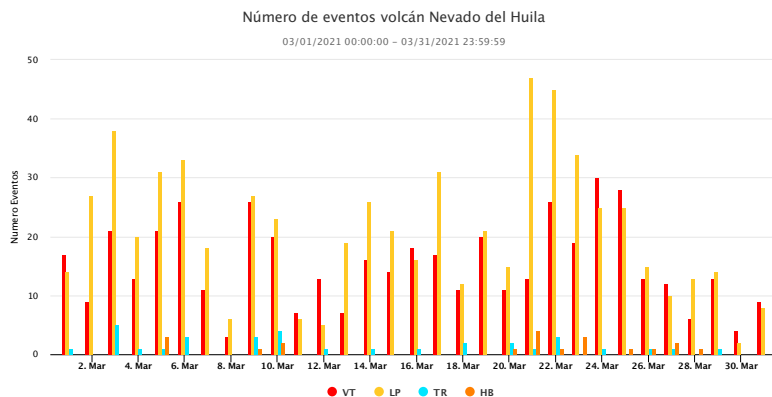


Figura 23: Número de eventos registrados diariamente en el volcán Nevado del Huila durante el mes de marzo de 2021.

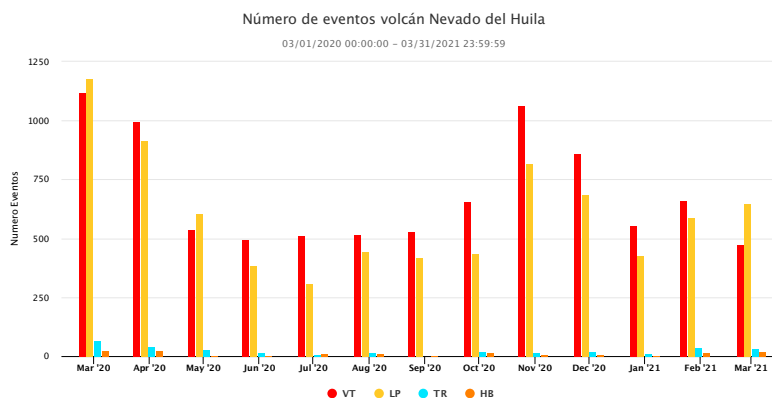


Figura 24: Número de sismos registrados mensualmente en el volcán Nevado del Huila durante el último año.

nes en la liberación de energía diaria observadas entre el 1 y el 31 de marzo, no representan cambios en la dinámica del sistema volcánico, permaneciendo dentro de los valores observados históricamente para este volcán.

Nota: La energía es graficada en razón de su raíz cuadrada para facilitar su análisis y visualización.

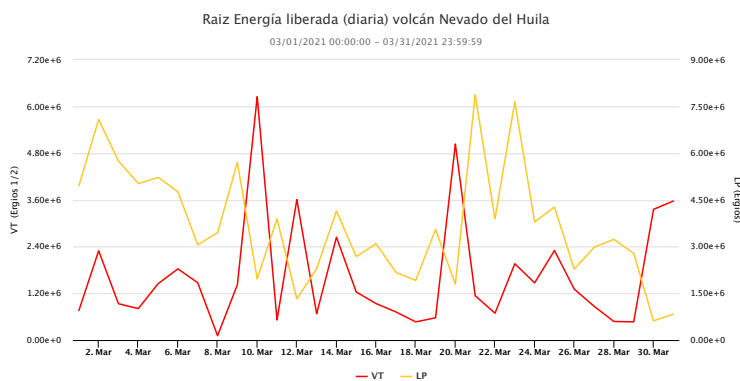


Figura 25: Raíz de la energía sísmica liberada diariamente por eventos VT y LP en el volcán Nevado del Huila entre el 1 y el 31 de marzo de 2021.

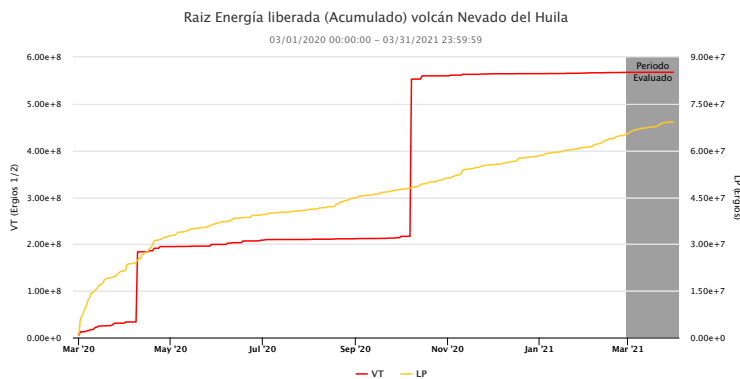


Figura 26: Raíz del valor acumulado de la energía sísmica liberada por eventos VT y LP en el volcán Nevado del Huila durante el último año.

2.1.3 Localización de eventos sísmicos

2.1.3.1 Localización de eventos asociados a procesos de fractura. Entre el 1 y el 31 de marzo de 2021 fueron localizados 29 eventos sísmicos asociados con procesos de fracturamiento de roca (figura 27), en su mayoría ubicados al NE del edificio volcánico, de manera que esta fuente sísmica continúa siendo la de mayor recurrencia para este volcán en los dos últimos años de monitoreo sísmico. Los eventos localizados en este sector se caracterizaron por encontrarse a una distancia epicentral con respecto al Pico Central entre 11 y 23 km , y profundidades entre 4 y 11 km . En el área cercana a la cima del edificio volcánico se localizaron cinco (5) eventos sísmicos, con profundidades menores a 3 km y una magnitud máxima calculada de 1.6 M_L . Además, hacia el SE del edificio volcánico se generaron sismos a diferentes distancias epicentrales (entre 3 y 8 km), con profundidades entre 6 y 8 km , con una magnitud máxima calculada de 1.3 M_L . Finalmente, la sismicidad restante se localizó hacia el occidente y suroccidente del edificio volcánico, a una profundidad promedio de 7 km con una magnitud máxima calculada de 1.4 M_L .

La figura 28 muestra la distribución de las magnitudes calculadas para los eventos localizados en el VNH en marzo de 2021, se aprecia como las magnitudes obtenidas durante marzo de 2021 se mantienen dentro del rango observado el último año. En el periodo evaluado, los sismos de mayor magnitud alcanzaron valores de 2.3 y 2.1 M_L , ambos localizados en la fuente NE los días 10 y 20 de marzo, respectivamente.

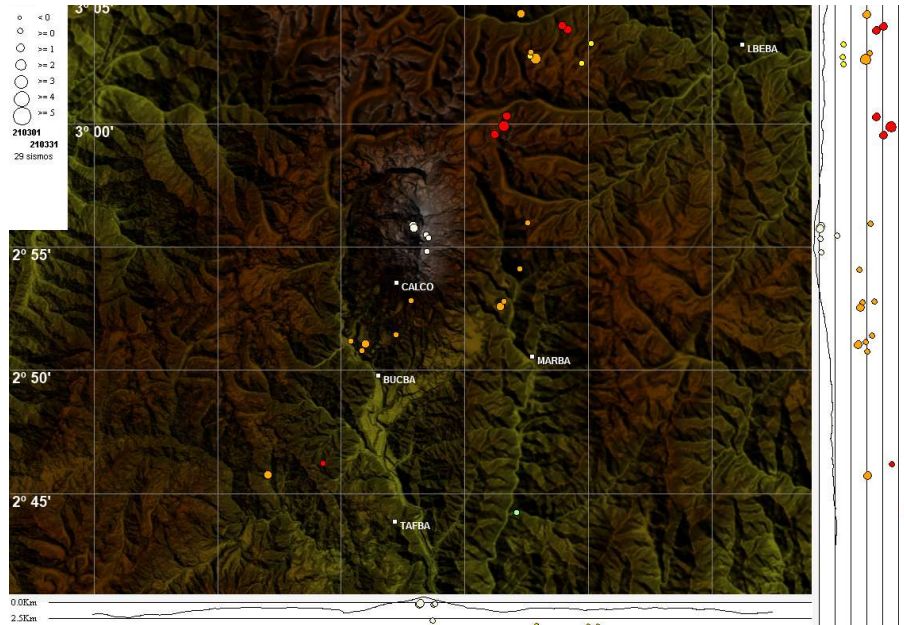


Figura 27: Mapa de localización de los eventos volcánico–tectónicos del volcán Nevado del Huila para el mes de marzo de 2021. Los círculos indican las localizaciones epicentrales e hipocentrales, cuyo color y tamaño varían según su profundidad y magnitud respectivamente. Los cuadros azules representan las estaciones sísmicas.

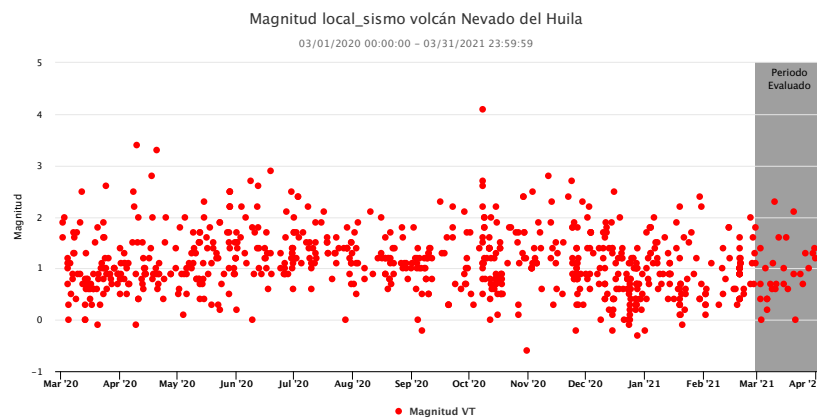


Figura 28: Distribución de magnitudes de los eventos localizados en el VNH durante el último año.

De acuerdo con el comportamiento observado en la actividad sísmica del volcán Nevado del Huila durante el mes de marzo de 2021, se considera que el sistema volcánico permaneció estable. Las variaciones observadas, tanto en el número de sismos como en la energía liberada, corresponden con la dinámica usual de este volcán. La distribución epicentral de los eventos de fractura localizados a lo largo del periodo evaluado, muestran que la actividad de la fuente sísmica localizada al NE del edificio volcánico continuó prevaleciendo con respecto a las demás fuentes identificadas para este volcán.

2.2 DEFORMACIÓN

El monitoreo en deformación volcánica permite cuantificar y cualificar las deformaciones en la superficie del edificio volcánico, mediante el procesamiento, sistematización, análisis e interpretación de los datos tomados en campo y adquiridos teleméricamente, para llevar un control comparativo que, ligado estrechamente al comportamiento sísmico, geofísico, químico y geológico de un volcán, permita determinar el grado y la cantidad de deformación sufrida por el edificio volcánico, en un periodo determinado.

Para medir los procesos deformativos que ocurren en un volcán (inflación o deflación) se emplean métodos geodésicos y topográficos de alta precisión (estaciones GNSS permanentes, medición electrónica de distancias, estaciones GNSS de campaña) y métodos electrónicos de alta sensibilidad (inclinómetros electrónicos), dado que las deformaciones volcánicas dependiendo del tipo de volcán y el volumen de magma involucrado en una reactivación, se presentan en diferentes órdenes de magnitud como centimétrico, milimétrico, sub-milimétrico y en ángulos tan pequeños como microradianes.

2.2.1 Inclinometría electrónica

Un inclinómetro electrónico es un instrumento que mide las inclinaciones de la superficie del volcán por medio de una plataforma de nivelación triangular, la cual posee dos sensores de inclinación (de niveles electrolíticos) orientados ortogonalmente (norte-sur y este-oeste) y un sensor de temperatura para control de cambios térmicos.

Durante el mes de marzo de 2021 el inclinómetro Caloto mostró un comportamiento estable en sus componentes. En la figura 29 se presentan las tendencias de las componentes este- σ E y norte- σ N sin efectos por deriva y temperatura en el instrumento.

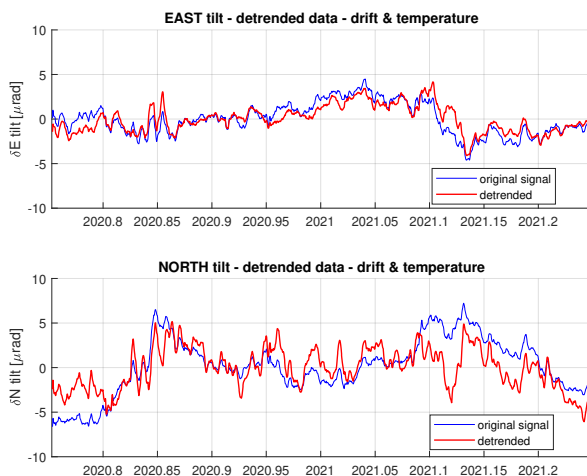


Figura 29: Comportamiento del inclinómetro electrónico Caloto para el periodo 1 de octubre de 2020 al 31 de marzo de 2021. Superior componente Este e inferior componente Norte. En color azul se presenta la serie original de datos y en color rojo los datos filtrados por temperatura y deriva del instrumento.

2.2.2 Procesamiento diferencial GNSS software T4D Control

En la actualidad la aplicación de la tecnología GNSS (Sistema Satelital de Navegación Global) basada en el posicionamiento global por satélite, se constituye como la herramienta más versátil, eficaz y exacta para medir la deformación de la superficie de un volcán activo. Esta

técnica consiste en calcular la ubicación tridimensional de una red de estaciones, periódica o continuamente, con el fin de comparar sus posiciones a lo largo del tiempo y detectar las deformaciones ocurridas en la superficie del volcán. Esta técnica permite detectar deformaciones de la superficie volcánica tanto en el plano horizontal como en el vertical; por otro lado, permite una mejor comprensión del movimiento tectónico local y permite realizar mediciones y análisis de resultados en tiempo real. Una gran ventaja que esta técnica tiene sobre las técnicas tradicionales es que no necesita visibilidad entre estaciones, y es independiente de las condiciones climáticas y atmosféricas.

Los resultados derivados del procesamiento diferencial en la estación GNSS Caloto evidencian estabilidad para las componentes Norte, Este y Altura durante el mes de marzo de 2021. En la figura 30 se presenta el registro para los últimos seis meses.

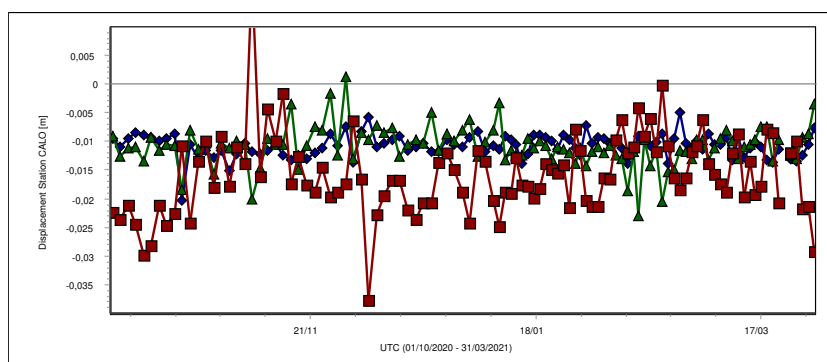


Figura 30: Serie de tiempo para la estación GNSS Caloto; Norte: Azul, Este: Verde, Altura: Rojo. 1 de octubre de 2020 a 31 de marzo de 2021.

