

---

## **Informe Volcánico Especial – Sangay – 2021 - N° 002**

### **Actualización de la actividad interna y superficial del volcán Sangay**

**Quito, 24 de noviembre de 2021**

#### **Resumen**

Desde el 6 de mayo de 2019, el volcán Sangay presenta una actividad eruptiva catalogada como de nivel moderado a alto, con emisiones casi continuas de gases, ceniza, flujos de lava, flujos piroclásticos y lahares. En las últimas semanas, los parámetros de actividad interna del volcán han mostrado un incremento en la cantidad de explosiones pequeñas, así como una ligera tendencia inflacionaria en todos los flancos del volcán. Por otra parte, los parámetros superficiales muestran una continua emisión de flujos de lava (anomalías térmicas constantes) y ligeros cambios en la morfología del volcán. Este tipo de actividad es muy común en el volcán Sangay, el cual mantiene su actividad tanto interna como superficial en niveles considerados como altos al momento de la realización del presente informe.

#### **Sismicidad actual**

Para vigilar al volcán Sangay, el IG-EPN transmite y analiza en tiempo real los datos de una estación sísmica y acústica local (SAGA) ubicada a 6 km de la cumbre, y de dos estaciones distales (estaciones PUYO y TAIS) ubicados a más de 50 km del volcán. Mediante tratamientos específicos, estas estaciones permiten registrar las señales sísmicas asociadas a los eventos más significativos del volcán Sangay, con lo cual se determinan las tasas de sismicidad a largo plazo, independientemente de si la estación local está operando o no (Fig. 1).

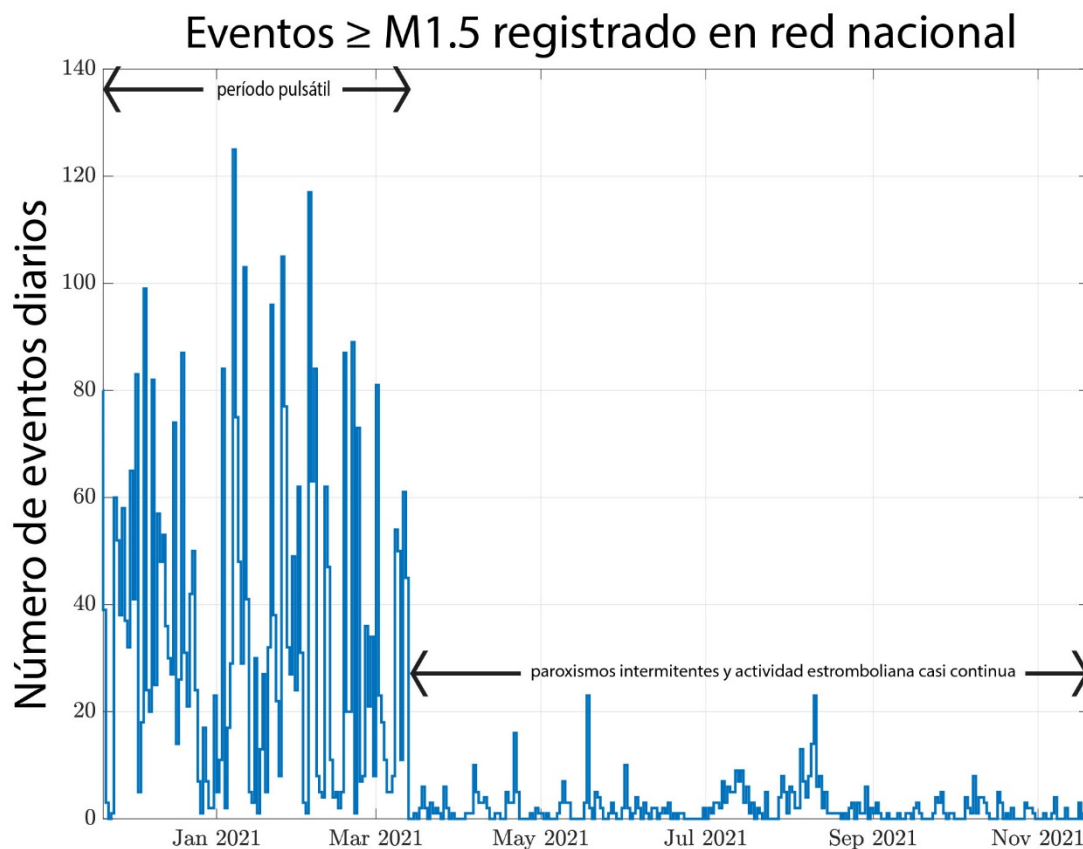


Figura 1. Número diario de eventos con magnitud  $\geq M1.5$  entre noviembre de 2020 y noviembre de 2021, registrado con datos de una red regional (estaciones distales). Se delimitan dos etapas principales: el periodo pulsátil y el periodo con paroxismos intercalados y actividad estromboliana casi continua.

Por otra parte, la estación local SAGA es capaz de registrar incluso los sismos más pequeños que ocurren en el Sangay, lo que permite hacer un análisis más detallado de su actividad a corto y largo plazo. En la figura 2 se muestran las medidas de la amplitud sísmica promedio (RSAM) obtenidas por SAGA. A excepción de los periodos de tiempo en los que no se transmitieron datos (azul pálido), se puede observar con alta resolución temporal las tendencias a largo plazo que han ocurrido en el Sangay.

