

Informe Especial Complejo Volcánico Chiles-Cerro Negro – 2019 - N° 1 “Actualización del estado de actividad”

Quito, 1 de agosto del 2019
San Juan de Pasto, 1 de agosto del 2019

Resumen

El presente informe se ha elaborado en coordinación entre el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IGEPN, Ecuador) y el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto del Servicio Geológico Colombiano (SGC- OVSP), y se refiere a la actividad en la zona de los volcanes Cerro Negro y Chiles ubicados en la frontera entre Ecuador y Colombia, los cuales son catalogados como potencialmente activos.

Los resultados de la vigilancia volcánica (sismicidad, deformación del suelo, aguas termales) muestran que el Complejo Volcánico Chiles-Cerro Negro sigue en estado de agitación interna. Los enjambres sísmicos y la inflación observada al sur y suroriente del Chiles indican una posible movilización de magma al interior del volcán lo cual estaría alterando el sistema hidrotermal.

Debido a esa agitación es posible la ocurrencia de sismos de magnitud ≥ 5 en la zona al igual que un incremento de las manifestaciones hidrotermales. Al momento la posibilidad de que un magma llegue a la superficie es muy baja pero no se descarta en el futuro. Al final de este informe se presentan las recomendaciones principales para las autoridades y el público.

Introducción

El [Chiles-Cerro Negro](#) es un complejo volcánico ubicado en la frontera entre Colombia (departamento de Nariño) y Ecuador (provincia del Carchi), a 25 km al occidente de la ciudad de Tulcán y a 32 km al occidente de la ciudad de Ipiales. Este complejo está compuesto por dos edificios, el Chiles (4.748 m) al oriente y el Cerro Negro (4.470 m) al occidente (Fig. 1). Los dos volcanes son constituidos principalmente por flujos de lava distribuidos a lo largo de sus flancos. Según un estudio reciente ([Telenchana, 2017](#)), el complejo volcánico tiene una historia eruptiva larga de casi un millón de años durante la cual la composición de sus lavas ha variado desde andesitas hasta dacitas ($\text{SiO}_2 = 55-70 \text{ wt.}\%$). La historia eruptiva del Cerro Negro incluye eventos explosivos como el flujo piroclástico de Mayasquer. Se estima que la actividad eruptiva más reciente del Chiles ocurrió hace más de 20 mil años. Un gran deslizamiento del flanco norte del Chiles, hace $\sim 10-15$ mil años, dejó una cicatriz de 1.5 km de ancho y 2.2 km de largo. También se encontraron depósitos de lahares (flujos de lodo y escombros de origen volcánico) hacia el oriente del volcán (Tufiño, carretera Tulcán-Rumichaca), los cuales tienen edades mayores a 8.600 años. Finalmente, el Cerro Negro también sufrió un gran deslizamiento de su flanco occidental hace ~ 6.000 años (Cortés y Calvache, 1997).

No hay evidencias claras de actividad eruptiva explosiva en el complejo Chiles-Cerro Negro en los últimos 6.900 años ([Santamaría et al., 2017](#)). Sin embargo, el volcán ha presentado actividad hidrotermal (fuentes calientes o termales) y fumarólica (nubes de gas volcánicos) con intensidad variable, por lo menos desde el siglo XIX, sin descartarse la posibilidad de actividad eruptiva menor de tipo freático a freatomagmático que, no obstante, no ha dejado registro geológico ([Monsalve y Laverde, 2016](#)).



Figura 1. Chiles (primer plano) y Cerro Negro (segundo plano a la derecha) tomados desde el nor-nororiente con vista a la cicatriz de deslizamiento (flecha negra) (foto: P. Ramón, IGEPN).