2.2.3 Procesamiento de líneas base GNSS

Es una técnica que se basa en comparar la diferencia de la distancia entre dos estaciones GNSS de interés para un periodo determinado, las estaciones se definen buscando atravesar zonas de deformación volcánica, fuentes sísmicas, fallas geológicas, zonas de actividad tectónica y en general zonas de manifestación de cualquier tipo de actividad volcánica de interés. Para el volcán Nevado del Huila se han establecido dos líneas base entre la estación GNSS CALO y las estaciones GNSS MINA y BED1 del volcán Puracé, los resultados para el mes de marzo se muestran en la figura 31, no se observan cambios en la serie temporal; es decir, no se han presentado procesos de deformación entre las estaciones evaluadas.

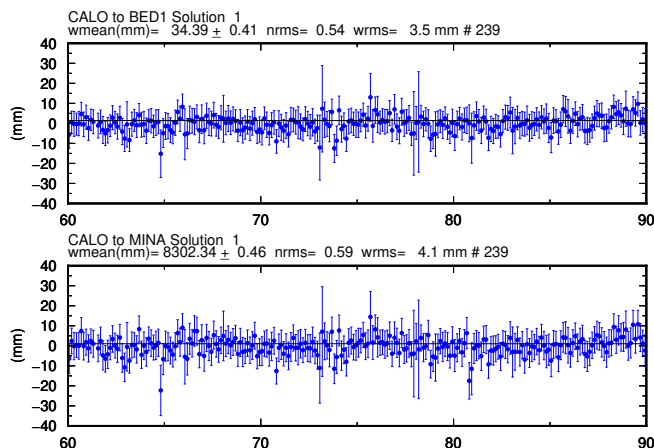


Figura 31: Series de tiempo líneas base del volcán Nevado del Huila. CALO–BED1 y CALO–MINA. Marzo de 2020.

2.3 ACTIVIDAD SUPERFICIAL

2.3.1 Registro de la actividad superficial

Durante el mes de marzo se registraron imágenes con línea de vista al edificio volcánico, donde fue posible evidenciar los procesos de desgasificación en columnas fumarólicas de color blanco (gases y vapor de agua) que son emitidas principalmente desde la superficie del cuerpo dómico, y desde el sistema de grietas que atraviesan en sentido norte–suroeste el Pico Central del volcán Nevado del Huila.

Las plumas alcanzaron alturas no mayores a un kilómetro aproximadamente ($\leq 1 \text{ km}$), se dispersaron preferencialmente hacia el Oeste del edificio volcánico, siguiendo la tendencia asociada al patrón de vientos predominante en la zona, la cual es consistente con lo reportado por el pronóstico del IDEAM para este periodo evaluado (Modelo WRF/VNH); donde se reportaron velocidades máximas diarias de hasta de 12.4 m/s , equivalentes a 45 km/h , con un promedio mensual de 4.3 m/s equivalentes a 15.5 km/h para un estrato de $18\,000 \text{ ft}$ (5486 m.s.n.m.), así como un máximo de 7.2 m/s , equivalentes a 26 km/h con un promedio mensual de 1.6 m/s correspondientes a 5.8 km/h para un estrato de $10\,000 \text{ ft}$ (3048 m.s.n.m.). Ambos estratos evaluados presentaron una dirección dominante hacia el noroeste edificio volcánico (ver figura 32).

Las imágenes desde el campo visual de las cámaras web Caloto y Maravillas, permitieron tener registro principalmente en horas de la mañana (1:30 a.m. – 9:00 a.m.), y la cámara web La Palma presentó línea de vista durante el periodo evaluado (figuras 33, 34 y 35). Algunas imágenes captadas por las cámaras web del volcán Nevado del Huila se presentan a continuación:



Figura 32: Velocidades promedio día. Modelo pronóstico IDEAM–WRF VNH, marzo de 2021.

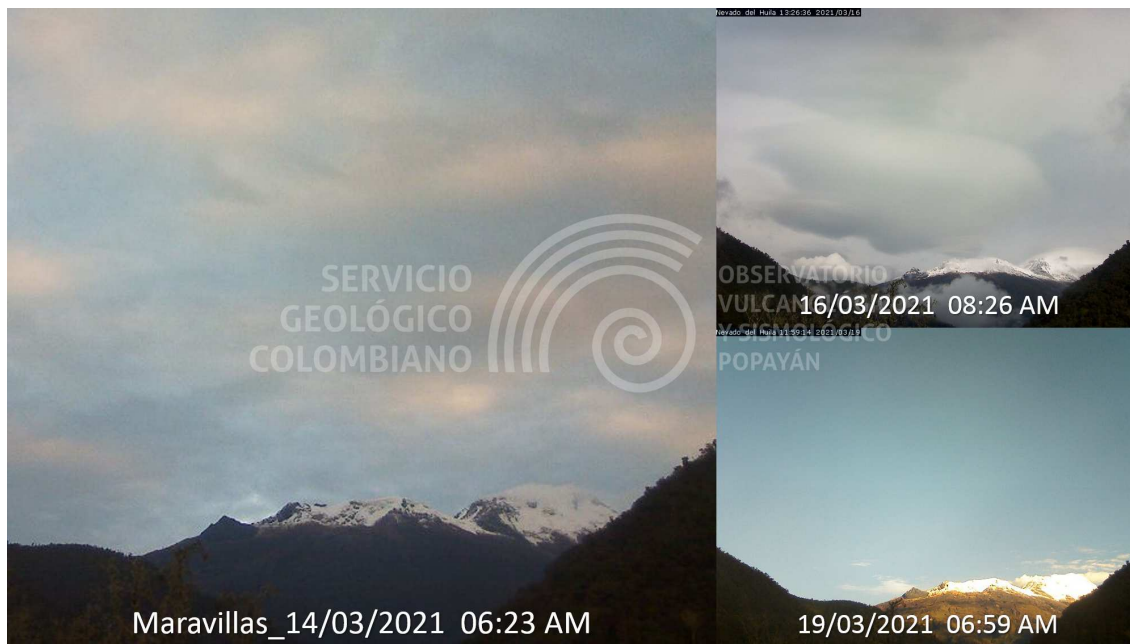


Figura 33: Imágenes captadas por la cámara web Maravillas, marzo de 2021.



Figura 34: Imágenes captadas por la cámara web Caloto, marzo de 2021.



Figura 35: Imágenes captadas por la cámara web Palma, 19 de marzo de 2021.

2.4 CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

El volcán Nevado del Huila posee la estación magnetométrica Caloto, cuyo objetivo es el de realizar el monitoreo del campo magnético local. La ocurrencia de eventos como ascenso de material magmático y emisiones de ceniza a la atmósfera, entre otros fenómenos asociados a cambios en la actividad de un volcán, pueden originar variaciones en el campo magnético local, razón por la que el método geofísico que mide el campo magnético local se ha implementado en la vigilancia volcánica. Para lograr observar cambios lentos (ver figura 36) se usa el filtrado de la señal, además de tomar en cuenta periodos de tiempo en los que se presentaron tormentas solares y otros efectos no deseados, seguido del cálculo del QNTV (Quiet

Night Time Value), valor medio entre las 01:00 y 04:00 horas (hora local); intervalo en el que las interacciones del viento solar con el campo geomagnético son menores. Se realiza una comparación entre las señales QNTV con el magnetómetro de referencia Kourou (instalado en Guyana Francesa y administrado por el Instituto Central del Magnetismo Terrestre, con sede en París–Francia).

Durante el mes de marzo de 2021 el magnetómetro Caloto mostró un comportamiento estable (ver figura 36), con ciclos de oscilaciones día–noche debidos a las variaciones de la radiación solar, además se identificó la respuesta frente a fluctuaciones asociadas a perturbaciones temporales en la magnetosfera terrestre, como los días 1 y 21 de marzo (causada por eyección de masa coronal del Sol), de acuerdo a lo comparado con los datos de la estación magnetométrica de referencia, así como las alertas de tormentas geomagnéticas proporcionadas por el SWPC (por sus siglas en inglés: *Space Weather Prediction Center*) y registradas por el magnetómetro acoplado al satélite DSCOVR (*Deep Space Climate Observatory*). Adicionalmente se menciona la detección realizada entre enero y febrero 2021 de un cambio alrededor de los -10 nT (ver figura 36), el cual hasta el momento se asocia con la presencia de personas cerca de la estación los días 2, 16 y 19 de enero, registrados con la cámara de vigilancia de esta estación.

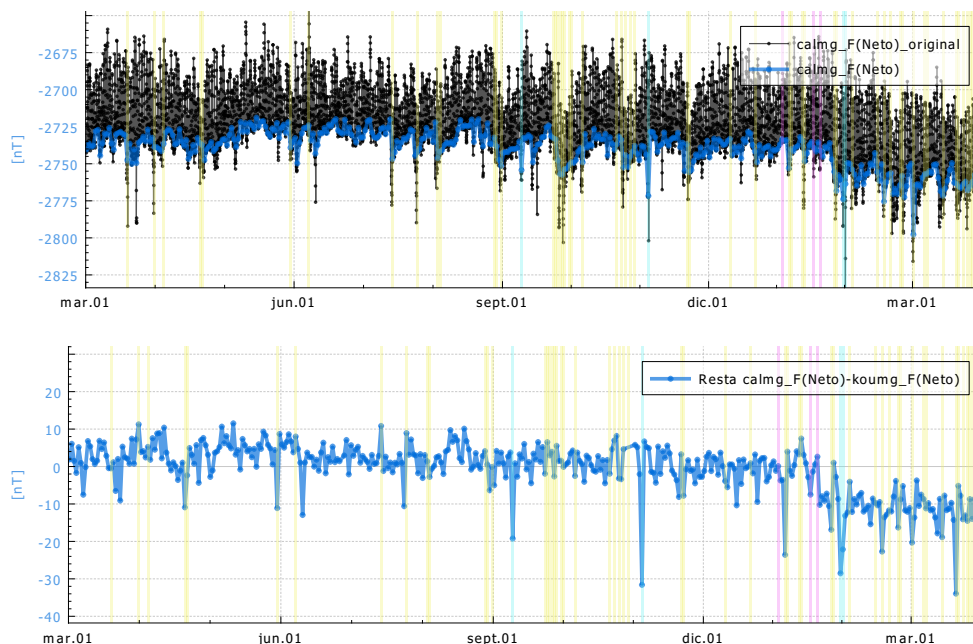


Figura 36: d

el volcán Nevado del Huila.]Arriba: Campo magnético local en la estación de Caloto [nT] del volcán Nevado del Huila (color negro) y valores QNTV (color azul) entre 1 de marzo de 2020 y el 31 de marzo de 2021. Abajo: Resta de los valores QNTV entre los magnetómetros de Caloto y Kourou. Las áreas subrayadas de color amarillo representan los días en los que se conoce, hubo tormentas geomagnéticas, las áreas subrayadas de azul representan periodos en los que no hubo buen registro en una o todas las estaciones y las áreas subrayadas de rosado, corresponden actividad antrópica cerca de la estación.

2.5 CONCLUSIÓN.

De acuerdo con el análisis de la información derivada de las diferentes técnicas de vigilancia utilizadas en el monitoreo del volcán Nevado del Huila, se concluye que durante el mes de marzo de 2021 los niveles de actividad volcánica permanecieron estables. Del seguimiento realizado a la sismicidad, actividad superficial y la desgasificación del sistema volcánico, así como del análisis de los datos registrados por los instrumentos que miden la deformación del suelo y los campos magnéticos locales, no se encontraron variaciones a destacar. Por lo tanto, el OVS–Popayán mantiene el nivel de actividad volcánica en *NIVEL III: CAMBIOS EN EL COMPORTAMIENTO DE LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA*.

3 VOLCÁN PURACÉ



Figura 37: Volcán Puracé. Imagen captada durante sobrevuelo del 22 de octubre de 2011.

El Puracé es un estrato-volcán activo, cuyo registro más reciente muestra actividad predominantemente explosiva; su edificio tiene forma de cono truncado con laderas de 30° de inclinación; y presenta un cráter interno y otro externo, ambos concéntricos de 500 m y 900 m de diámetro, respectivamente (ver figura 37). Se encuentra ubicado en el departamento del Cauca, en las coordenadas geográficas $2^\circ 22' \text{ N}$ y $76^\circ 23' \text{ O}$, a una distancia de 26 km al SE de la ciudad de Popayán. Hace parte de la cadena volcánica de Los Coconucos, la cual está compuesta por 15 centros eruptivos alineados con una orientación $\text{N}40^\circ\text{O}$, siendo el Puracé el más septentrional de la cadena (figura 38).

La actividad fumarólica está concentrada en una grieta que atraviesa el fondo del cráter, y en un importante campo fumarólico ubicado en el flanco noroccidental externo del volcán (denominada Fumarola Lateral). Su actividad volcánica ha sido reportada desde el siglo XVIII, con la ocurrencia de al menos 15 erupciones históricas bien documentadas, las cuales han causado daños materiales y pérdidas de vidas humanas; su última erupción ocurrió el 19 de marzo de 1977.

Existen al menos 15 fuentes termales ubicadas alrededor del edificio volcánico, las cuales presentan temperaturas comprendidas entre 20 y 90°C , siendo las más destacadas por sus características térmicas las fuentes termales de Pozo Azul, Hornos y La Mina, mientras que las fuentes termales de San Juan, Agua Hirviendo y Pozo Azul se destacan por su emisividad de H_2S y CO_2 .

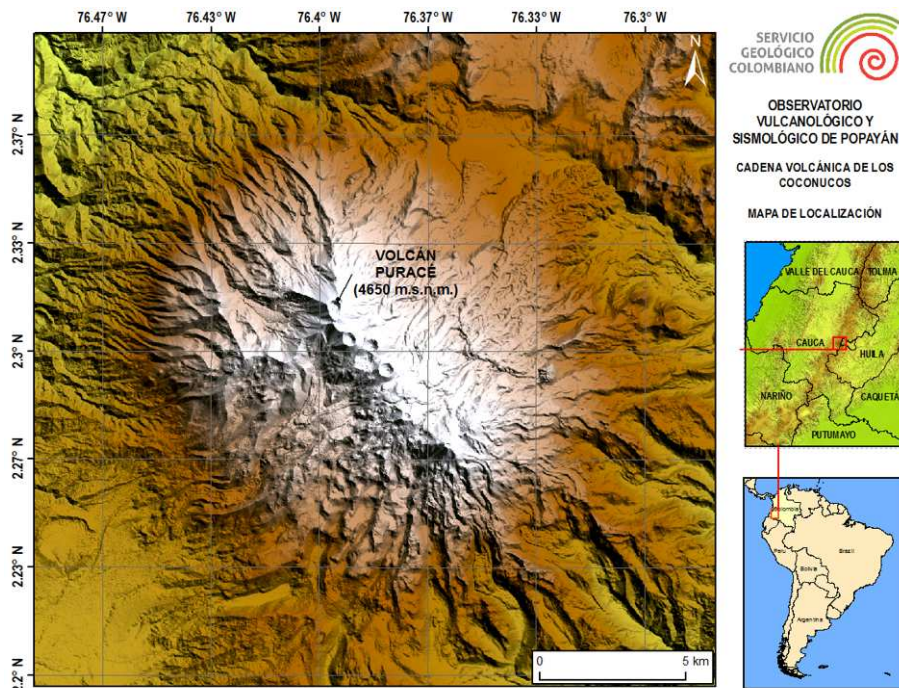


Figura 38: Mapa de localización del volcán Puracé y la cadena volcánica de Los Coconucos.