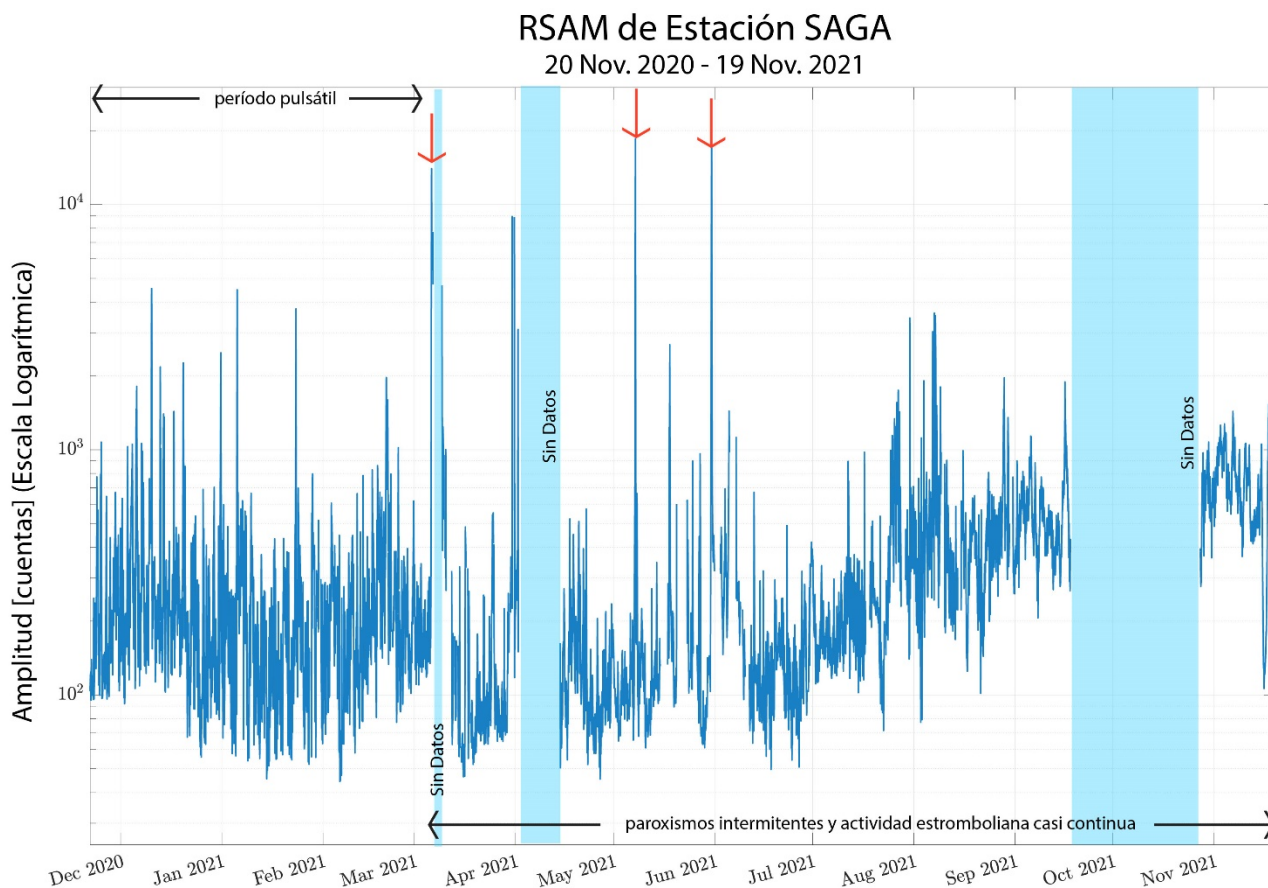


Figura 2. Amplitudes sísmicas promedio (en cuentas) entre noviembre 2020 y noviembre 2021 en la estación SAGA. La señal ha sido filtrada en el rango de frecuencias entre 0.375 y 3 Hz. en ventanas de 1 minuto, y luego promediado con una ventana de 2 horas. La escala vertical es logarítmica. Las flechas rojas verticales marcan los 3 paroxismos moderados (5 de marzo, 7 y 30 de mayo de 2021) registrado en la estación SAGA.

Antes del paroxismo del 5 de marzo, el comportamiento de Sangay se caracterizaba por pulsos energéticos de explosiones moderadas que duraban horas a días, intercalados por periodos de actividad relativamente baja, también de horas a días (período pulsátil; Fig. 1 y 2). Después del 5 de marzo, la actividad pasó a ser dominada por actividad estromboliana casi continua acompañada de 11 eventos calificados como paroxismos, 3 de los cuales son moderados (flechas rojas verticales, Fig. 2) y el resto son pequeños. Desde julio de 2021, la actividad estromboliana comenzó a dominar, lo que se confirma con ocasionales observaciones visuales en días de buen clima.

Desde las 20h00 TL (tiempo local) del 17 de noviembre se ha constatado un incremento en el número de explosiones en el volcán Sangay, alcanzando un promedio de 2 por minuto. La gran mayoría de estas explosiones son de pequeño tamaño, como puede observarse tanto de la señal sísmica (Fig. 3), que en algunos casos no sobrepasa el nivel de ruido de la estación, como para las señales acústicas de las explosiones (menores a 10 Pascales). Esta actividad persiste hasta las primeras horas del 23 de noviembre.