Desde el inicio de la vigilancia instrumental del complejo volcánico en 1991 por parte del IGEPN, y de manera conjunta con el SGC desde finales del año 2013, se han detectado varios enjambres sísmicos (sismos agrupados en el tiempo y en una misma zona geográfica sin secuencia de tipo precursores-sismo principal-réplicas) en los años 1997, 1999, 2000, 2013-2015, y 2018-2019 (Fig. 2). Algunos de estos sismos han sido sentidos por las comunidades aledañas al volcán (Tulcán, Tufiño, San Gabriel, y El Ángel en Ecuador, así como en Chiles, Cumbal, Panán y Mayasquer en Colombia). La casi-totalidad de estos sismos son eventos de fractura llamados sismos Volcano-Tectónicos (VT). Durante el periodo de 2013-2015, la actividad sísmica se caracterizó por cientos a miles de sismos por día (ver informes del SGC y del IGEPN), incluyendo un sismo que alcanzó la magnitud de 5,6 M_w (Magnitud de momento sísmico) el 20 de octubre de 2014. Según [Ebmeier et al. \(2016\)](#), este sismo fue provocado por la movilización de magma a 10-15 km al sur del volcán Chiles y a gran profundidad (mayor a 13 km) y habría impedido el desarrollo del proceso magmático. Con base en su historia eruptiva y a su actividad reciente, el Complejo Volcánico Chiles-Cerro Negro es considerado potencialmente activo. El objetivo de este informe especial es dar a conocer el estado de actividad reciente del volcán y advertir sobre los potenciales peligros asociados.

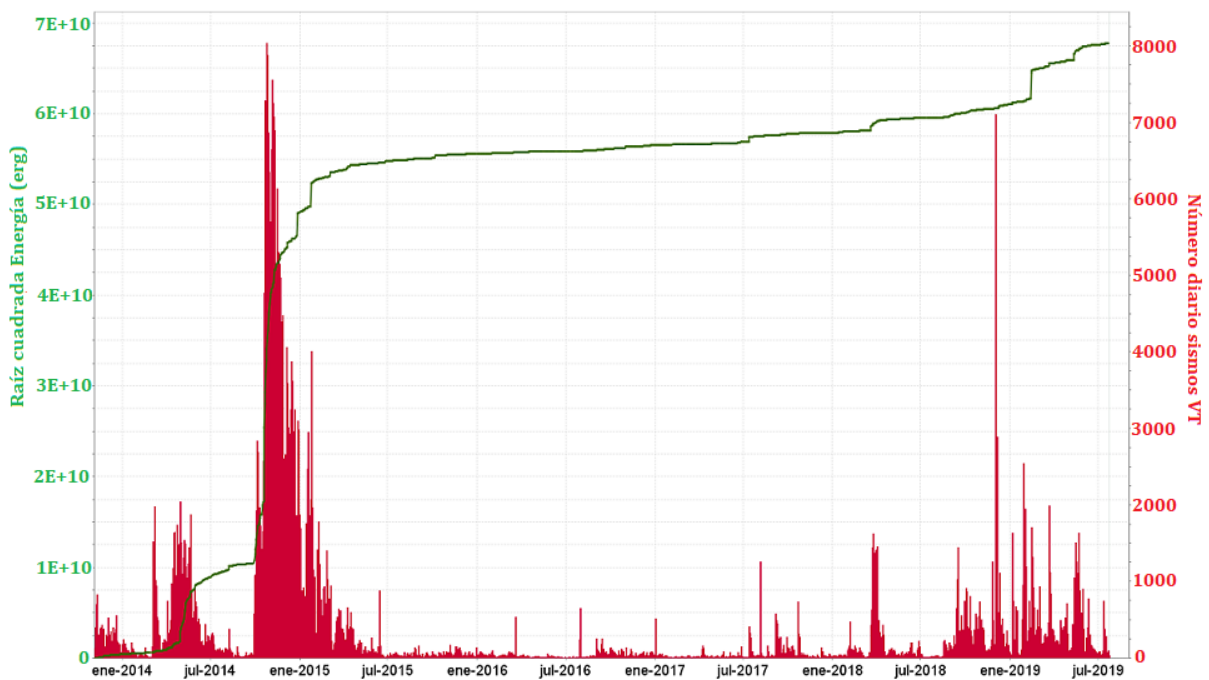


Figura 2. Histograma de sismos volcano-tectónicos (número diario de VT en rojo) y la energía acumulada (curva verde) para el complejo volcánico Chiles – Cerro Negro entre enero de 2014 y julio 2019. El número de sismos y sus magnitudes reportados por el IGEPN y el OVSP-SGC pueden variar por razones técnicas, pero las tendencias son similares.

Sismicidad septiembre 2018 – julio 2019

El enjambre sísmico más reciente empezó en septiembre del 2018 y hasta la fecha de publicación de este informe se registró más de 147 mil sismos, en su gran mayoría con magnitud inferior a 3,6 $M_{L,V}$ (Magnitud local calculada con la componente vertical del registro sísmico). Se destaca el sismo registrado el día 25 de julio de 2019 a las 7:38 a.m. el cual se ubicó a 4 km de profundidad bajo la cima del volcán Chiles con una $M_{L,V}$ 4,0, reportado claramente como sentido por habitantes de las poblaciones colombo-ecuatorianas situadas en su zona de influencia. En este episodio, se registraron cerca de 850 sismos tipo VT entre el 25 y el 28 de julio de 2019.