3.1 SISMOLOGÍA

3.1.1 Actividad sísmica

La red de estaciones sismológicas del volcán Puracé registró durante el mes de marzo de 2021 un total de 1505 eventos sísmicos, de los cuales 377 estuvieron asociados con procesos de fracturamiento de roca (tipo VT) y 1128 con la dinámica de fluidos en los conductos volcánicos. De estos últimos, 1012 fueron catalogados como eventos de largo periodo (tipo LP), 59 como pulsos de tremor de bajo nivel energético (tipo TR), 44 como Tornillos (tipo TO) y trece (13) como Híbridos (tipo HB).

La figura 39 muestra el número de sismos registrados diariamente durante el mes de marzo de 2021 en el volcán Puracé, donde se evidencia el predominio de actividad sísmica de fluidos. Por su parte, la figura 40 presenta el número acumulado de sismos mensuales durante el último año, en ella se observa que en el periodo evaluado se mantiene un incremento en la sismicidad de fractura.

3.1.2 Energía sísmica liberada

La energía sísmica liberada en la ocurrencia de eventos tipo VT mostró un pico el día 30 de marzo, con un valor de $1.04 \text{ E}+07 \text{ ergios}$; asociado a la ocurrencia de nueve (9) eventos sísmicos, entre los cuales se destaca uno de magnitud local $2.2 M_L$. Por otro lado, la sismicidad tipo LP presentó un aumento el día 23 de marzo, registrándose un total de cuarenta (40) sismos, cuyas codas no superaron un valor de 46 s ; lo cual corresponde a una magnitud de duración aproximada de $1.8 M_c$ (figura 41).

Nota: La energía es graficada en razón de su raíz cuadrada y en ejes distintos para facilitar su visualización.

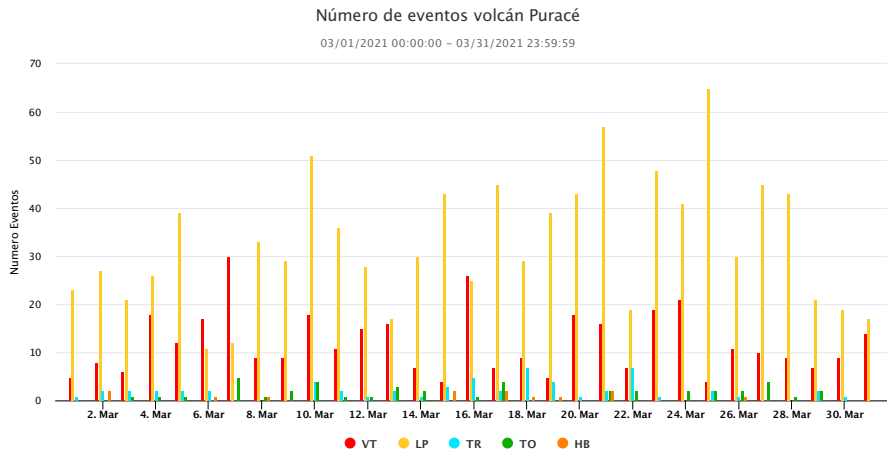


Figura 39: Número de sismos registrados diariamente en el volcán Puracé durante el mes de marzo de 2021.

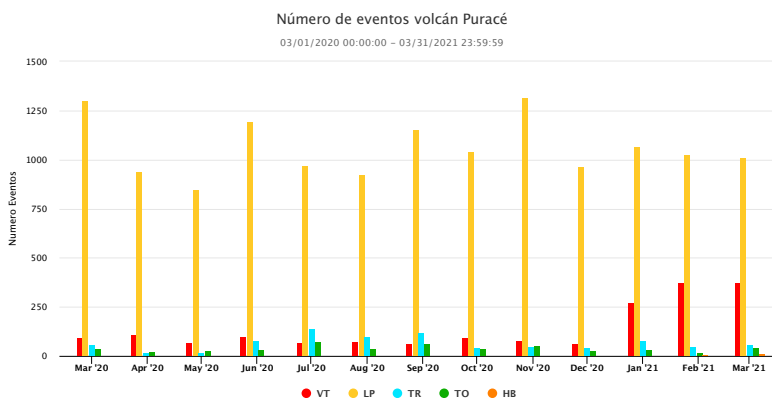


Figura 40: Número de sismos registrados mensualmente en el volcán Puracé en el último año.

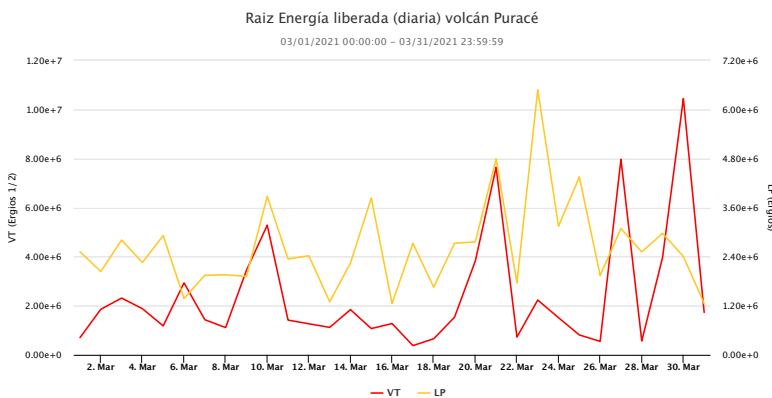


Figura 41: Energía sísmica liberada diariamente por eventos VT y LP en el volcán Puracé durante el mes de marzo de 2021.

En la figura 42 se puede apreciar la energía sísmica acumulada diaria para el último año, tanto para la sismicidad VT como para los sismos tipo LP; se observa que el comportamiento de la curva de energía para los eventos VT presenta ligeros incrementos de pendiente, debido a la ocurrencia de eventos con magnitudes con valores por encima de los valores más co-

munas; sin embargo, estos cambios son sutiles y no comprometen la estabilidad del sistema volcánico. En cuanto a la actividad LP, no se presentaron cambios abruptos que pudiesen indicar alteraciones en el comportamiento habitual del sistema volcánico.

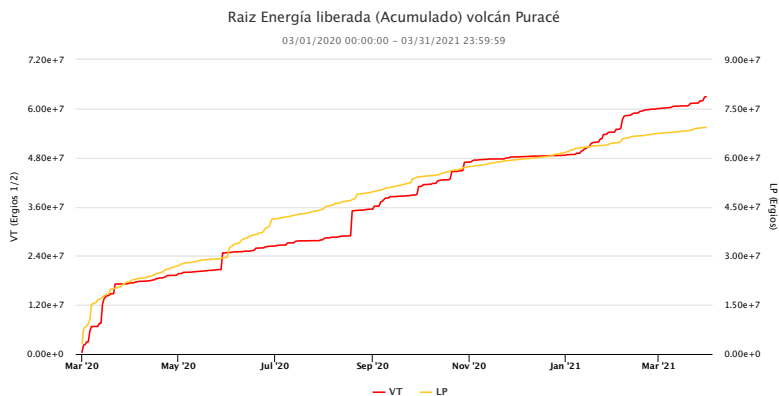


Figura 42: Acumulado de la energía sísmica liberada por eventos VT y LP en el volcán Puracé durante el último año.

3.1.3 Localización de eventos sísmicos

3.1.3.1 Localización de eventos asociados con procesos de fractura. Entre el 1 y el 31 de marzo de 2021 se localizaron 53 eventos sísmicos tipo VT en el volcán Puracé (figura 43), la mayoría de los cuales se distribuyeron en tres zonas conocidas. La primera de ellas es la parte alta del edificio volcánico, en un radio no mayor a 5 km respecto al cráter y profundidades menores a 6 km , los cuales alcanzaron una magnitud máxima de 0.7 M_L . También se destaca la ocurrencia de eventos en el oeste del edificio central, a una distancia del cráter entre los 14 y 26 km , con profundidades entre 13 y 17 km ; la mayor magnitud calculada en este sector es de 1.6 M_L . La sismicidad restante se concentró en dirección SO del cono principal, a distancias entre 14 y 26 km , profundidades entre 13 y 17 km , y magnitudes no mayores a 2.2 M_L , siendo este el mayor valor de magnitud registrado para el mes de marzo.

La figura 44 muestra la distribución de las magnitudes para los eventos localizados durante el periodo evaluado, se puede apreciar como las magnitudes se han presentado con mayor recurrencia con valores entre 0.1 y 1.0 M_L , y una tendencia leve al incremento en los últimos días del mes, hasta el valor máximo calculado de 2.2 M_L .

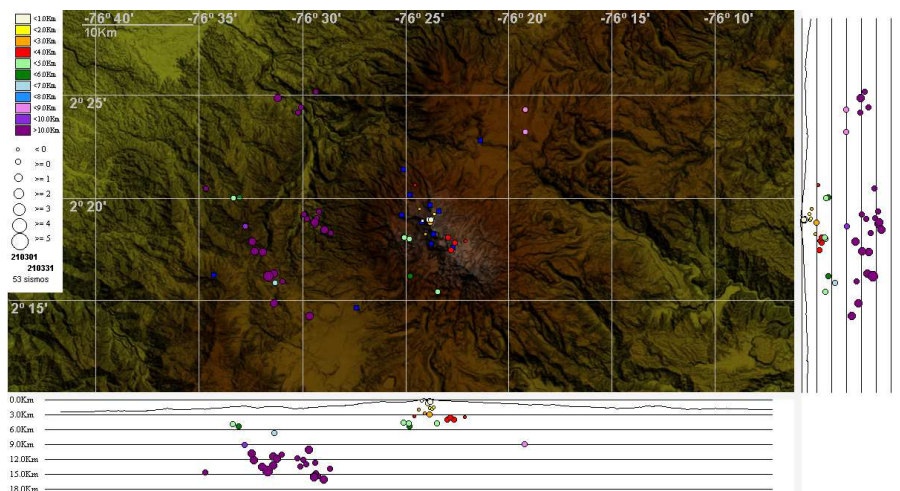


Figura 43: Mapa de localización de eventos volcano-tectónicos del volcán Puracé durante marzo de 2021. Los círculos indican las localizaciones epicentrales e hipocentrales, cuyos colores varían según su profundidad y los tamaños según la magnitud Local (M_L). Los cuadros azules representan las estaciones sísmicas.

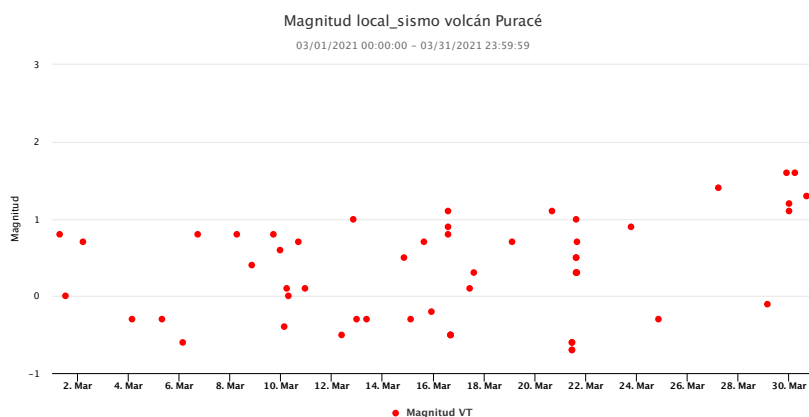


Figura 44: Diagrama de dispersión de los valores de magnitud local calculados en eventos tipo VT localizados el último año en el volcán Puracé.

En síntesis, la actividad sísmica del volcán Puracé durante el mes de marzo de 2021 se caracterizó por mostrar un comportamiento estable. No se observaron cambios en los rangos de profundidad de las zonas de generación sísmica que habitualmente presentan actividad.

3.2 DEFORMACIÓN

3.2.1 Inclínometría electrónica

Los inclinómetros Guañarita, Cocuy2, Lavas Rojas, Curiquinga y Agua Blanca presentaron un comportamiento estable durante el mes de marzo. En la figura 45 se presenta la tendencia de las componentes este- σ E y norte- σ N del inclinómetro Agua Blanca como uno de los inclinómetros representativos de esta red de vigilancia, sin efectos por deriva y temperatura en el instrumento.

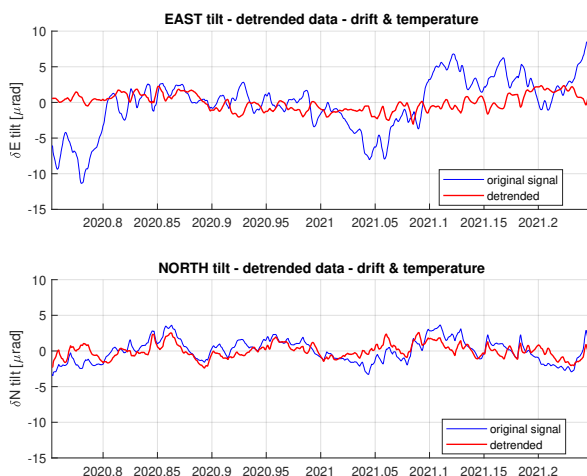


Figura 45: Comportamiento del inclinómetro electrónico Agua Blanca para el periodo 1 de octubre de 2020 al 31 de marzo de 2021. Superior componente Este e inferior componente Norte. En color azul se presenta la serie original de datos y en color rojo los datos filtrados por temperatura y deriva del instrumento.

3.2.2 Procesamiento diferencial GNSS software T4D Control

Durante el mes de marzo los resultados derivados del procesamiento diferencial en todas las estaciones GNSS evidencian un comportamiento estable, observado en todas las componentes (Norte, Este y Altura). En la figura 46 se puede observar el registro de la estación GNSS Agua Blanca durante los últimos seis meses, como una de las estaciones representativas de esta red de vigilancia.

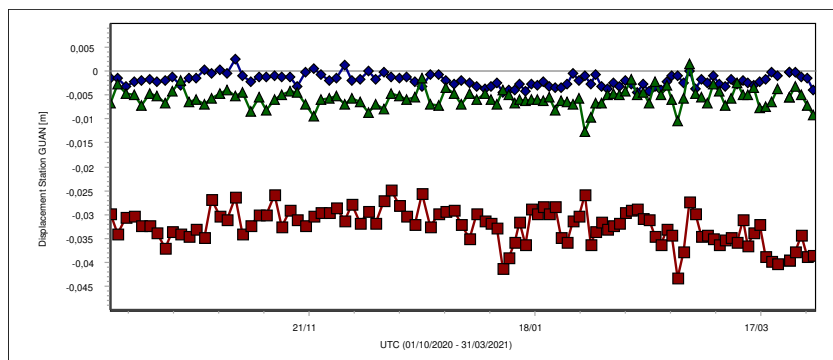


Figura 46: Series de tiempo para la estación GNSS Guañarita; Norte: Azul, Este: Verde, Altura: Rojo. 1 de octubre de 2020 a 31 de marzo de 2021.

3.2.3 Procesamiento de líneas base GNSS

Para el volcán Puracé se han definido dos líneas base que atraviesan fuentes sísmicas activas y la zona del cráter, como se observa en la figura 48. Los resultados del procesamiento para el periodo evaluado no muestran procesos de deformación (figura 48).