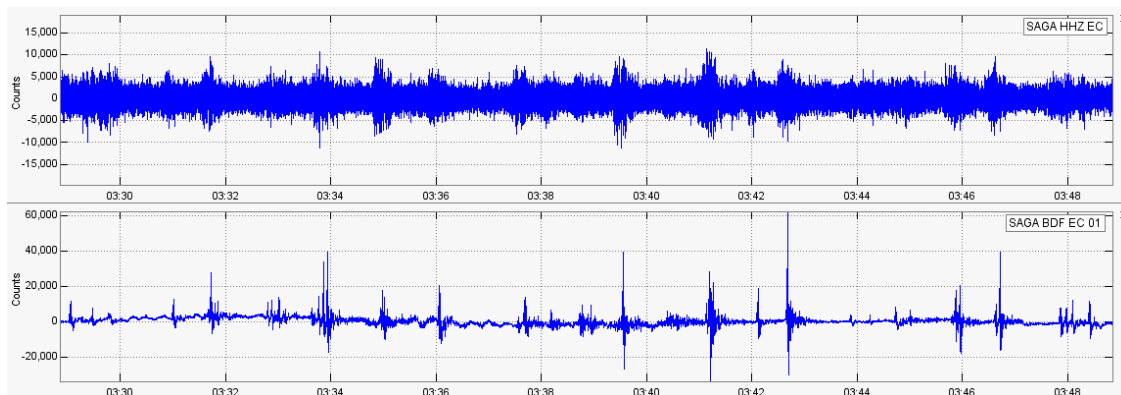


Figura 3. Registro sísmico del 17 de noviembre con 20 minutos de duración del sensor de infrasonido de la estación SAGA, ubicada a aprox. 6 km del cráter del volcán. Se pueden apreciar 20 pulsos que sobrepasan las 2.000 cuentas.

## Deformación

Para el análisis de deformación, se realizó el procesamiento de imágenes de Radar de Apertura Sintética (InSAR), del satélite Sentinel-1 de la Agencia Espacial Europea (ESA), utilizando el software ISCE y Mintpy. La figura 4 (superior) corresponde a un mapa de velocidades desde el 05 de enero de 2020 al 13 de noviembre de 2021, con el método SBAS (por sus siglas en inglés *Small Baseline*).

### Análisis e Interpretación de datos

En el periodo de tiempo estudiado en línea de vista del satélite (LOS, por sus citas en inglés), las zonas representadas en colores amarillo - naranja - rojo (Fig. 4 superior) registran desplazamientos de los flancos suroccidental, norte y noroccidental del volcán a una velocidad de hasta 5 cm/año. El desplazamiento está considerado como deformación positiva o inflación, que se observan alrededor del volcán, en los flancos medios del edificio en las zonas suroccidente, norte y este.

Mientras que en la parte exterior del edificio (colores celestes - verdes) presentan una zona con muy poca deformación, con tendencia negativa o deflación a velocidades de deformación entre 0 y -5 cm/año en el periodo de tiempo. La zona que registra la mayor deformación negativa se localiza al nororiente (mancha azul), fuera del edificio volcánico.