De manera general, la sismicidad relacionada con procesos de fractura se encuentra localizada principalmente en el flanco sur del complejo volcánico Chiles Cerro – Negro con profundidades que no superan los 15 km respecto a la cima del edificio volcánico (Fig. 3). Varios de estos eventos han sido reportados como sentidos por pobladores de las ciudades aledañas al volcán.

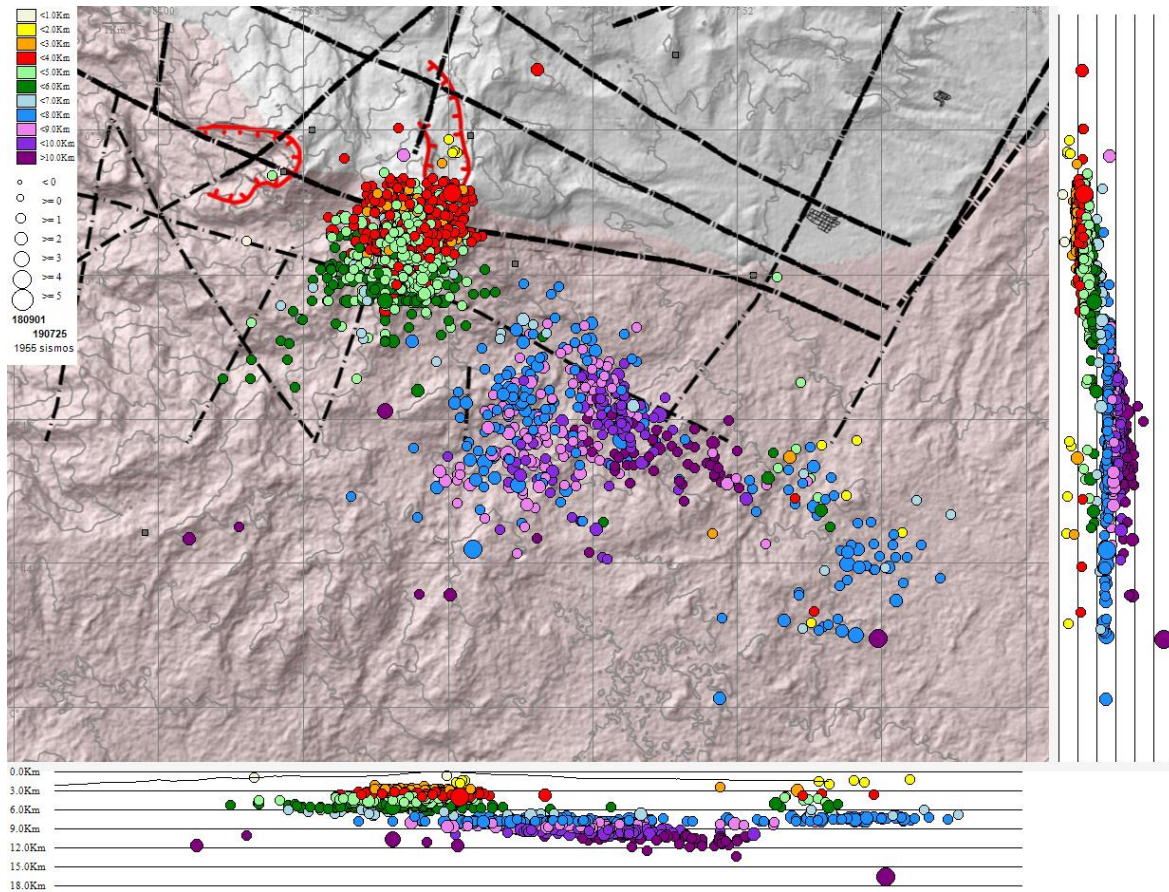


Figura 3. Localización tanto en planta como en perfil (N-S y E-W) de 1955 sismos de M_{LV} entre 1 y 4.9 en el periodo comprendido entre septiembre de 2018 y julio 25 de 2019. En color gris, el territorio colombiano y en rosado, el ecuatoriano. Las localizaciones de los sismos reportados por el IGEPN y el OVSP-SGC pueden variar por razones técnicas pero las zonas de actividad son similares.