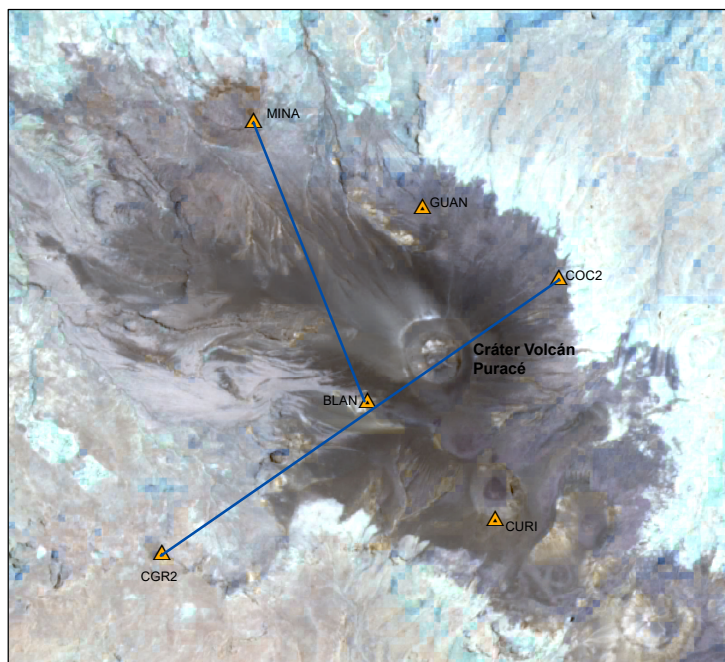


Figura 47: Localización de las líneas base, volcán Puracé.

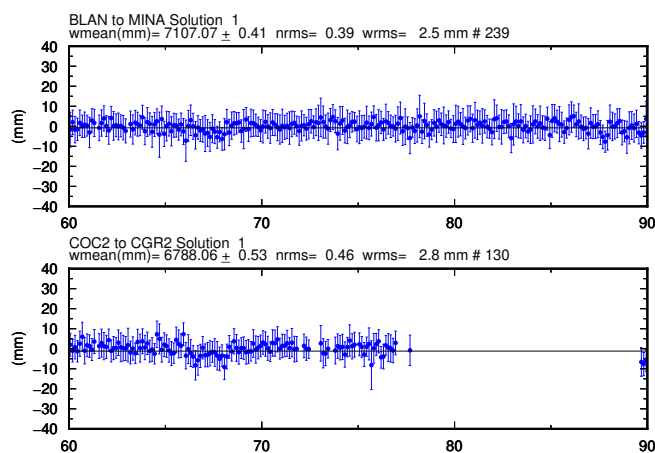


Figura 48: Series de tiempo líneas Base del volcán Puracé. BLAN–MINA, COC2–CGR2, CURI–GUAN. Marzo de 2021.

3.3 ACTIVIDAD SUPERFICIAL

En el mes de marzo de 2021 fue posible evidenciar a través de las cámaras web procesos de desgasificación en el campo fumarólico lateral; la dispersión de estos gases se vio condicionada principalmente por incidencia de los vientos y las lluvias.

Durante el periodo evaluado la dispersión de los gases emitidos desde los campos fumarólicos (Lateral e Interno) estuvieron condicionados por la acción del viento que circula entre estratos de 10 000 a 15 000 *ft* (3048 – 4572 *m.s.n.m.*). La figura 49 presenta los histogramas de los anemómetros que componen la red de estaciones meteorológicas del volcán Puracé

y el pronóstico de referencia del IDEAM, los cuales ilustran el comportamiento del viento durante lo corrido del mes.

El anemómetro de la estación Mina registró valores hasta de 16 m/s equivalentes a 58 km/h (día 31 de marzo), siendo la máxima velocidad alcanzada durante el mes; esta estación reporta un promedio mensual de 11 km/h ; el anemómetro de Agua Bonita presentó durante el mes una velocidad promedio de 6.2 m/s , que equivalen a 22.3 km/h . Por otro lado, se presenta el diagrama de rosa de los vientos, marcando una tendencia hacia el noroeste del edificio volcánico. El modelo pronóstico a mesoescala WRF/IDEAM (*Weather Research and Forecasting*) para un estrato de $10\,000 \text{ ft}$, presenta valores máximos de 8 m/s , que equivalen a 29 km/h y un promedio mensual de 1.8 m/s , que equivalen a 6.5 km/h . Los valores reportados durante el mes se consideran como bajos de acuerdo a la línea base registrada durante el año para cada estación.

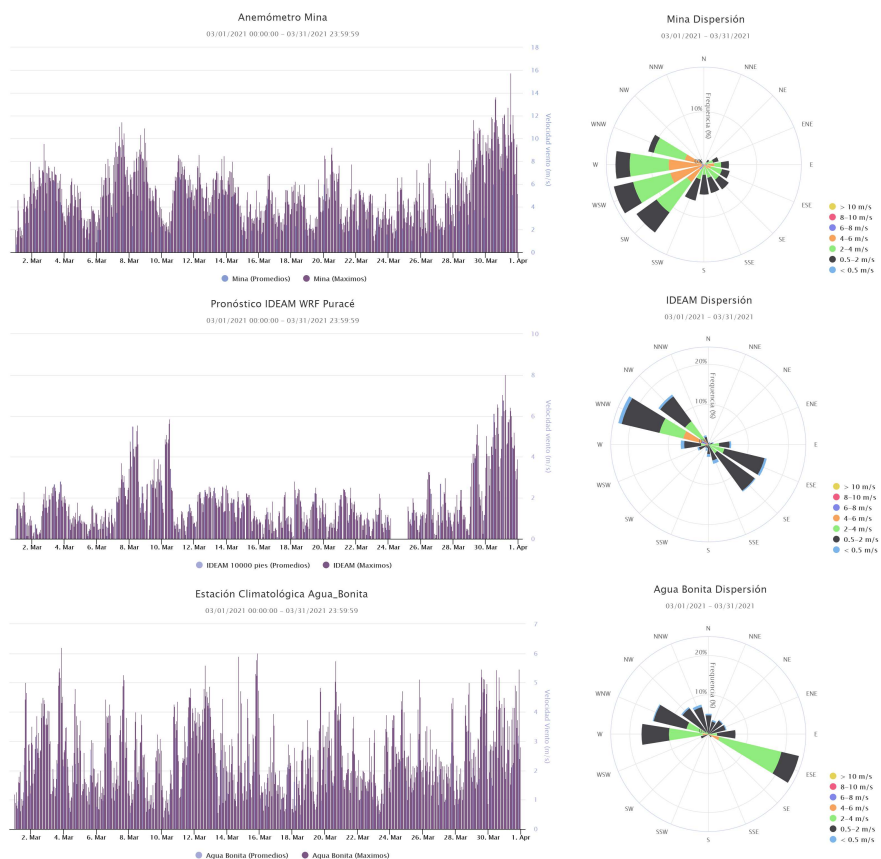


Figura 49: Velocidades diarias y promedios registrados por los anemómetros Mina, Agua Bonita, Cocuy y el pronóstico WRF/Puracé, marzo de 2021.

Las figuras 50, 51, y 52 evidencian procesos de desgasificación que constantemente se emiten desde el campo fumarólico lateral y al interior del cráter del volcán Puracé; también fue posible registrar precipitaciones en forma de escarcha (nevadas) que cubrió temporalmente la cima del volcán, esta actividad fue captada solo por las cámaras web Mina, Anambío y Lavas Rojas. Desde el ángulo que cubre la cámara web Cerro Sombrero fue posible obtener registro de la Cadena Volcánica Los Coconucos, sin cambios a destacar (figura 53).

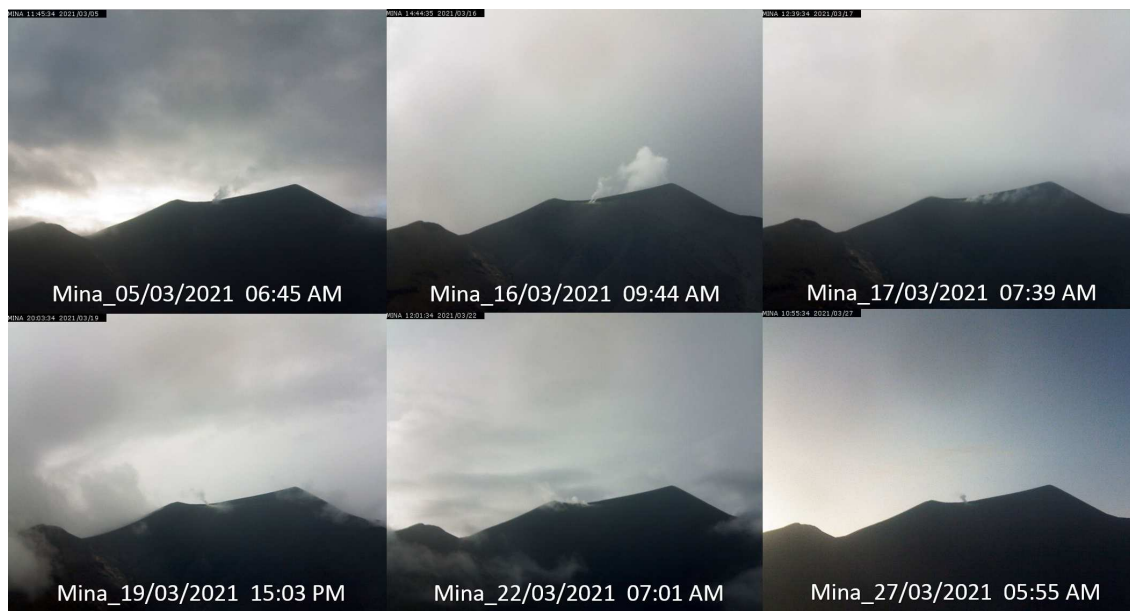


Figura 50: Mosaico de imágenes cámara web Mina, marzo de 2021.

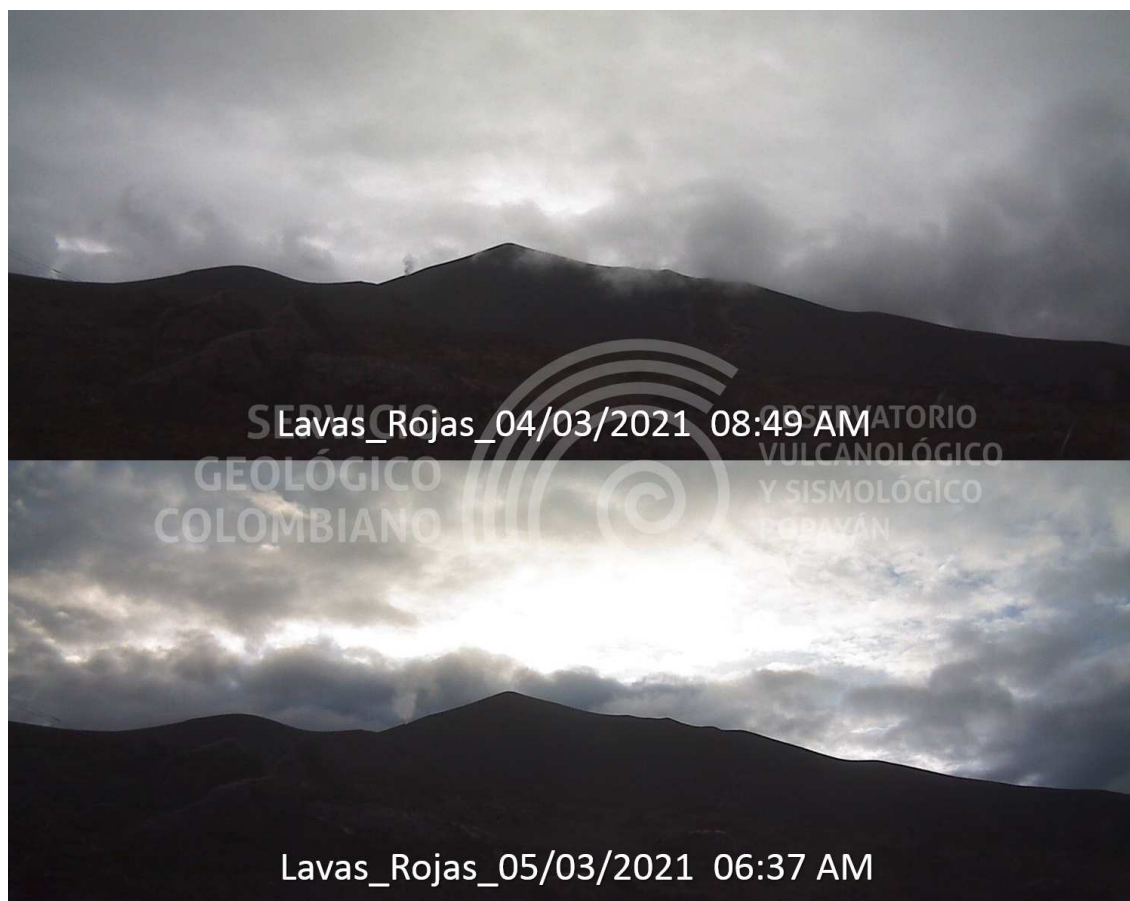


Figura 51: Mosaico de imágenes cámara web Lavas Rojas, marzo de 2021.



Figura 52: Mosaico de imágenes cámara web Anambio, marzo de 2021.



Figura 53: Imagen panorámica de la Cadena volcánica Los Coconucos, 16 de marzo de 2021.

3.4 CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

3.4.1 Potenciales eléctricos espontáneos

El método geofísico que mide el campo natural de Potencial Eléctrico Espontáneo (PEE) se ha implementado para medir señales PEE de origen volcánico, las cuales se originan por la actividad del sistema hidrotermal (para volcanes activos), así como por la dinámica del sistema hidrogeológico local circundante. Para el volcán Puracé se tiene la estación Cocuy2, que cuenta con cuatro electrodos de potencial, un par orientado radialmente y otro tangencialmente respecto al cráter, además de la estación Cóndor que posee un par de electrodos orientados tangencialmente al cráter del volcán.

Los datos obtenidos de la estación de potencial eléctrico Cocuy2 en el mes de marzo de 2021 mostraron cambios provocados por variaciones de temperatura (efectos día – noche). En la figura 54 se aprecian dichos cambios. Por otro lado, la estación Cóndor ha presentado fallas de funcionamiento durante el mes evaluado, por lo que no se relaciona en este informe.

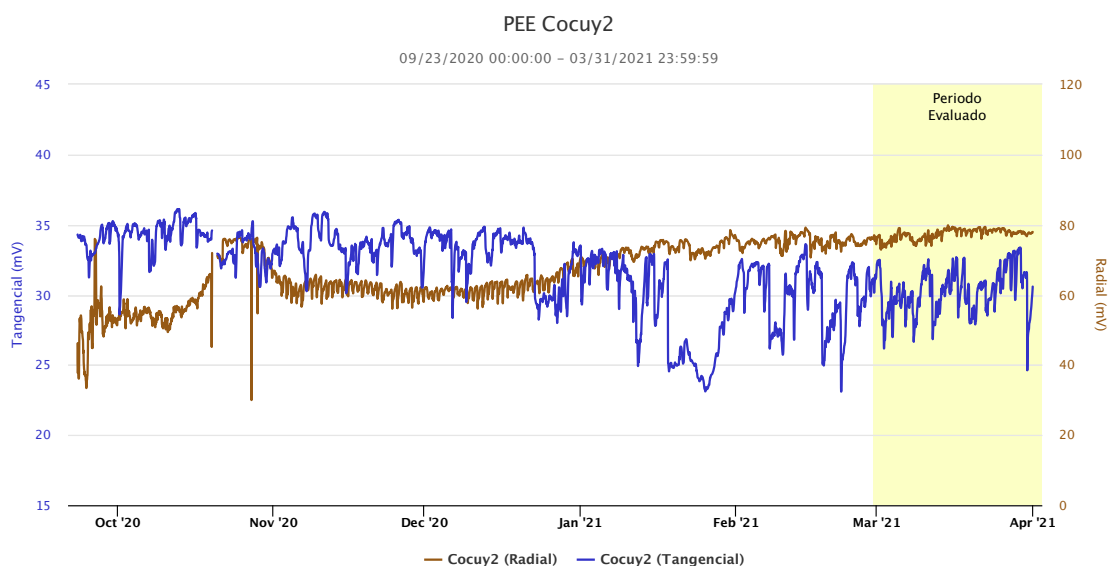


Figura 54: Potencial eléctrico espontáneo en la estación Cocuy2, registrado entre el 23 de septiembre de 2020 y 31 de marzo de 2021.