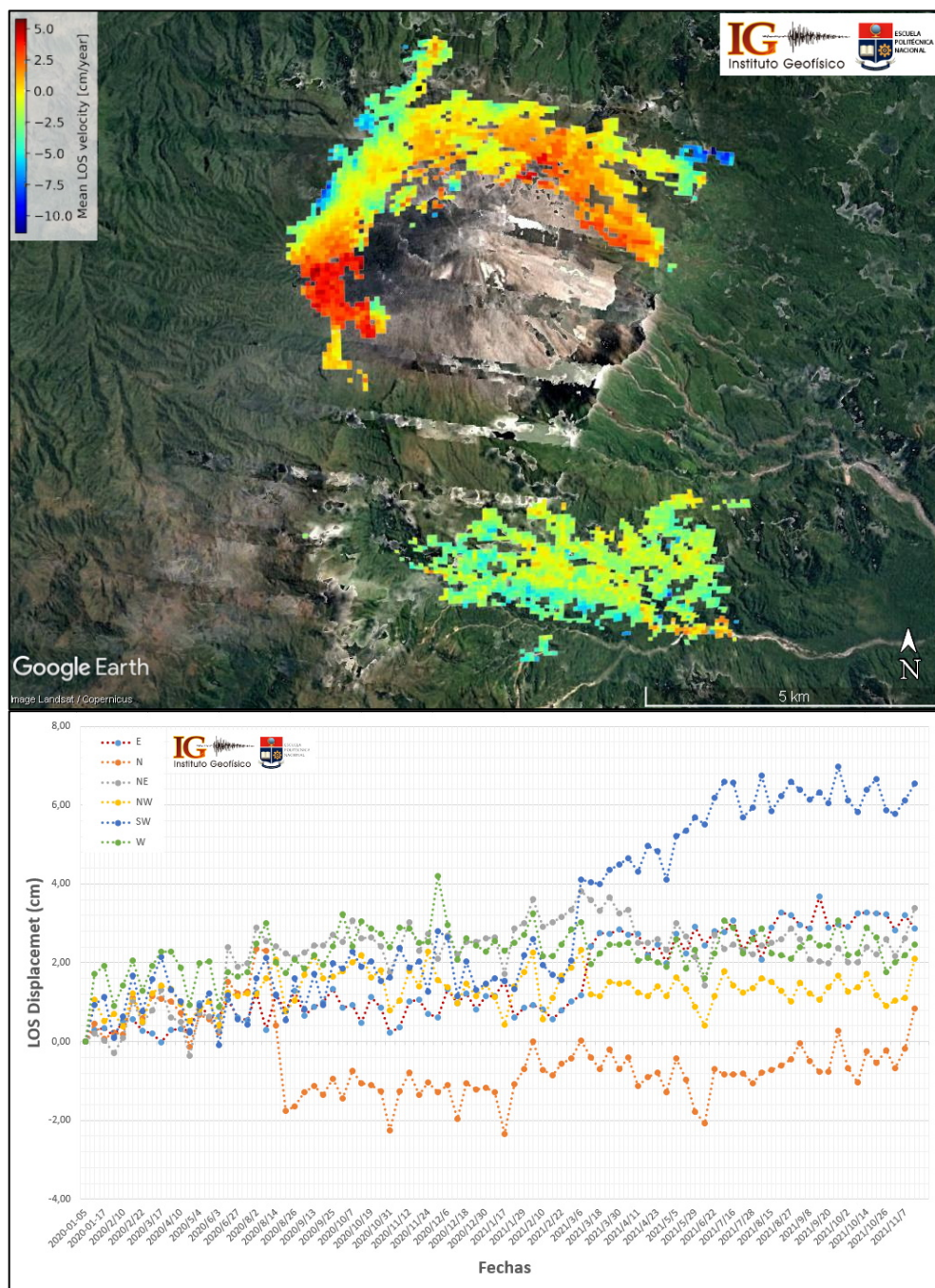


Fig. 4. Superior: Mapa de velocidades de deformación obtenida por InSAR, en base a imágenes Sentinel-1 de órbita descendente en el volcán Sangay, entre el 05 de enero de 2020 al 13 de noviembre de 2021. Inferior: Series temporales de desplazamiento en línea de vista del satélite (LOS) obtenidas a partir de imágenes Sentinel-1 órbita descendente en los distintos flancos del volcán.

Los flancos norte, occidente, nororiente, noroccidente y suroccidente (Fig. 4, inferior) registran valores positivos de deformación a excepción del flanco este. Esta ligera inflación registrada desde junio del 2021 es un poco más pronunciada en las últimas semanas.

Las medidas de deformación acumulada en el edificio volcánico desde el 05 de enero de 2020 al 13 de noviembre de 2021 son: este de  $\sim -0.34$  cm, norte de  $\sim 1.01$  cm, noreste de  $\sim 0.78$  cm, noroeste de  $\sim 1.01$  cm, suroeste de  $\sim 0.44$  cm y oeste de  $\sim 0.28$  cm.

El volcán ha presentado deformaciones fluctuantes, probablemente debido a sus erupciones continuas y nuevas alimentaciones desde la cámara magmática. Sin embargo, en las últimas semanas está tendencia se ha mantenido positiva en todos los flancos, lo que podría indicar una nueva fase de alimentación de material hacia partes más superficiales del volcán.

## Nubes y caídas de cenizas

Desde las fases eruptivas del 5-6 y 11 de marzo, 12 de abril y 7 de mayo de 2021, las columnas de emisión de ceniza reportadas por la VAAC muestran un descenso en su altura (Fig. 5 izquierda). Durante las últimas dos semanas la Washington VAAC ha reportado columnas de ceniza relativamente pequeñas, con alturas variables entre 500 y 2300 m snc (metros sobre el nivel del cráter; Fig. 5 derecha). Los vientos predominantes desde enero hasta noviembre de 2021 han sido hacia el occidente, con escasas variaciones hacia el suroccidente y noroccidente (Fig. 6). Durante el último trimestre no se han tenido reportes de caída de ceniza en las poblaciones situadas al occidente del volcán.

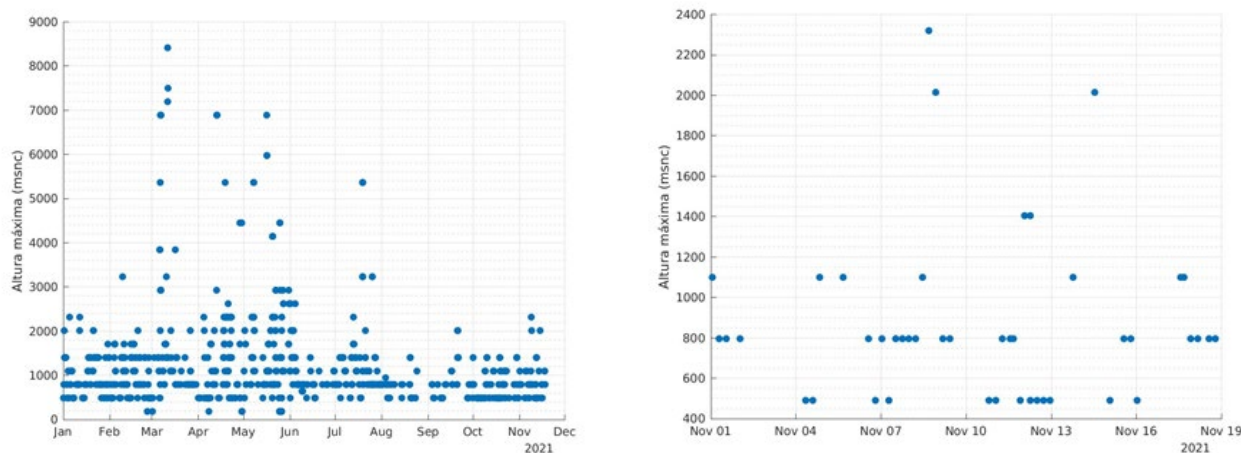


Figura 5. Alturas de las columnas de ceniza reportadas por la Washington VAAC. Izquierda: enero – noviembre, 2021. Derecha: noviembre 01 – noviembre 18, 2021.