Es importante indicar que al menos 91 eventos de muy largo periodo (VLP) y 89 eventos de largo periodo (LP) han sido registrados desde septiembre del 2018 (Fig. 4). Estos eventos están asociados al movimiento de fluidos dentro del sistema, los cuales a su vez, son un indicativo de presencia de material magmático en la región.

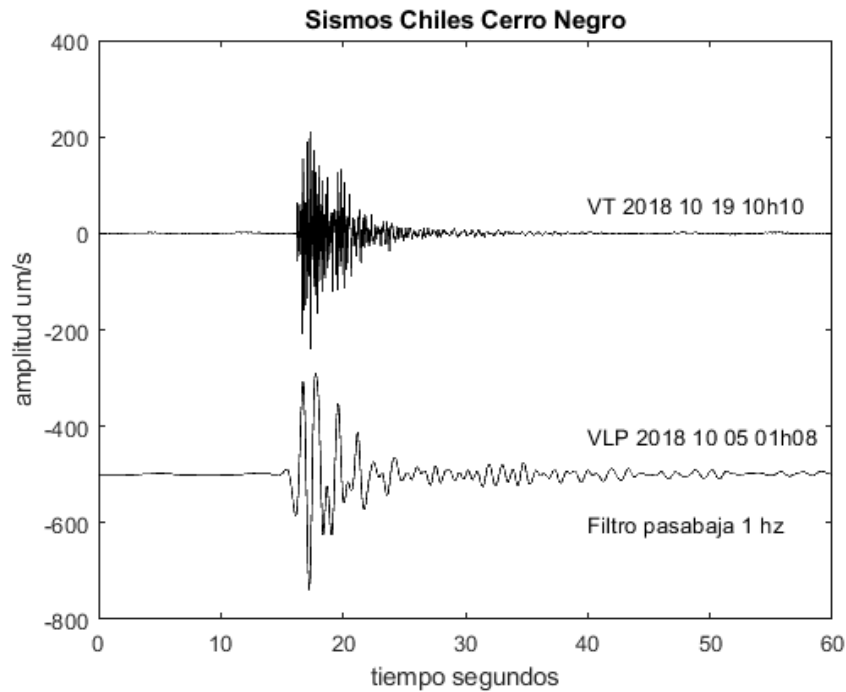


Figura 4. Ejemplos de sismos de tipo volcano-tectónico (VT arriba) y de muy largo periodo (VLP abajo) registrados en la zona de influencia del Complejo Volcánico Chiles-Cerro Negro.

Deformación del suelo

Según las bases GPS instaladas en el campo, se observa que el complejo volcánico Chiles - Cerro Negro continúa con el proceso de deformación registrado desde 2015 (Fig. 5). Sin embargo, desde mediados de 2018, la componente Norte de la base GPS CHLW, ubicada al suroccidente del volcán Chiles, presenta una estabilización; mientras que la componente Norte de la base GPS CHLS, ubicada al suroriente del volcán Chiles, sigue su movimiento hacia el Norte. Este comportamiento puede indicar que la ubicación de la fuente de deformación está migrando. Otra posibilidad es que una nueva fuente de deformación, más cercana al complejo volcánico, se ha hecho presente en los últimos meses. La componente Este continúa registrando una constante separación entre las bases CHLS y CHLW. La componente vertical muestra que CHLS y CHLW continúan elevándose con respecto a las bases de referencia IBEC, COEC y LIEC, a razón de ~ 3 cm/año. Estas señales indican que la zona de Chiles - Cerro Negro, Potrerillos y sectores aledaños, están en un proceso de inflación.

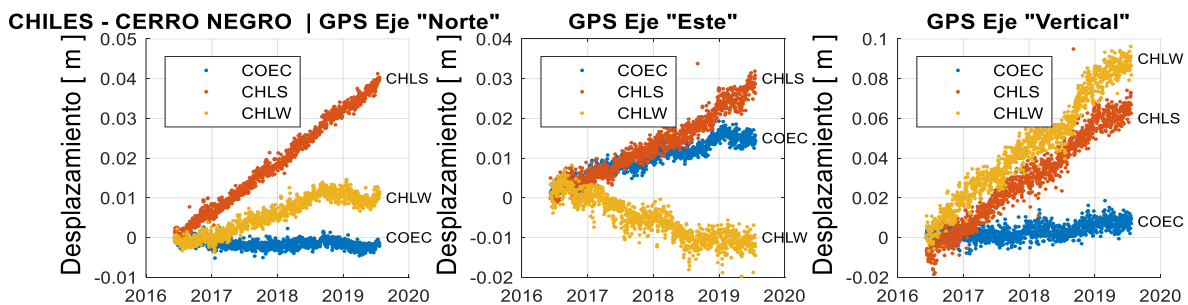


Figura 5. Series temporales de las bases de monitoreo geodésico del complejo volcánico Chiles – Cerro Negro.