3.4.2 Magnetometría

En el mes de marzo de 2021 los sensores Laguna y Agua Blanca mostraron estabilidad (ver figura 55 y 56). Se observaron ciclos de oscilaciones día–noche debidos a las variaciones de radiación solar. Se presentaron fluctuaciones asociables a perturbaciones temporales en la magnetosfera terrestre (causadas por eyecciones de masa coronal del Sol), de acuerdo con los datos de la estación magnetométrica de referencia Kourou, así como las alertas de tormentas geomagnéticas proporcionadas por el SWPC a través del magnetómetro acoplado al satélite DSCOVR, como ocurrió los días 1 y 21 de marzo.

En marzo de 2021 no se observaron cambios en los campos electromagnéticos locales, no se evidenció algún comportamiento que pudiese tener correlación con los demás parámetros empleados para el monitoreo volcánico, que a su vez permitiesen identificar cambios asociados al sistema volcánico.

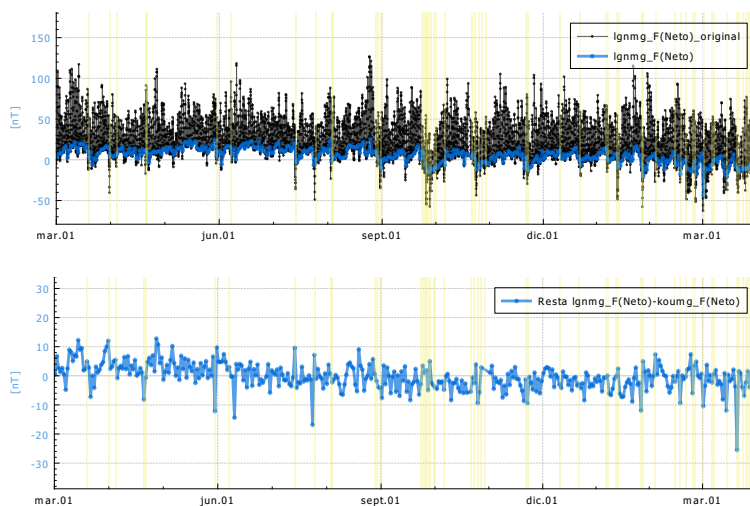


Figura 55: d

el volcán Puracé.]*Arriba:* Campo magnético local en la estación de Laguna [nT] del volcán Puracé (color negro) y valores QNTV (color azul) entre el 1 de marzo de 2020 y el 31 de marzo de 2021. Las áreas subrayadas de color amarillo representan los días en los que se conoce, hubo tormentas geomagnéticas y las áreas subrayadas de azul representan periodos en los que no hubo buen registro en una o todas las estaciones. *Abajo:* Resta de los valores QNTV entre magnetómetro de Laguna y el magnetómetro Kourou.

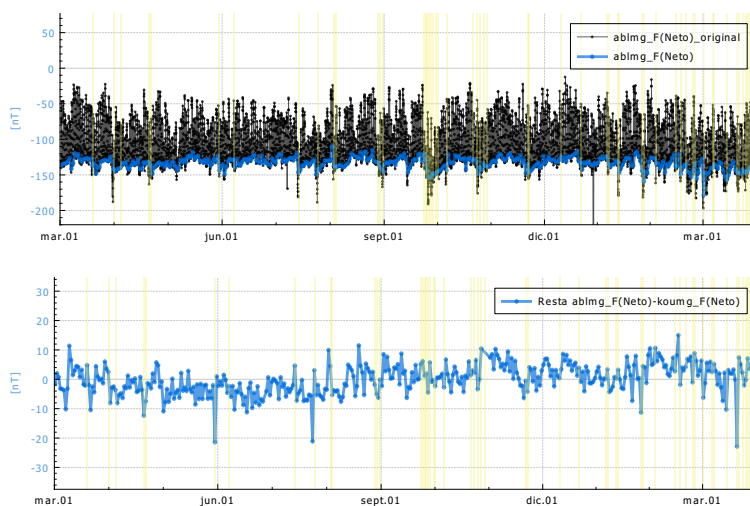


Figura 56: d

el volcán Puracé.]*Arriba:* Campo magnético local en la estación de Agua Blanca [nT] del volcán Puracé (color negro) y valores QNTV (color azul) entre el 1 de marzo de 2020 y el 31 de marzo de 2021. Las áreas subrayadas de color amarillo representan los días en los que se conoce, hubo tormentas geomagnéticas y las áreas subrayadas de azul representan periodos en los que no hubo buen registro en una o todas las estaciones. *Abajo:* Resta de los valores QNTV entre magnetómetro de Agua Blanca y el magnetómetro Kourou.

3.5 FISICOQUÍMICA

El monitoreo fisicoquímico para este volcán involucra muestreos periódicos *in situ* para gases difusos en suelo (^{222}Rn y CO_2), fuentes termales (10 fuentes termales, 12 puntos de muestreo) y campo fumarólico (muestreos de gases, medición de la temperatura) del cono activo. Las mediciones fisicoquímicas que se realizan en toda el área de influencia del volcán Puracé y en general de la Cadena Volcánica de Los Coconucos tienen como objetivo el obtener datos que permitan establecer líneas base de comportamiento del sistema volcánico, así como detectar variaciones de diferentes parámetros físicos relacionados con cambios en el mismo, como temperatura, potencial de hidrógeno (pH), conductividad, composición química y relación isotópica.

El monitoreo de la actividad fisicoquímica en el volcán Puracé, durante el mes de marzo de 2021, comprendió el procesamiento de la información telemétrica de los gases Radón, Dióxido de Carbono y Dióxido de Azufre (^{222}Rn , CO_2 y SO_2) en las estaciones Cráter, Cocuy, Guañarita, Vinagre, Piñuelas y San Juan.

3.5.1 Medidas de dióxido de carbono

El dióxido de carbono (CO_2) es un gas incoloro e inodoro, ligeramente soluble en agua, y tiene una densidad de 1.799 g/L (Lide, 2005), su origen en sistemas geotermales se debe a las reacciones químicas derivadas de la actividad magmática que se dan en algunos minerales, en rocas carbonatadas y sedimentarias no carbonatadas y en la materia orgánica presente en sedimentos la cual representa la principal fuente de emisión en sistemas volcánicos (Fridriksson, 2009). Debido a esta relación con los procesos que dan origen al vulcanismo, y con el fin de comprender la interacción de su sistema con la superficie, este gas es monitoreado en el volcán Puracé.

En las figuras 57 y 58 se ilustran las variaciones en el tiempo de las concentraciones de CO_2 registradas por las estaciones Cráter y Cocuy3, desde el 1 de enero del 2020 al 31 de marzo de 2021; los datos recolectados evidencian aportes de CO_2 bajos en la estación Cocuy, con promedios para el período evaluado de 704.85 y 282.87 ppm , respectivamente. Las estaciones Piñuelas y San Juan permiten medir la concentración de CO_2 a diferentes profundidades (sensores superior e inferior); las figuras 59 y 60 presentan la información obtenida desde el 1 de enero de 2020 hasta el 31 de marzo de 2021, con valores promedio para el período evaluado de cada estación, Piñuelas presenta promedios en los sensores superior e inferior de 69.70 y 651.32 ppm respectivamente, mientras que los promedios de los sensores para San Juan son de 342.43 y 572.51 ppm , en el mismo orden. Estos registros muestran una variabilidad moderada, la cual se seguirá evaluando de acuerdo al comportamiento que presente el sistema volcánico.

La información geoquímica que se genera en el monitoreo del volcán Puracé es correlacionada con la actividad sísmica, y a su vez refleja la dinámica de los procesos de desgasificación del sistema, los cuales son muy comunes en este volcán; hasta el momento están enmarcados en lo que se denomina un escenario de bajo nivel de actividad. Se continúa con el seguimiento respectivo para evaluar la dinámica de estos procesos.

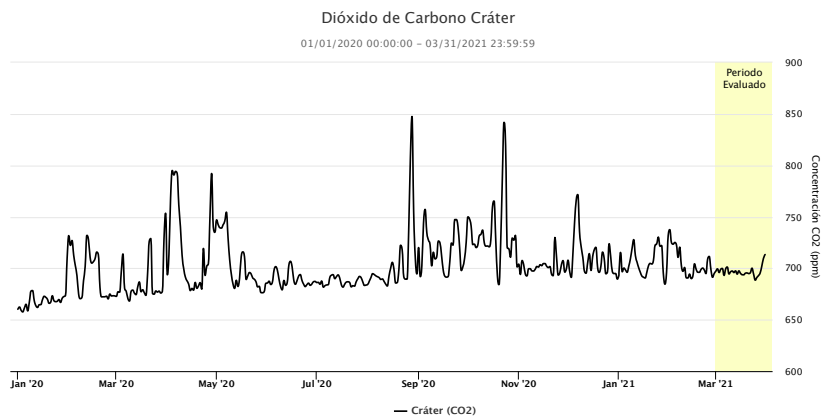


Figura 57: Variaciones en concentración de CO_2 en suelo durante marzo de 2021 (sombreado) en la estación Cráter.

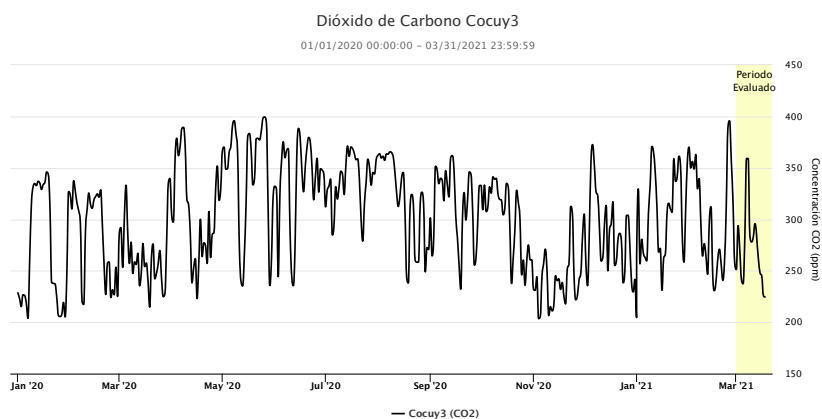


Figura 58: Variaciones en concentración de CO_2 en suelo durante marzo de 2021 (sombreado) en estación Cocuy3.

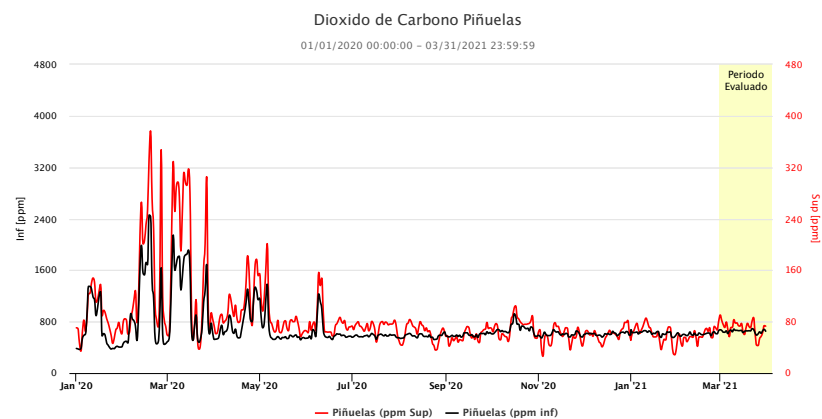


Figura 59: Variaciones en concentración de CO_2 en suelo durante marzo de 2021 (sombreado) en estación Piñuelas.

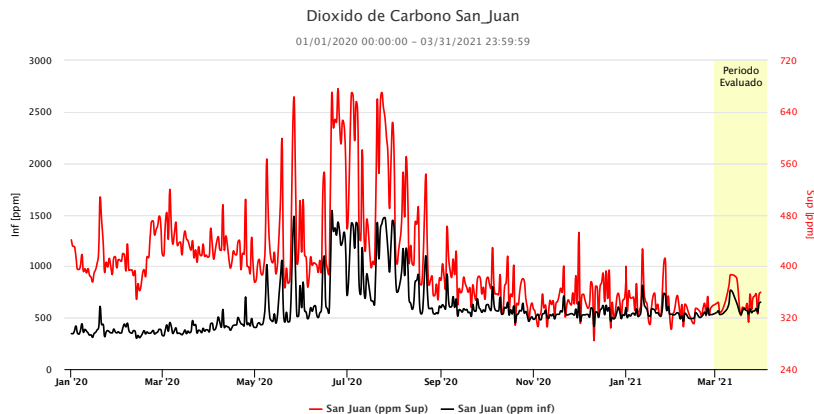


Figura 60: Variaciones en concentración de CO_2 en suelo durante marzo de 2021 (sombreado) en estación San Juan.

3.5.2 Medidas de gas Radón

El gas Radón (^{222}Rn) es un elemento radioactivo cuya producción se da de manera continua en el interior de la corteza terrestre, al ser un gas inerte, no reacciona con otros elementos y compuestos, y de acuerdo con su mecanismo de difusión tiende a escapar de las rocas donde se genera, liberándose frecuentemente por fallas, flujos de agua subterránea y otras estructuras del subsuelo, este comportamiento es aprovechado para realizar registros del mismo sobre la superficie.

En algunos sitios del volcán se emplea la detección de Radón en suelo con telemetría. De esta manera, al recibir los datos se puede determinar la concentración de este gas. Las figuras 61, 62 y 63 ilustran las variaciones en el tiempo de las concentraciones de gas Radón registradas por las estaciones Guañarita, Cráter y Cocuy3 (Cocuy3 operando nuevamente desde septiembre de 2020). Durante el mes de marzo la mayor concentración se presentó en la estación Guañarita, con un valor máximo de 1024.37 pCi/L registrado el 12 de marzo. Estas variaciones, comparadas con su línea base, se encuentran dentro de los valores de comportamiento considerados normales.

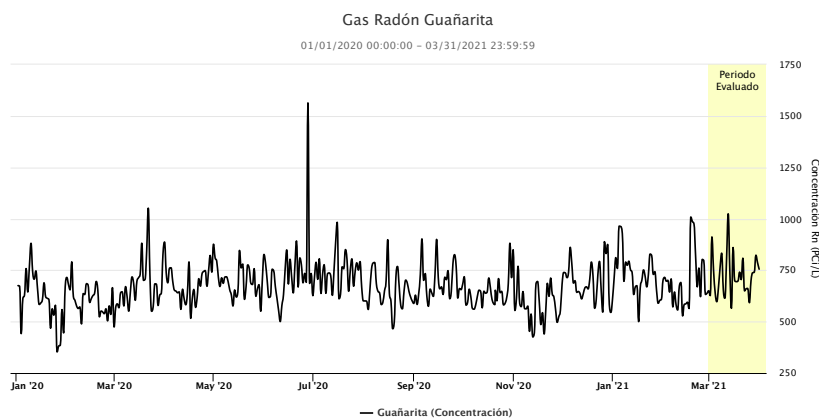


Figura 61: Variaciones en concentración de Radón en suelo durante marzo de 2021 (sombreado) en la estación Guañarita.