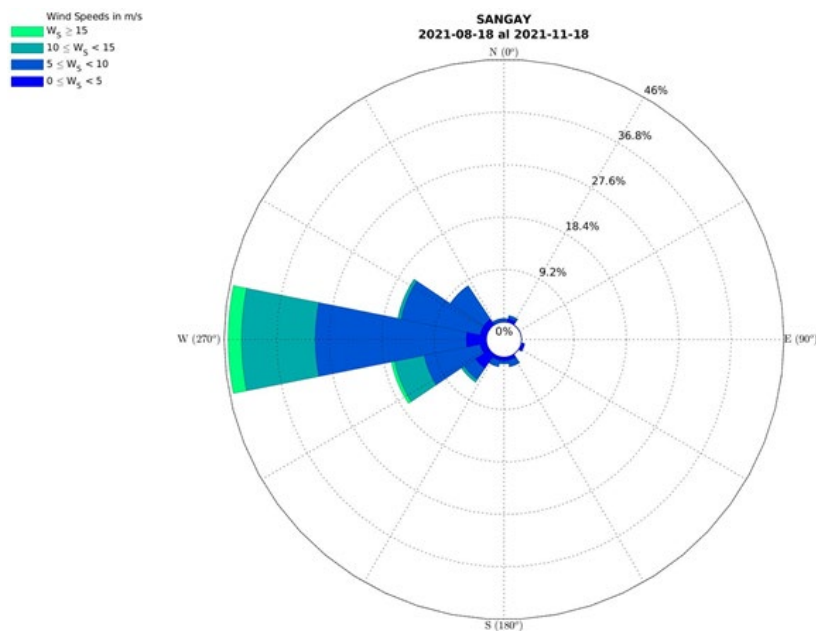


Figura 6. Direcciones predominantes de los vientos durante el último trimestre de 2021.

## Anomalías térmicas satelitales

Las condiciones climáticas en la zona del volcán Sangay no han favorecido la vigilancia satelital para detectar anomalías térmicas (p.e., flujos de lava) en la zona alta del volcán. Sin embargo, desde finales del mes de julio de 2021 hasta la emisión de este informe, tanto el número como la intensidad de las anomalías termales se ha incrementado paulatinamente con respecto al período entre marzo y junio de 2021. El periodo marzo-junio se caracterizó por actividad explosiva con emisiones de columnas de ceniza entre 3 y 10 km snc. (ver INFORME ESPECIAL DEL VOLCÁN SANGAY N° 2021-001; <https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/1852-informe-especial-del-volcan-sangay-no-2021-001>). Por otro lado, para el periodo julio-noviembre 2021, los datos obtenidos a través de los sistemas satelitales MIROVA (Fig. 7 Izquierda. [https://www.mirovaweb.it/?action=volcanoDetails&volcano\\_id=352090](https://www.mirovaweb.it/?action=volcanoDetails&volcano_id=352090)) y MODVOLC (Fig. 7. Derecha. <http://modis.higp.hawaii.edu/>), sugieren la emisión continua de flujos de lava y material piroclástico caliente en las zonas cercanas al cráter del volcán (1-1.5 km bnc).

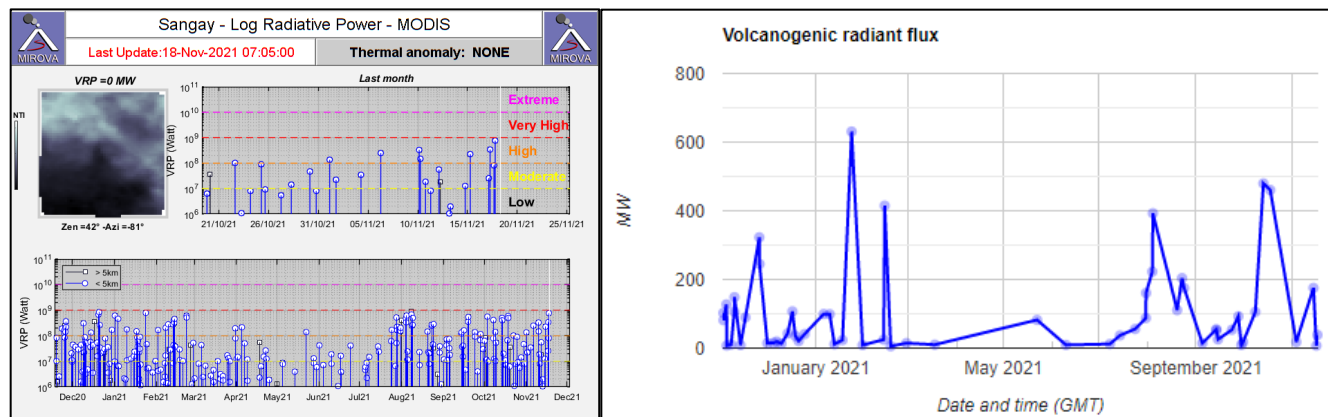


Figura 7. Izquierda arriba: alertas termales detectadas por el sistema MIROVA durante el último mes, Izquierda abajo: alertas termales del sistema MIROVA desde diciembre de 2020. Derecha: flujo radiante en el volcán Sangay desde enero de 2020 hasta el presente.