Las tendencias descritas por las series temporales de las estaciones GPS, concuerdan con lo observado por medio de la técnica de interferometría satelital InSAR. La figura 6 muestra la deformación detectada en la zona de la Reserva Ecológica El Ángel entre octubre 2014 y junio 2019. Las zonas en color rojo corresponden a aquellas que presentan un desplazamiento en Línea de Observación del Satélite (LOS) igual o mayor a los 10 cm durante este período (aprox. 3 cm/año). La serie temporal de la figura 7 corresponde a la deformación en uno de los puntos de mayor inflación (señalado por un triángulo de color azul en la Fig. 6).

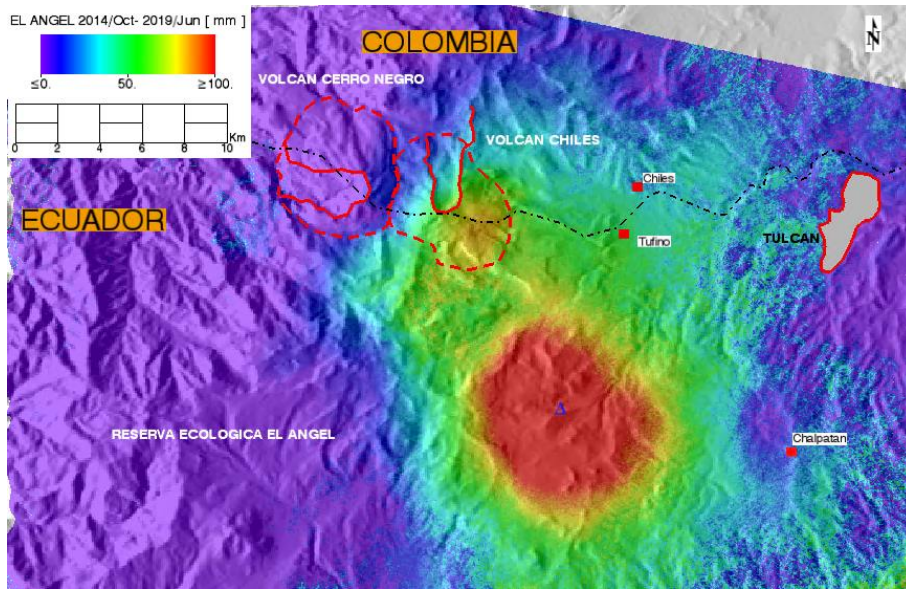


Figura 6. Deformación detectada en la Reserva Ecológica “El Ángel” con imágenes SAR Sentinel1 (E.S.A.) de órbita descendente entre octubre 2014 y junio 2019 (datos: iniciativa GSNL – Everest).

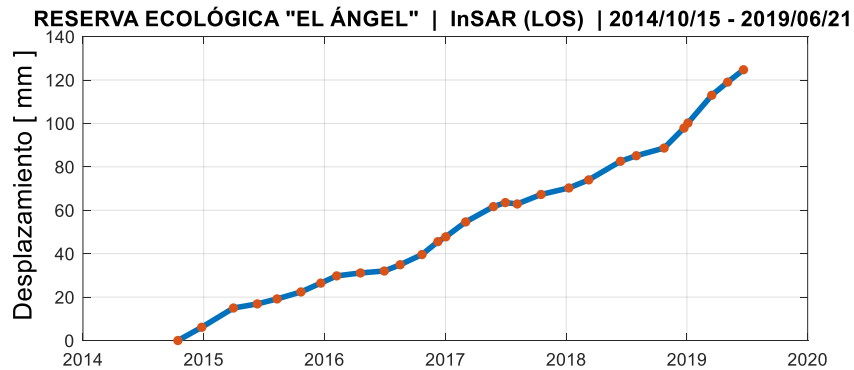


Figura 7. Serie temporal de la deformación observada con InSAR en la Reserva Ecológica “El Ángel” (datos: iniciativa GSNL – Everest).