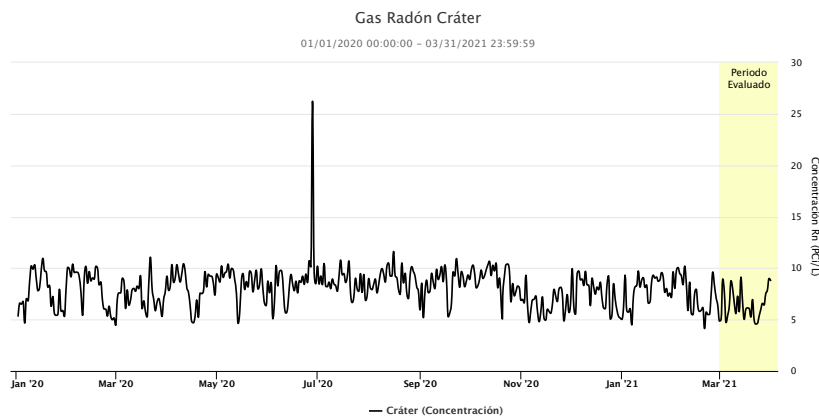


Figura 62: Variaciones en concentración de Radón en suelo durante marzo de 2021 (sombreado) en estación Cráter.

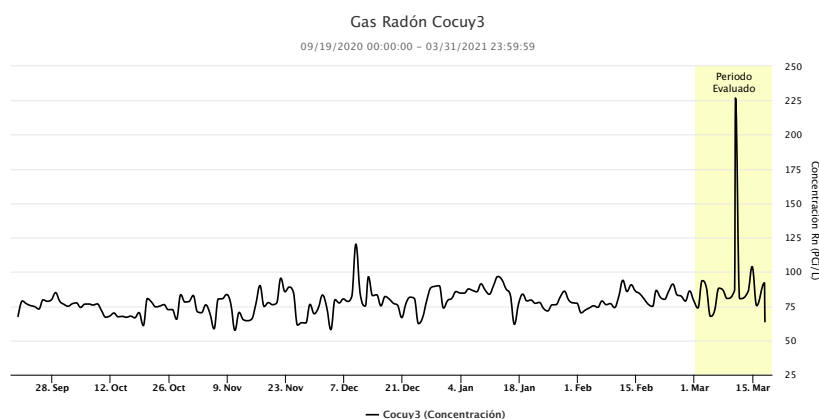


Figura 63: Variaciones en concentración de Radón en suelo durante marzo de 2021 (sombreado) en estación Cocuy3.

3.5.3 Termometría

Las zonas con actividad volcánica generan reacciones a altas temperaturas, las cuales liberan gases con influencia geotérmica, y, por consiguiente, son relacionables con sistemas de alta liberación de calor. Es de importancia para el monitoreo volcánico el conocer estas variaciones en el comportamiento térmico para conocer los procesos actuando en el sistema volcánico. La aplicación de las diferentes metodologías de termometría sobre las surgencias termales, debe ayudar a percibir procesos físicos perturbadores, así como cambios composicionales o volumétricos de los gases en el sistema hidrotermal y en la estructura condicionante del mismo.

3.5.3.1 Medidas con termocupla telemétrica en fumarola lateral Para la fumarola lateral se hace un seguimiento de las variaciones de temperatura a través de un sistema telemétrico unido a un arreglo de tres equipos de termocupla, instaladas equidistantemente en el campo fumarólico del flanco norte del volcán Puracé. En la figura 64 se pueden ver los valores de temperatura obtenidos para el período evaluado.

Los datos registrados en los 3 puntos para el mes de marzo muestran temperaturas que

oscilan entre 33.6 y 86.89 °C. En los últimos meses han existido cambios súbitos en las temperaturas de las termocuplas 1 y 2 (fumarola 1 y 2), que están relacionados con los cambios de temperaturas registradas en el ambiente, afectando el sistema eléctrico de la estación; sin embargo, no son un reflejo del comportamiento del sistema volcánico. Se espera una estabilización de las temperaturas en los siguientes meses y se planean nuevos mantenimientos que aseguren que los equipos estén debidamente incrustados en los orificios de surgencia. En la termocupla 3 se evidencia estabilidad en la temperatura del campo fumarólico, lo cual refleja estabilidad en el sistema volcánico en el período evaluado.

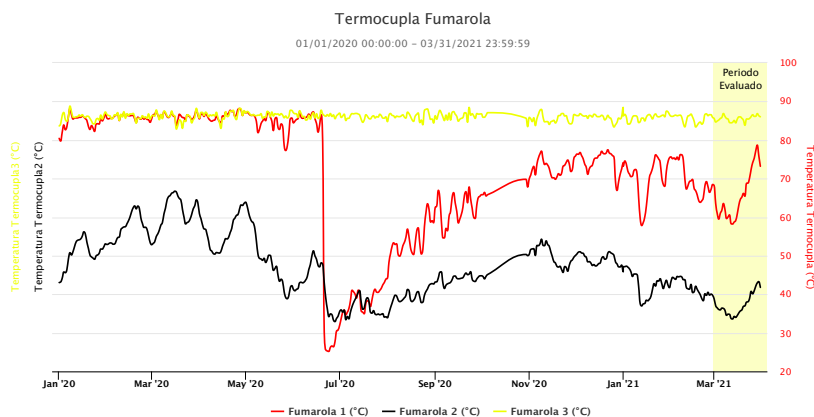


Figura 64: Temperaturas campo fumarólico, marzo de 2021.

3.5.4 Medidas de dióxido de azufre

El Dióxido de Azufre (SO_2) es una molécula presente en la atmósfera terrestre, principalmente en la troposfera. Es emitido por volcanes activos y por actividades antropogénicas, jugando un papel importante en la química atmosférica, formando ácido sulfúrico y aerosoles. Igualmente, influye en las propiedades de oxidación del magma, su reología y dinámica eruptiva.

En el volcán Puracé se emplea la metodología espectroscópica de absorción óptica diferencial (DOAS, por sus siglas en inglés) para la detección de SO_2 . Para ello, actualmente se tienen instaladas dos estaciones ScanDOAS (Vinagre, Guañarita), ubicadas al norte y noroccidente del volcán, las cuales permiten entender la dinámica del flujo de SO_2 en el sistema fumarólico.

El cálculo de los valores de flujo de SO_2 se realizó teniendo en cuenta los datos obtenidos de las condiciones de viento (dirección y velocidad) registrados con los pronósticos del IDEAM (figura 65). Durante el mes de marzo el viento sobre el volcán Puracé tuvo un rango de dispersión con predominancia hacia el WNW. Las velocidades variaron entre 1.76 y 8.02 m/s , con una velocidad promedio de 3.02 m/s a los 10 000 *pies* de altitud (figura 65).

Los valores de desgasificación máximos diarios registrados durante el mes de marzo estuvieron en el rango de 7.77 a 56.06 t/d para las dos estaciones. El valor máximo registrado para el periodo evaluado fue de 56.06 t/d en la estación vinagre, el día 29 de marzo (figuras 66 y 67). Se obtuvo un total de 54 registros válidos para el periodo evaluado. Los valores de flujo de SO_2 calculados en el mes de marzo de 2021 se consideran niveles bajos, y no representan algún cambio en la dinámica del sistema magmático.



Figura 65: Direcciones preferenciales del viento en el volcán Puracé para el mes de marzo de 2021

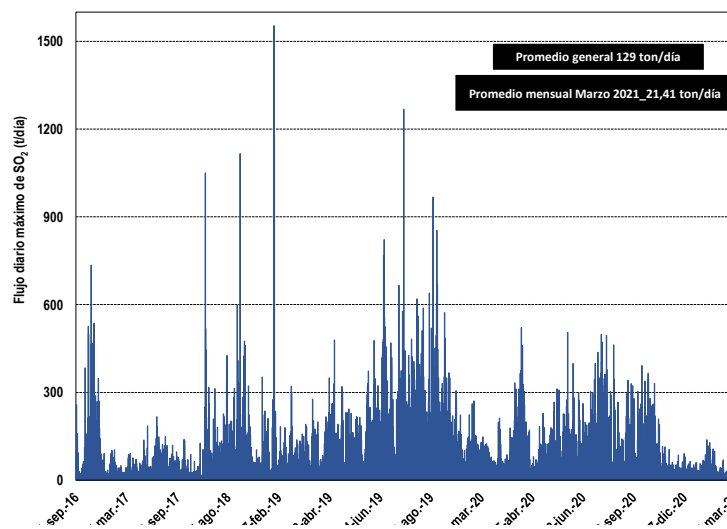


Figura 66: Representación del flujo diario de SO_2 emitido por el volcán Puracé estación Vinagre septiembre de 2016 hasta marzo de 2021.

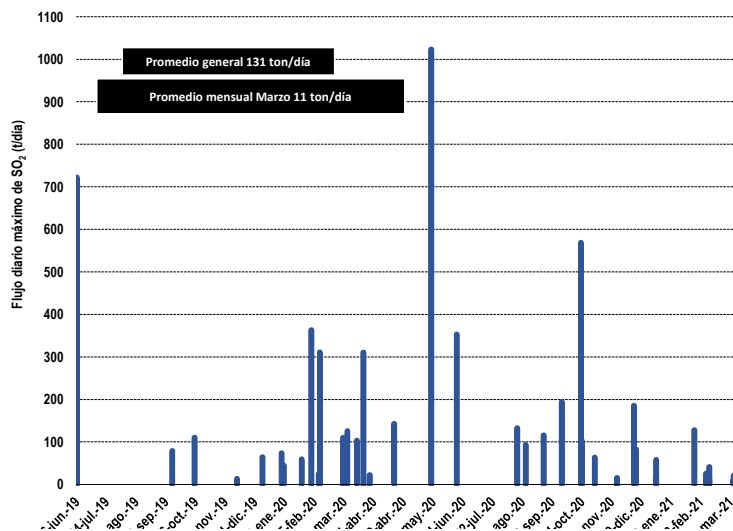


Figura 67: Representación del flujo diario de SO_2 emitido por el volcán Puracé estación Guañarita desde septiembre de 2019 hasta marzo de 2021.

3.6 CONCLUSIÓN.

Del análisis de la información obtenida a través de las diversas técnicas implementadas con la red de vigilancia instalada en el volcán Puracé y su zona de influencia, se concluye que, durante el mes de marzo de 2021, este continúa presentando un comportamiento estable. Los parámetros de monitoreo tales como sismología, deformación del suelo, geofísica y fisicoquímica, no presentan variaciones relevantes a lo largo del periodo evaluado. Por lo tanto, el OVS–Popayán mantiene el nivel de actividad en *NIVEL IV: VOLCÁN ACTIVO Y COMPORTAMIENTO ESTABLE*.

4 VOLCÁN SOTARÁ



Figura 68: Fotografía panorámica del volcán Sotará desde el flanco suroriental. Imagen captada el 18 de octubre de 2011.

El Sotará es un estrato volcán activo rico en lavas (domina la actividad efusiva sobre la explosiva), que posee tres calderas de 4.5, 2.5 y 1 *km* de diámetro, las cuales le dan a la cima una forma irregular (ver figura 69). Presenta además varios domos exógenos y conforma un complejo volcánico junto con los volcanes Cerro Gordo, Cerro Negro y Azafatudo. Tanto su caldera externa como media se hallan parcialmente fosilizadas por la actividad posterior a su formación; la más moderna (interna) se encuentra rota hacia el costado suroccidental, provocando con su derrumbe la formación de lahares. De este volcán no existe registro histórico eruptivo. Sin embargo, presenta fumarolas, actividad térmica y sísmica.

El volcán Sotará se encuentra ubicado en la Cordillera Central, en las coordenadas 2.1° Norte y 76.59° W, con una elevación máxima de 4420 *ms.n.m.*, a una distancia de 37 *km* al sureste de la ciudad de Popayán (ver figura 69).

El Complejo Volcánico Sotará (CVS) incluye los remanentes de un estratovolcán antiguo (Pre-Sotará) sobre el cual se construyó el volcán Sotará y otros centros eruptivos (Cerro Negro, Cerro Azafatudo y Cerro Gordo). En el área cercana al Complejo Volcánico Sotará, 10 *km* al S, se encuentra el volcán Sucubún, el cual presenta una estructura caldérica, formada a partir de una importante actividad explosiva que generó inmensas ignimbritas y oleadas piroclásticas, y desarrollo posterior de domos en su interior. Por estas características se considera un centro volcánico independiente al CVS, pero que junto con éste, forman la denominada Región Volcánica Sotará - Sucubún (RVSS).

Los drenajes más importantes alrededor del volcán son el río Quilcacé y la quebrada Las Flautas al NW, los ríos Blanco, Negro y Guachicono al WSW y el río Majuas al SE.

Las labores de monitoreo se iniciaron en noviembre de 1993, con la instalación de la estación sismológica telemétrica Sotará en el sector nororiental del volcán. En mayo de 1994 esta estación fue robada y su reinstalación se llevó a cabo en diciembre del mismo año. En 1995 se empezaron a registrar niveles importantes en la actividad sísmica, lo que llevó a la instalación temporal de una segunda estación sismológica en cercanías del volcán Cerro Negro. Con el fin de mejorar el monitoreo del volcán Sotará, a partir del año 2007 y hasta la fecha, se ha rediseñado y ampliado la red de monitoreo permanente. Cabe resaltar que, como respuesta al incremento a la actividad sísmica registrada entre mayo y noviembre de 2012, se llevó a

cabo un fortalecimiento de las redes de sismología y deformación con la instalación de tres estaciones sísmicas, un inclinómetro electrónico y una estación permanente de GNSS. De igual forma, desde el año 1996 se vienen realizando análisis geoquímicos en las fuentes termales Las Amarillas y Aguas Calientes, y desde el año 1999 en el campo fumarólico (los más recientes en noviembre de 2019).

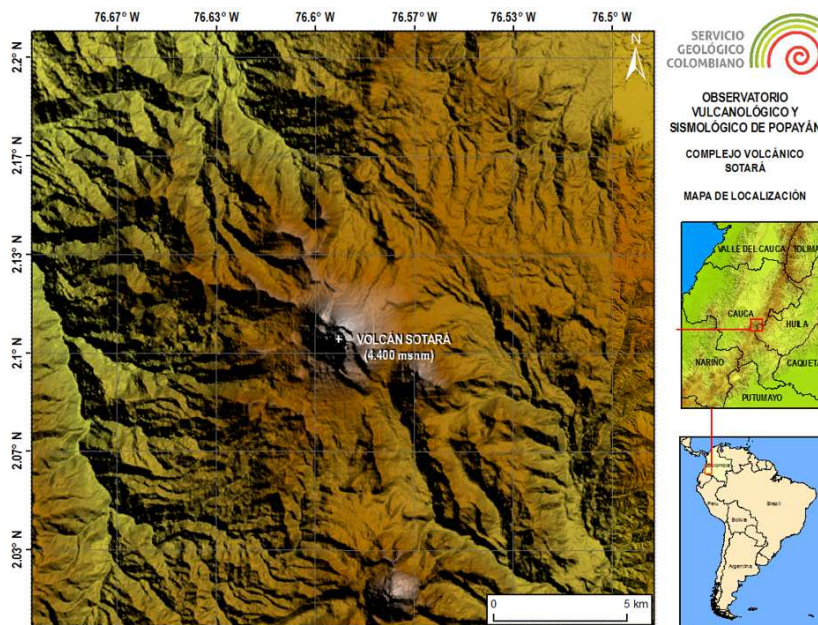


Figura 69: Mapa de localización del volcán Sotará.