## Desgasificación y medidas de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)

Desde el inicio del actual periodo eruptivo, en mayo de 2019, el sensor satelital TROPOMI ha registrado de manera continua la emisión de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en el volcán Sangay. En comparación con los meses precedentes, desde junio 2021 y hasta la emisión de este informe los datos de desgasificación han sido bajos, menores a 1000 ton/día y se han mantenido constantes con pequeñas fluctuaciones en el tiempo. En la figura 8, las líneas negras (media móvil) y roja (acumulativo) muestran la tendencia de los datos, misma que desde el mes de junio de 2021 se mantiene relativamente estable.

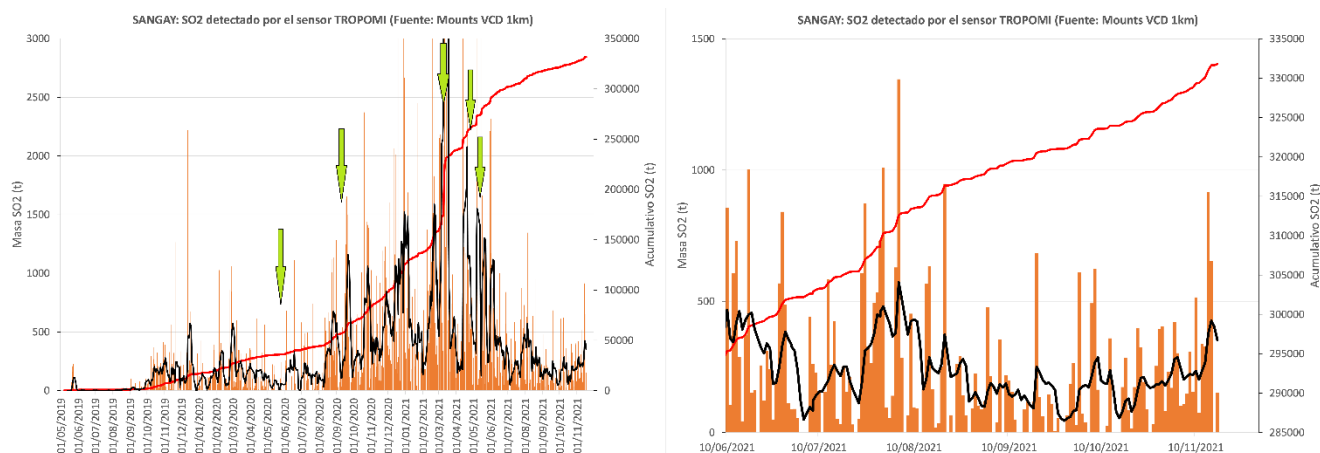


Figura 8. Izquierda: Serie temporal de desgasificación del volcán Sangay para el actual periodo eruptivo. Las barras naranjas son la masa de SO<sub>2</sub> reportado por MOUNTS (<http://www.mounts-project.com/timeseries/352090>) utilizando el sensor satelital TROPOMI. La línea negra representa la media móvil semanal de los datos, mientras que la línea roja resalta el valor acumulativo de los mismos. Las flechas verdes en la gráfica de la izquierda señalan algunas de las erupciones paroxismales más importantes ocurridas,



siendo estas: 8-9 de junio 2020, 20 de septiembre 2020, 5-6 y 11 de marzo del 2021, 12 de abril 2021 y 7 de mayo 2021.

Adicionalmente, la estación DOAS distal de Atillo (aprox. 30 km al occidente del volcán) no ha mostrado cambios significativos en los flujos de emisión diarios para este volcán, tal como se muestra en la figura 9. El valor máximo registrado por la estación la última semana es de 319 ton/día, valores considerados como normales para la actividad de actual del volcán.