Con base en los datos de dos inclinómetros electrónicos, Cerro Negro –CER- y Chiles –ICH, en la Fig. 8 se ilustra las series temporales de las componentes de inclinación en las direcciones N y E entre enero de 2016 y julio de 2019. La componente E del inclinómetro ICH muestra una tendencia estable, con variación menor de $20 \mu\text{rad}$, mientras que la Norte, indica una tendencia ascendente que acumula cerca de $400 \mu\text{rad}$ desde mayo de 2016. El inclinómetro Cerro Negro, muestra variaciones que no se asocian fácilmente con la actividad volcánica, sin embargo se destaca el cambio que se registró entre enero y junio de 2018 en la componente E con un acumulado de $420 \mu\text{rad}$ y en marzo de 2018 en la componente N con $133 \mu\text{rad}$.

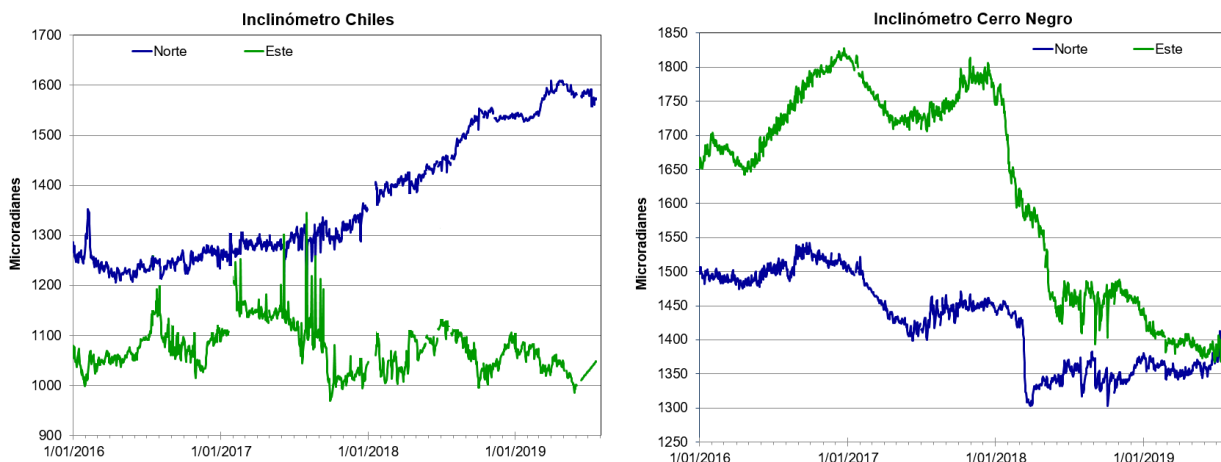


Figura 8. Series temporales de las componentes de inclinación en las direcciones N y E entre enero de 2016 y julio de 2019 de los inclinómetros electrónicos: Chiles –ICH (izquierda) y Cerro Negro –CER (derecha).

El vector de deformación resultante del inclinómetro ICH desde mayo de 2016 a la fecha, muestra una inflación hacia el S de la cima del volcán Chiles. Por su parte, la dirección del vector resultante del inclinómetro CER, muestra una tendencia de inflación hacia la zona NE respecto a la cima del volcán Cerro Negro, paralela al trazo de la falla Cerro Negro-Nasate, que puede estar asociada al movimiento en la falla Cerro Negro-Nasate como respuesta a la actividad del volcán Chiles (Fig. 9).