4.1 SISMOLOGÍA

4.1.1 Actividad sísmica

Durante el mes de marzo de 2021 las estaciones sismológicas instaladas en el volcán Sotará registraron un total de 290 eventos sísmicos, de los cuales 185 estuvieron asociados con procesos de fracturamiento de roca (tipo VT) y 105 con la dinámica de fluidos dentro de los conductos volcánicos; de estos últimos, 50 fueron clasificados como sismos de largo periodo (tipo LP) y 55 con pulsos de tremor (tipo TR) de bajo aporte energético. La figura 70) muestra el número de eventos registrados diariamente durante el mes evaluado, se observa que los días 10 y 25 de marzo alcanzaron el mayor número de sismos diarios con 45 y 39 sismos tipo VT, respectivamente. En la figura 71), que corresponde al número de eventos sísmicos mensuales para el volcán Sotará durante el último año, se observa que el número de eventos tipo VT permanece estable y que el número de eventos relacionados con la dinámica de fluidos (tipo LP y TR) presenta un leve incremento durante el último trimestre, lo cual por el momento no representa cambios significativos en la actividad de este volcán.

4.1.2 Energía sísmica liberada

Durante el mes de marzo la energía sísmica liberada diariamente tanto por los eventos asociados al fracturamiento de roca como por los procesos de dinámica de fluidos en los conductos volcánicos, presentaron valores bajos (ver 72), se aprecia un pico destacado para los

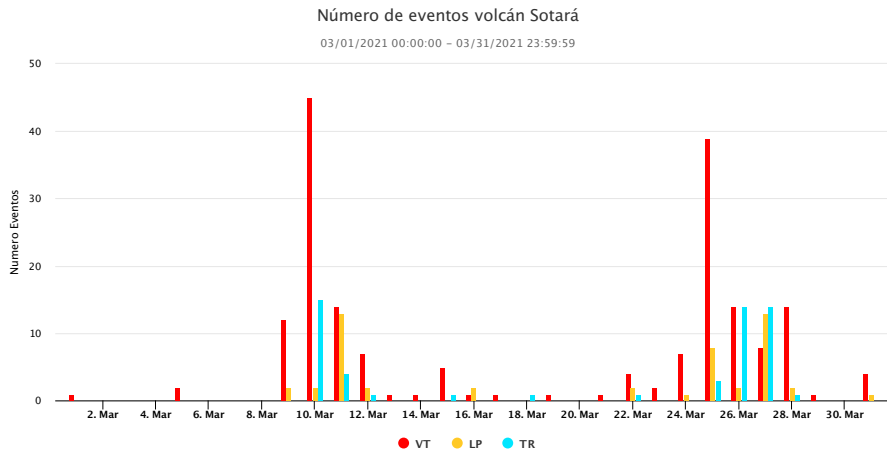


Figura 70: Número de eventos registrados diariamente en el volcán Sotará durante el mes de marzo de 2021.

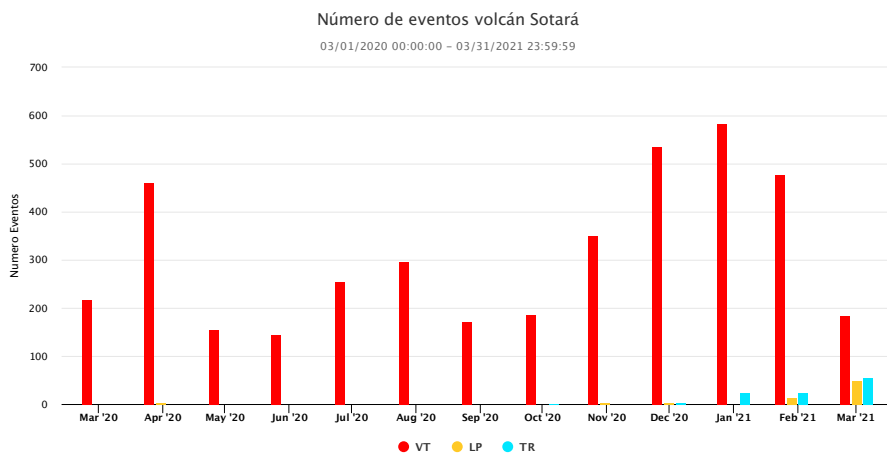


Figura 71: Número de eventos sísmicos registrados mensualmente en el volcán Sotará entre marzo de 2020 y marzo de 2021.

sismos tipo VT el día 10 de marzo, con valor de $5.53 \text{ E}+12 \text{ ergios}$, relacionado con la ocurrencia del mayor número de eventos VT durante el mes; y, para los sismos de largo periodo un pico de $1.69 \text{ E}+12 \text{ ergios}$ el día 11 de marzo, relacionado con la ocurrencia de 13 sismos tipo LP.

La figura 73 presenta el comportamiento de la energía sísmica liberada de forma acumulada para los eventos VT y LP durante el último año, se aprecia que durante el último mes la actividad sísmica asociada con procesos de fracturamiento de roca continúa teniendo un comportamiento estable y que hay un aumento en la pendiente de la energía liberada por eventos asociados con la dinámica de fluidos; sin embargo, los valores absolutos de liberación de energía por estos eventos siguen siendo bajos.

Nota: La energía sísmica es graficada en razón de su raíz cuadrada con el fin de facilitar su visualización.

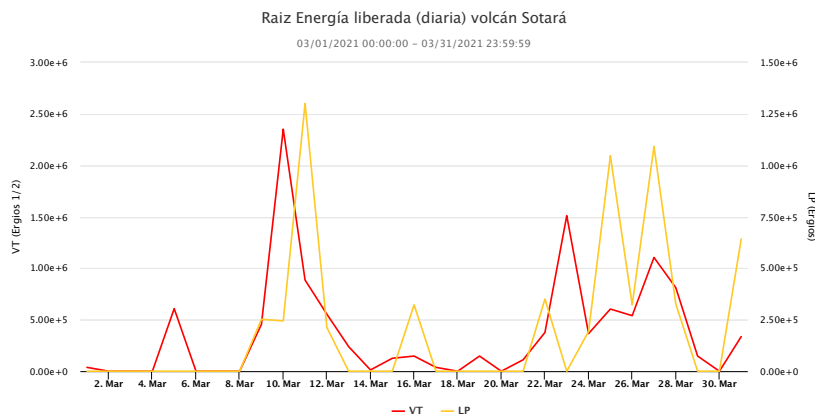


Figura 72: Energía sísmica liberada diariamente por eventos VT en el volcán Sotará durante el mes de marzo de 2021.

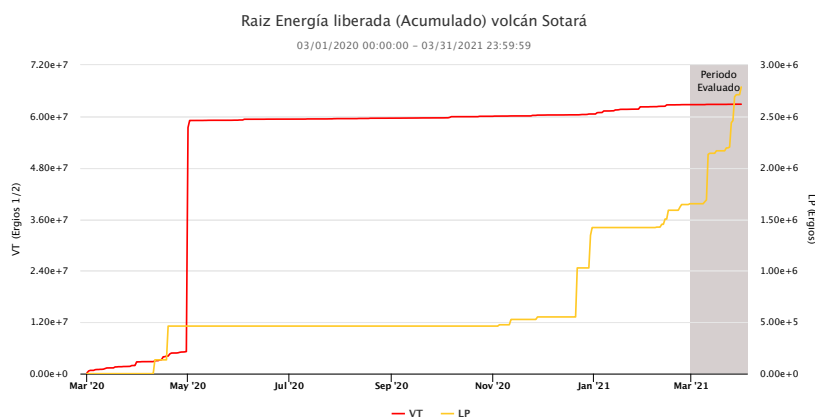


Figura 73: Energía sísmica liberada de forma acumulada por eventos VT y LP en el volcán Sotará entre marzo de 2020 y marzo de 2021.

4.1.3 Localización de eventos sísmicos

4.1.3.1 Localización de eventos asociados con procesos de fractura. Durante el mes de marzo fue posible localizar 69 sismos tipo VT en el volcán Sotará, que se ubicaron predominantemente bajo el edificio volcánico a una distancia epicentral de hasta 2 *km* respecto a la cima, bajo los flacos NW y SW del volcán, sus profundidades oscilaron entre 1 y 4 *km*. Los sismos restantes se ubicaron de manera dispersa, a distancias epicentrales que variaron entre 10 y 14 *km* en dirección NE (sector conocido como Valle de Paletará), con profundidades entre 7 y 11 *km* (figura 74). La figura 75 muestra la distribución de las magnitudes locales calculadas para el mismo periodo, que presentaron valores entre -1.6 y 1.0 M_L , las cuales son consideradas bajas.

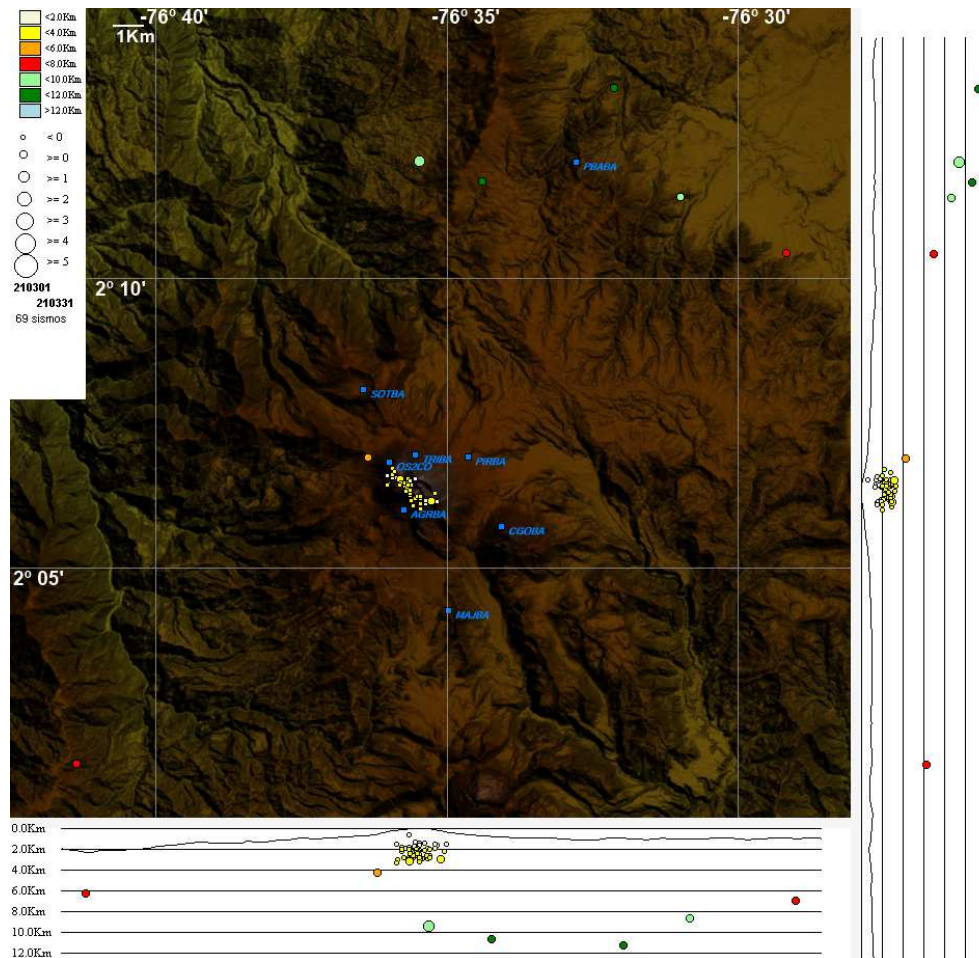


Figura 74: Mapa de localización de eventos volcánico–tectónicos del volcán Sotará del 1 al 31 de marzo de 2021. Los círculos indican las localizaciones epicentrales e hipocentrales, cuyos colores varían según su profundidad y los tamaños según la magnitud local calculada (M_L). Los cuadros blancos representan las estaciones sísmicas.

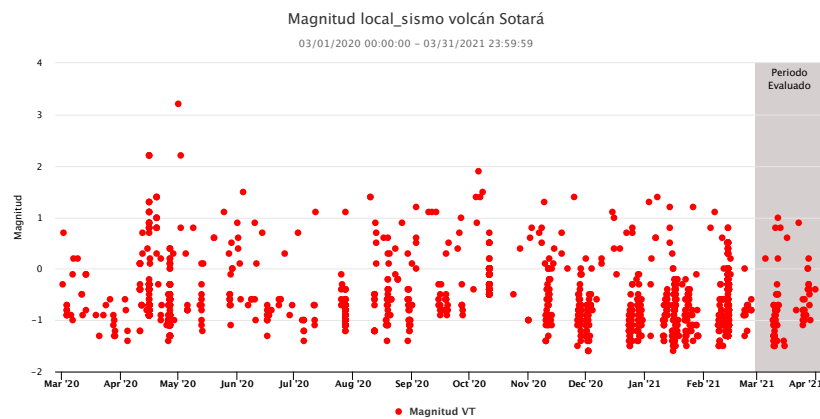


Figura 75: Magnitud Local de los eventos VT localizados en el volcán Sotará durante el mes de marzo de 2021.

4.2 DEFORMACIÓN

4.2.1 Inclínometría electrónica

Para el mes de marzo la tendencia de las componentes este – σ_E y norte – σ_N del inclinómetro Triángulo presentaron un comportamiento estable. En la figura 76 se presentan las series temporales del inclinómetro removido el efecto de temperatura y deriva.

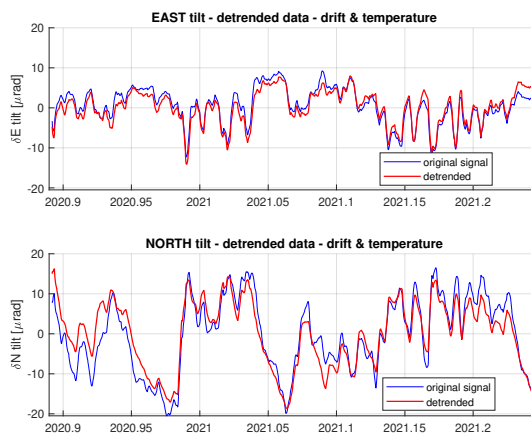


Figura 76: Comportamiento del inclinómetro electrónico Triángulo periodo 20 de noviembre de 2020 al 31 de marzo de 2021. Superior componente Este e inferior componente Norte. En color azul se presenta la serie original de datos y en color rojo los datos filtrados por temperatura y deriva del instrumento.

4.2.2 Procesamiento diferencial GNSS software T4D Control

Las series de tiempo derivadas del procesamiento diferencial de las estaciones GNSS permanentes Corona, Aguas Rojas y Pirámide, usando el software T4D Control para los últimos seis meses se presenta en la figura 77. Los resultados evidencian estabilidad en las componentes Norte, Este y Altura durante el mes de marzo.