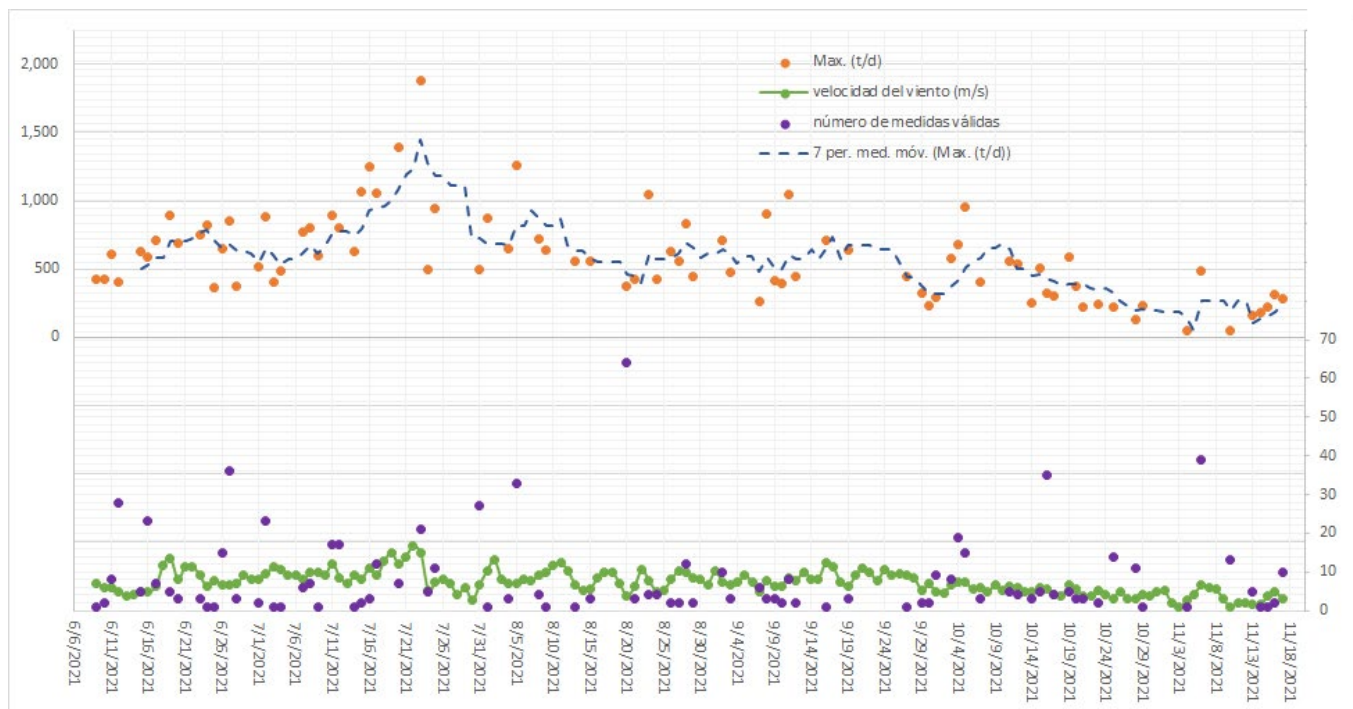


Figura 9. Arriba, serie temporal de los valores de flujo máximo diario obtenidos entre junio y noviembre de 2021 para la estación permanente DOAS (Espectroscopía de absorción óptica diferencial) de Atillo. Abajo, velocidad del viento y número de medidas válidas para la misma estación.

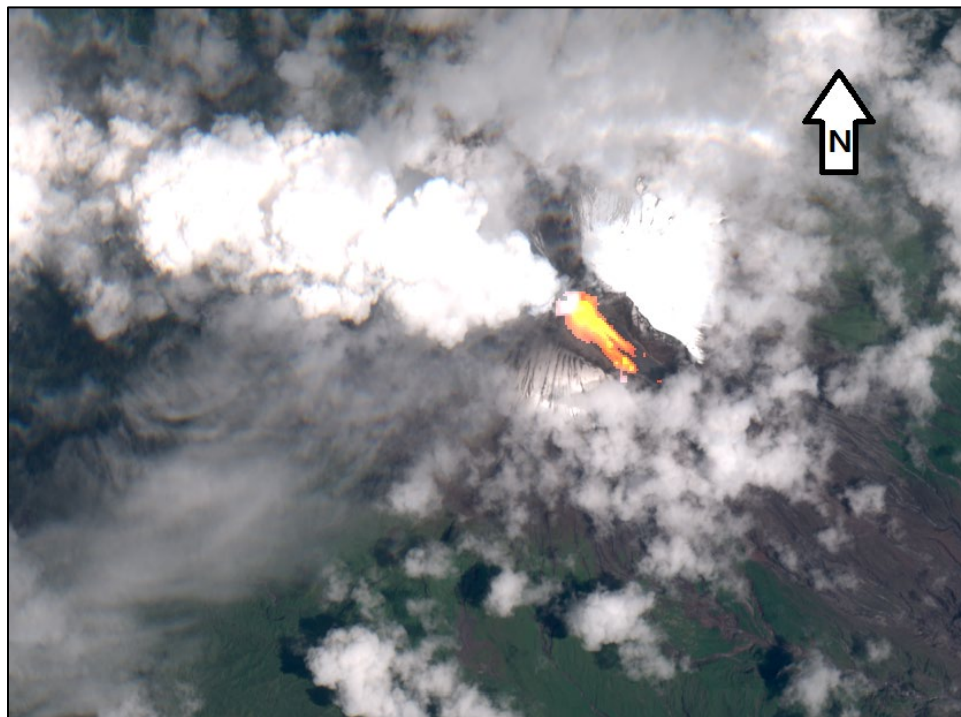
## Cambios morfológicos en la quebrada suroriental del volcán Sangay

Durante el actual período eruptivo del volcán Sangay (mayo 2019 - presente), los cambios morfológicos han sido evidentes. El principal cambio está asociado a la erosión continua del flanco suroriental, que como resultado, ha dado lugar a la formación de una gran quebrada por la cual se encausan el material piroclásticos emitido por el volcán (i.e., flujos de lava y corrientes piroclásticas). Durante el último sobrevuelo efectuado en el mes de junio de 2020 (Fig. 10), se cuantificó el ancho máximo de esta quebrada en aproximadamente  $390 \pm 10$  metros.



Figura 10. Izquierda: fotografía tomada durante el sobrevuelo efectuado el 24 de junio de 2020. En color amarillo se puede observar la quebrada sur oriental y su abertura máxima en la cumbre. Además, se puede observar una explosión pequeña, muy característica de la actividad continua del volcán desde mayo de 2019. Derecha: fotografía tomada por el ECU911 el 18 de octubre de 2021.