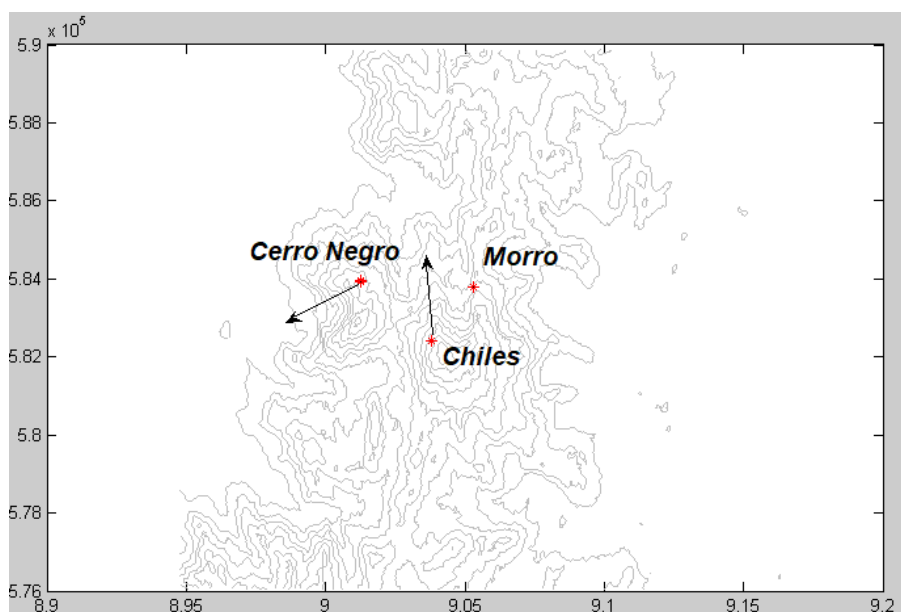


Figura 9. Vector resultante de los inclinómetros Chiles y Cerro Negro, entre mayo de 2016 y junio de 2019.

Actividad superficial, parámetros físico-químicos de las aguas termales

La actividad superficial del Complejo Volcánico Chiles-Cerro Negro se caracteriza principalmente por la presencia de solfataras y fuentes termales (actividad hidrotermal). El análisis de los parámetros físico-químicos medidos en 6 de los 7 sitios de muestreo (Potrerillos, Lagunas Verdes, Artezón, Aguas Negras, Monte Lodo, Tablones) no muestra mayor variación. No obstante, para el sitio denominado Aguas

Hediondas, ubicado al oriente del volcán Chiles, se observa un cambio en dichos parámetros. En la figura 10 se han definido 3 periodos: el primero (febrero 2014 – marzo 2015) representa un periodo con alta variabilidad debido a procesos de establecimiento y mejora en la metodología de vigilancia de fuentes termales, así como definición de los niveles base; el segundo (marzo 2015 – febrero 2017) donde se observa un incremento continuo de temperatura desde 54.5°C hasta 57°C, esto sin alterar el resto de parámetros como pH o conductividad; y el tercero (febrero 2017 – actualidad) donde se observa que el incremento de temperatura en el agua continúa hasta alcanzar alrededor de 59°C, produciéndose también un cambio en el resto de parámetros físico-químicos, el pH bajando de 4.4 a 3.7 (incremento de la acidez) y la conductividad aumentando de 1900 a 2400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (incremento de los sales disueltos). Vale mencionar que la composición química de las aguas muestreadas en Aguas Hediondas durante los tres periodos antes mencionados no ha presentado ningún cambio significativo.