4.2.3 Procesamiento diferencial GNSS software GAMIT/GLOBK

Se realizó el procesamiento de las estaciones GNSS permanentes del volcán Sotará usando el software GAMIT/GLOBK 10.7 con órbitas finales. Los resultados del procesamiento para las componentes Norte, Este y Altura de las estaciones GNSS muestran una ligera deformación entre octubre de 2019 y enero de 2020. Posteriormente, las estaciones presentaron un comportamiento estable, el cual se continuó observando hasta marzo de 2021. En la figura 78 se presenta la serie temporal del GNSS AROJ para los tres últimos años, como una estación representativa de la red GNSS de monitoreo.

4.2.4 Procesamiento de líneas base GNSS

Para el volcán Sotará se han definido cuatro líneas base entre las estaciones GNSS Aguas Rojas, Oso, Corona, Danta y Piramide2 (figura 79). En la figura 80 se muestra el resultado de los datos procesados para el periodo evaluado, la tendencia de las líneas base evidencian estabilidad en el comportamiento de las estaciones GNSS del volcán Sotará. No fue posible generar las líneas base para la estación Oso debido a que no estuvo operativa en este periodo.

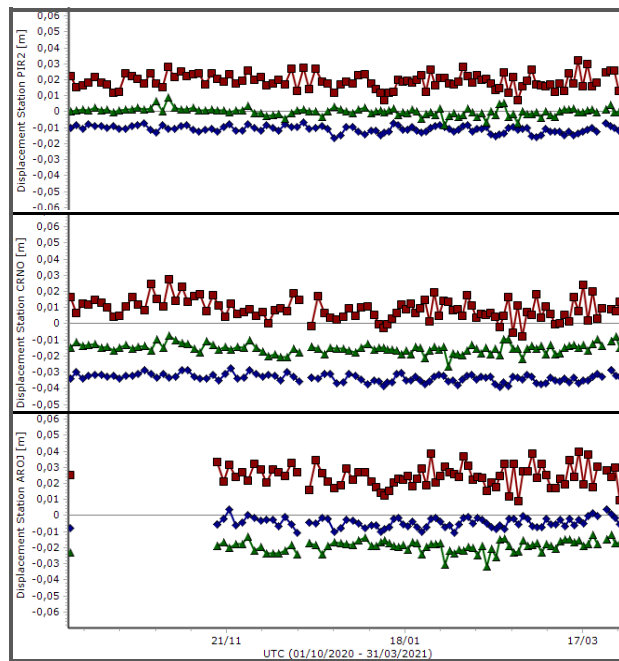


Figura 77: Series de tiempo para las estaciones GNSS SOSO, PIR2, CRNO, AROJ, y DANT; Norte: Azul, Este: Verde, Altura: Rojo. 1 de octubre de 2020 a 31 de marzo de 2021.

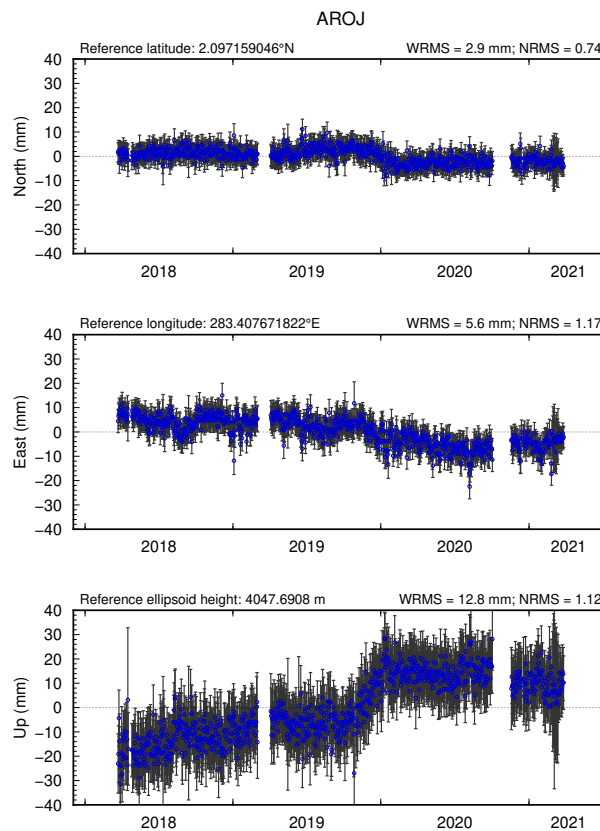


Figura 78: Serie temporal para la estación GNSS permanente AROJ. Marzo de 2018 a marzo de 2021.

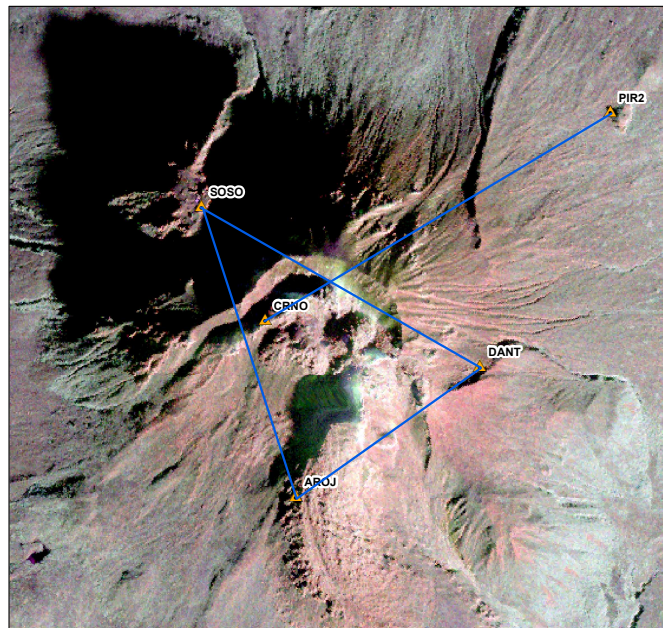


Figura 79: Localización de las líneas base, volcán Sotará.

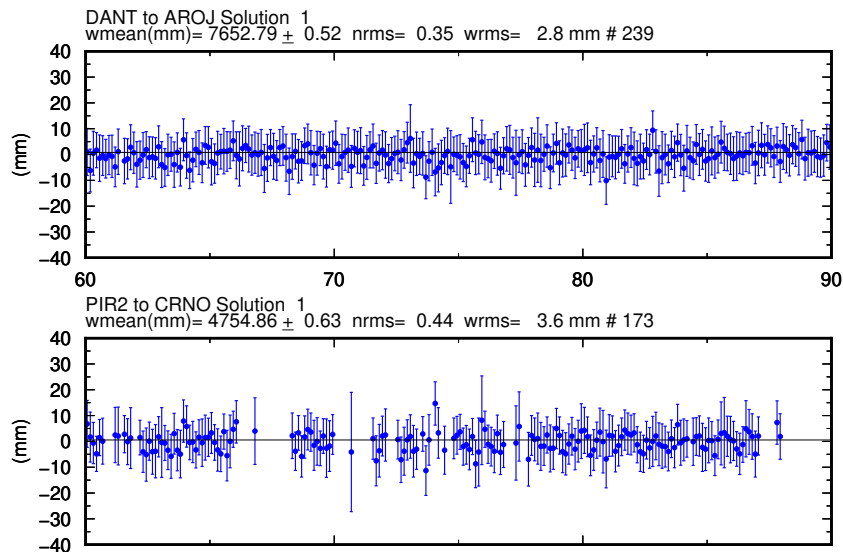


Figura 80: Resultados de líneas Base del volcán Sotará. DANT–ARAJ y PIR2–CRNO. Marzo de 2021.

4.3 ACTIVIDAD SUPERFICIAL

4.3.1 Registro de actividad superficial

Durante el mes de marzo la cámara web Cerro Crespo continúa presentando problemas telemétricos, contándose solo con la operación de la cámara web Majuas Sotará. En las imágenes captadas desde el costado SE del volcán Sotará, no se evidenciaron cambios morfológicos ni procesos asociados con emanaciones de gases. En la figura 81 se muestran algunas de las imágenes destacadas durante el período evaluado.



Figura 81: Imágenes captadas por la cámara web Cerro Crespo del volcán Sotará durante el mes de marzo de 2021.

4.4 CONCLUSIÓN

De acuerdo con el análisis de la información obtenida a través de las diversas estaciones que componen la red de monitoreo sísmico del volcán Sotará, se concluye que, aunque los niveles de energía sísmica liberada y el número promedio de eventos sísmicos diarios se sitúan por encima de los promedios históricos para este volcán, y que se presentó un leve aumento en la sismicidad asociada con la dinámica de fluidos en los conductos volcánicos durante el último trimestre, el comportamiento del sistema volcánico se mantiene estable. Por medio del análisis realizado a las demás técnicas de monitoreo implementadas en el volcán Sotará, no se encontraron variaciones a destacar, por lo que el OVS–Popayán mantiene el nivel de actividad en *NIVEL III (AMARILLO): CAMBIOS EN EL COMPORTAMIENTO DE LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA*.

5 VOLCÁN SUCUBÚN

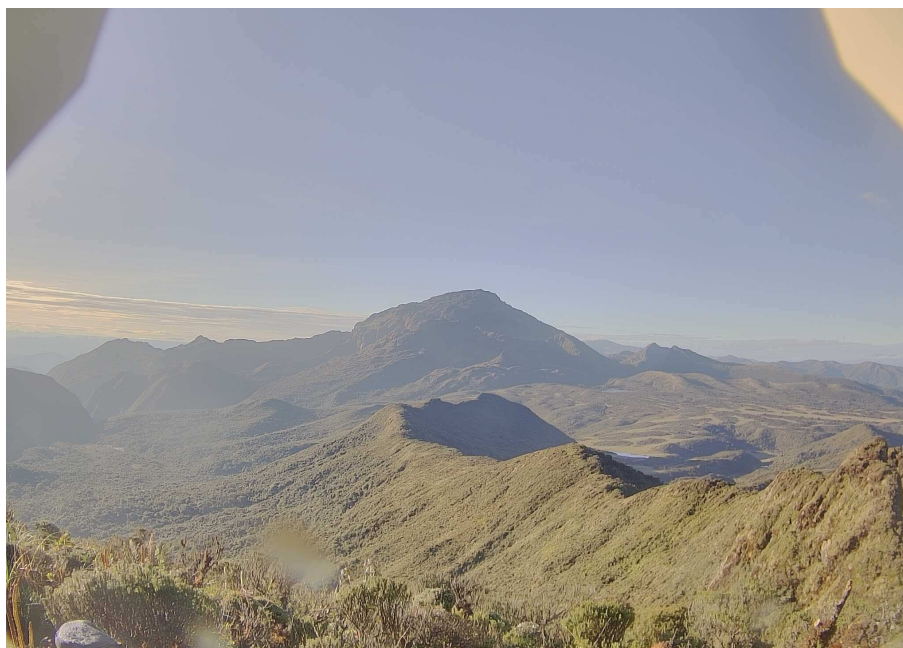


Figura 82: Fotografía panorámica del volcán Sucubún desde la cámara web de Majuas. Imagen captada el 28 de octubre de 2018.

El volcán Sucubún se encuentra localizado 10 *km* al SSE del volcán Sotaró, fuera de la caldera del volcán Pre-Sotaró. Este volcán presenta una forma cómica que se encuentra en el interior de los remanentes de dos estructuras volcánicas concéntricas, representadas por una caldera externa y el cráter actual. De acuerdo con interpretaciones de fotogeología, a este volcán se le podrían asociar diferentes tipos de depósitos, como flujos de lava, corrientes de densidad piroclástica y un domo de lava, los cuales se presentan también como unidades eruptivas. Geográficamente se ubica en límites de los departamentos del Cauca y Huila, en las coordenadas geográficas 2° 01' N y 76° 34' O, con una altura máxima de 4100 *m.s.n.m.*, a una distancia aproximada de 46.5 *km* al SE de la ciudad de Popayán (figura 83).

Esta estructura volcánica exhibe el remanente de un cráter externo de aproximadamente 2,6 *km* de diámetro, y un inmenso domo central de 2,1 *km* de diámetro dentro del remanente de un cráter interno. Los flancos del edificio tienen pendientes entre 15° y 30°. Estructuralmente este volcán se encuentra afectado por la falla Guabas en dirección NW–SE. (Pulgarín et. al, Geología e Historia Eruptiva del Complejo Volcánico Sotaró, Colombia – Ingeominas, 2011).

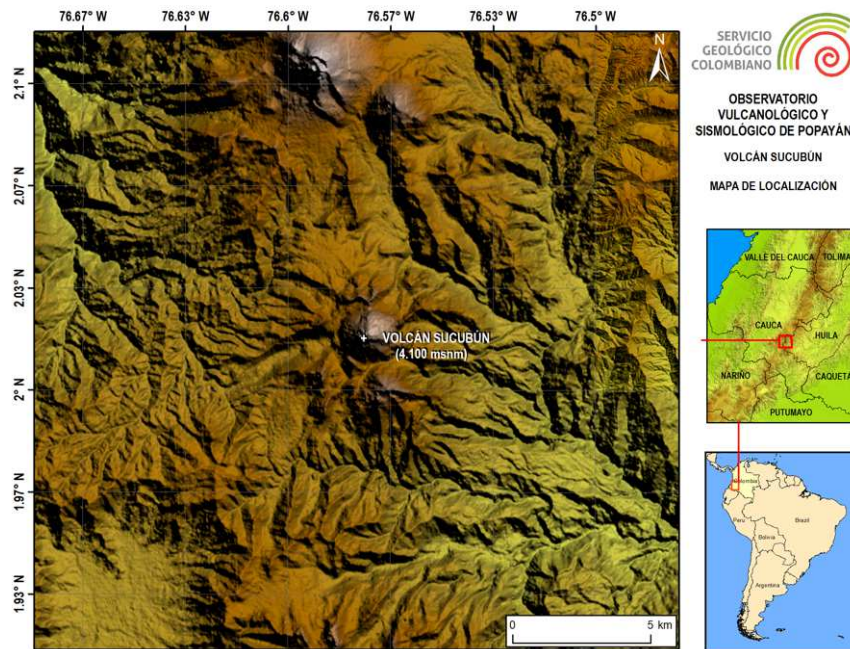


Figura 83: Mapa de localización del volcán Sucubún.

5.1 SISMOLOGÍA

5.1.1 Actividad Sísmica

La estación sísmica instalada en el área de influencia del volcán Sucubún no registró actividad sísmica asociada a este volcán durante el mes de marzo de 2021.

5.2 ACTIVIDAD SUPERFICIAL

5.2.1 Registro de actividad superficial

Durante el mes de marzo las imágenes captadas del volcán Sucubún no evidenciaron anomalías, cambios morfológicos ni procesos asociados con emanaciones de gases. En la figura 84 se muestra la imagen destacada durante el período evaluado.



Figura 84: Imagen captada por la cámara web de Majuas en el volcán Sucubún, marzo de 2021.

5.3 CONCLUSIÓN.

De acuerdo con el análisis de la información derivada del monitoreo sísmico del volcán Sucubún, se concluye que durante el mes de marzo de 2021 los niveles de actividad permanecieron bajos. Por lo tanto, el OVS–Popayán mantiene el nivel de actividad volcánica **NIVEL IV: VOLCÁN ACTIVO Y COMPORTAMIENTO ESTABLE**.

El Servicio Geológico Colombiano (SGC) - *Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán*, continúa atento a la evolución del fenómeno volcánico e informará de manera oportuna los cambios que se puedan presentar.