Mediante imágenes satelitales se ha podido cuantificar el crecimiento de la quebrada. La última imagen satelital obtenida corresponde al 13 de octubre de 2021 (Fig. 11). En esta se observa que la erosión continúa, pero no se presenta tan agresiva como en el período Agosto 2019 a Marzo 2020. Adicionalmente, el procesamiento de la banda X del satélite Terrasar, permitió cuantificar la apertura máxima de la quebrada en octubre de 2021 con un valor de  $650 \pm 50$  m, que con respecto a marzo de 2021 ( $600 \pm 40$  m) se ha mantenido relativamente estable. Estos cambios morfológicos dependen de los niveles de actividad del volcán (p.e., tasa de emisión de material volcánico), así como de otros agentes erosivos externos (p.e., lluvias, viento y la misma acción de la gravedad). Actualmente, la erosión en la quebrada SE es menor, y por el contrario, parece empezar a rellenarse con el material que está siendo emitido actualmente de forma no explosiva y lenta desde julio de este año.



*Figura 11. Imagen satelital del mes de octubre de 2021. En color naranja se puede observar el flujo de lava emitido desde julio 2021.*

## Escenarios eruptivos

En base a la información que se dispone de la actividad eruptiva, y al conocimiento geológico de este volcán, el Instituto Geofísico propone los siguientes escenarios eruptivos. Cabe recalcar que, estos escenarios se establecen en un instante dado con base en la actividad registrada por el volcán, así como las tendencias de cambio de la misma. Por tanto, son aplicables siempre y cuando la actividad no presente un cambio notable, y deberán ser revisados si las condiciones del volcán así lo ameriten. Aunque no se establece una probabilidad numérica de ocurrencia de cada escenario, el Instituto Geofísico presenta de forma cualitativa la posibilidad de ocurrencia de cada uno. Los escenarios se presentan en el siguiente orden: más probable, menos probable y muy poco probable.

**Escenario más probable: continúa la actividad eruptiva, con eventuales paroxismos, emisiones leves o importantes de ceniza y potencial remoción de escombros en la quebrada suroriental.**

La actividad eruptiva continúa alternando fases de mayor actividad eruptiva (emisiones de columnas de ceniza superiores a los 2km de altura) y fases de menor actividad (columnas de ceniza menores que 2km de altura). Este escenario implica la continua o esporádica emisión de flujos de lava, principalmente dentro de la quebrada suroriental, con los consiguientes colapsos de frente de lava, que, a su vez, producen flujos piroclásticos que descienden por la cabecera del Río Volcán (muy pocos llegan a la confluencia con el Río Upano). En este escenario, los principales fenómenos que pueden afectar a la población son: (1) leves a fuertes caídas de ceniza debido a la actividad explosiva, y a la re-movilización del material previamente depositado. El transporte de las nubes de

ceniza está controlado por la dirección y velocidad del viento, que es típicamente dirigida hacia el occidente y noroccidente, con eventuales variaciones al norte y suroriente del volcán. (2) la generación de flujos de escombros (lahares) en los ríos Volcán y Upano, asociados a la remoción del material volcánico depositado por efecto de las fuertes lluvias, propias de esta zona. En base a los datos que disponemos a la fecha, este escenario es el más probable a corto plazo y representa la actividad típica de al menos los últimos 100 años de actividad del volcán Sangay.

#### **Escenario menos probable: nueva erupción mayor.**

El volcán presenta un patrón ascendente y repentino de su actividad eruptiva, asociado con un incremento fuerte de la tasa de emisión de magma (roca fundida en profundidad). En este escenario se podría generar una fase explosiva mayor como la ocurrida en el año 1628 durante la cual se reportaron fuertes caídas de ceniza en Riobamba y sus alrededores, y en la cual, la nube de ceniza llegó a obstruir la luz del sol, por varios días. Este escenario estaría caracterizado por la generación de nuevos e importantes flujos piroclásticos que tendrían un mayor alcance, pero sin llegar a poner en riesgo zonas pobladas. Así como, la formación de columnas de emisión de ceniza de mayor altura, las cuales provocarían grandes impactos a nivel regional, particularmente en la agricultura y ganadería. Este tipo de erupción es similar a las ocurridas en los volcanes Tungurahua (2006) y Reventador (2002). No se descarta que, en caso de una erupción mayor, pueda colapsar diferentes sectores de la quebrada suroriental, generando flujos de escombros (lahares) de mayor magnitud a los observados anteriormente en los ríos Volcán y Upano. **Sin embargo, en base a los datos que disponemos a la fecha, este escenario es menos probable en el corto plazo.**

#### **Escenario muy poco probable: disminución de la actividad.**

El volcán ha alcanzado el clímax de la erupción en las circunstancias actuales y su actividad tiende a descender de manera lenta, pero progresiva, en los próximos días a semanas. Este decrecimiento puede ser comparable a los niveles de actividad de los años 2016 y 2017 en el mismo volcán. La emisión de lavas y los consecuentes flujos piroclásticos van disminuyendo en frecuencia y alcance, y las emisiones de ceniza tienden a disminuir. En base a los datos que disponemos a la fecha, este escenario es muy poco probable a corto plazo.

### **Recomendaciones generales**

No acercarse a las zonas de peligro del volcán Sangay. En caso de estar en zona de caída de ceniza protegerse con mascarilla, gafas de protección y limitar su exposición (más información: <http://www.ivhnn.org/es/ash-protection>). Mantenerse informado de la evolución de la actividad eruptiva en la página web del Instituto Geofísico y en sus redes sociales Twitter, Facebook y Telegram. Seguir las recomendaciones de las autoridades de gestión de riesgos (SNGRE y GADs). EL IGEPN se mantiene atento a la evolución de la actividad en el volcán Sangay e informará de sus pormenores.

Elaborado por: MA, FJV, MC, FN, PE, JS, SHdz, DA

IGEPN, 24 de noviembre de 2021