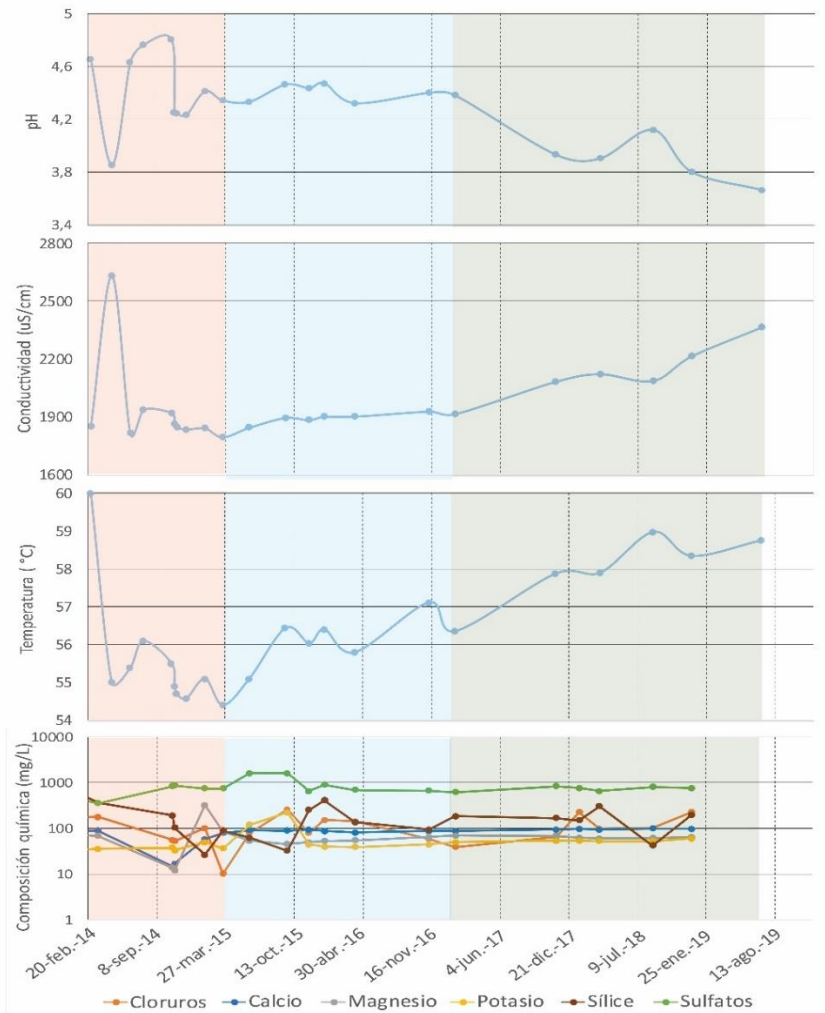


Figura 10. Parámetros físico-químicos y composición química de las aguas en el sitio Aguas Hediondas.

A partir de la información generada por el sistema satelital Realvolc para Centro y Sur América (Realvolc C&SA), actualmente en desarrollo por parte de la Universidad de Tokio, con el apoyo del Servicio Geológico Colombiano (<http://vrsserv2.eri.u-tokyo.ac.jp/>), se ha venido realizando un seguimiento de la temperatura superficial en la zona del volcán Chiles, desde agosto del 2015, sin registrarse anomalías térmicas resaltables. Este seguimiento, con este tipo de técnica, permite establecer una línea base de

comportamiento que, en caso de darse cambios significativos tanto en área como en temperatura, se espera sean detectados.

Interpretación y escenarios potenciales

Según los resultados de la vigilancia volcánica, se observa una agitación volcánica persistente en el Complejo Volcánico Chiles-Cerro Negro. En particular la importante deformación observada al sur y suroriente del volcán Chiles y su alta sismicidad podrían estar asociadas a la movilización de magma en el interior del volcán el cual estaría alterando el sistema hidrotermal.

Debido al estado de actividad interna del complejo volcánico es importante indicar que se podrían producir varios fenómenos potencialmente peligrosos:

1. Sismicidad: al igual que en 2014, la movilización de magma dentro de la corteza terrestre puede acumular esfuerzos sobre fallas tectónicas locales y desencadenar la ocurrencia de sismos importantes de magnitud ≥ 5 . Estos sismos superficiales pueden provocar daños a las edificaciones e incluso producir el colapso parcial o total de estructuras débiles o afectadas por sismos anteriores. Se recomienda siempre estar preparado en caso de sismos (sitios seguros, mochila de emergencia, plan de emergencia actualizado), construir respetando las normas de construcción sismo-resistente y reforzar las estructuras débiles. Es importante recalcar que no se puede predecir la ocurrencia de un sismo (magnitud, ubicación, profundidad, fecha).
2. Actividad hidrotermal: el aumento de la actividad del sistema hidrotermal puede provocar un incremento de la temperatura de las aguas termales, la emisión de gases volcánicos tóxicos e incluso la ocurrencia de pequeñas explosiones. Por lo tanto, se recomienda reforzar la vigilancia de las fuentes termales y tomar medidas para la protección del público que visita estas zonas.
3. Actividad magmática: aunque no se observa un incremento sustancial de los parámetros de vigilancia volcánica, no se descarta la posibilidad de que el magma llegue a la superficie en el futuro. Hasta el momento de publicación de este informe esa posibilidad es muy pequeña.

Con el propósito de contribuir a una adecuada gestión del riesgo de desastres, se recomienda informarse sobre [los peligros volcánicos potenciales asociados al volcán Chiles-Cerro Negro](https://www.2.sgc.gov.co/sgc/volcanes/VolcanChiles/Documents/Mapa_Amenaza_Volcanica_Volcan_Chiles_ver_2014.pdf); y https://www.2.sgc.gov.co/sgc/volcanes/VolcanChiles/Documents/Mapa_Amenaza_Volcanica_Volcan_Chiles_ver_2014.pdf, con el fin de prepararse adecuadamente.

IGEPN: B. Bernard, M. Ruiz, A. Córdova, E. Telenchana, M. Yépez, A. Proaño, S. Hidalgo.

SGC-OVSP: D. Gómez, O. Cadena, P. Ponce, P. Narváez, C. Laverde, R. Torres, A. Ortega, L. Narváez, D. Arcos, E. Muñoz.