



**SECRETARÍA DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN CIUDADANA**  
**COORDINACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL**  
**CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES**

**ACTIVIDAD DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL**  
**Junio de 2021**

Dirección de Investigación  
Subdirección de Riesgos Volcánicos

**Contenido**

- Resumen
- Actividad sísmica
- Anomalías térmicas
- Emisión de gases
- Observaciones satelitales
- Monitoreo hidrogeoquímico
- Diagnóstico
- Notas

**Resumen**

Durante junio la actividad eruptiva no tuvo cambios significativos. Se observó una disminución de eventos de periodo largo, sismos volcanotectónicos y minutos de temblor. No se registraron explosiones. Con las imágenes satelitales no se observó la presencia de un cuerpo de lava en la superficie ni cambios en la morfología del cráter interno.

Así mismo con las imágenes Sentinel-2, la anomalía térmica observada en meses previos, continuó durante este mes. Mediante el sistema MIROVA se registraron cuatro anomalías térmicas. La emisión de SO<sub>2</sub> mostró una ligera tendencia a aumentar. El 2 de junio se realizó una campaña de monitoreo hidrogeoquímico en tres de cinco manantiales alrededor del Popocatepetl.





## Actividad sísmica

Se contabilizaron 2 026 eventos de periodo largo, 10 sismos volcanotectónicos y 24.63 horas de tremor (Tabla 1, figura 1). La revisión de la sismicidad se realizó con base en el componente norte de la estación Canario (PPPP).

Tabla 1 Sismicidad del Popocatepetl durante 2021					
Mes	Exhalaciones	Pulgas	Explosiones	VT	Tremor (horas)
Enero	422	388	13	15	438.44
Febrero	306	750	21	38	165.80
Marzo	643	1 171	5	19	142.43
Abril	789	1 138	3	25	280.55
Mayo	839	1 547	3	28	132.14
Junio	511	1 515	0	10	24.63

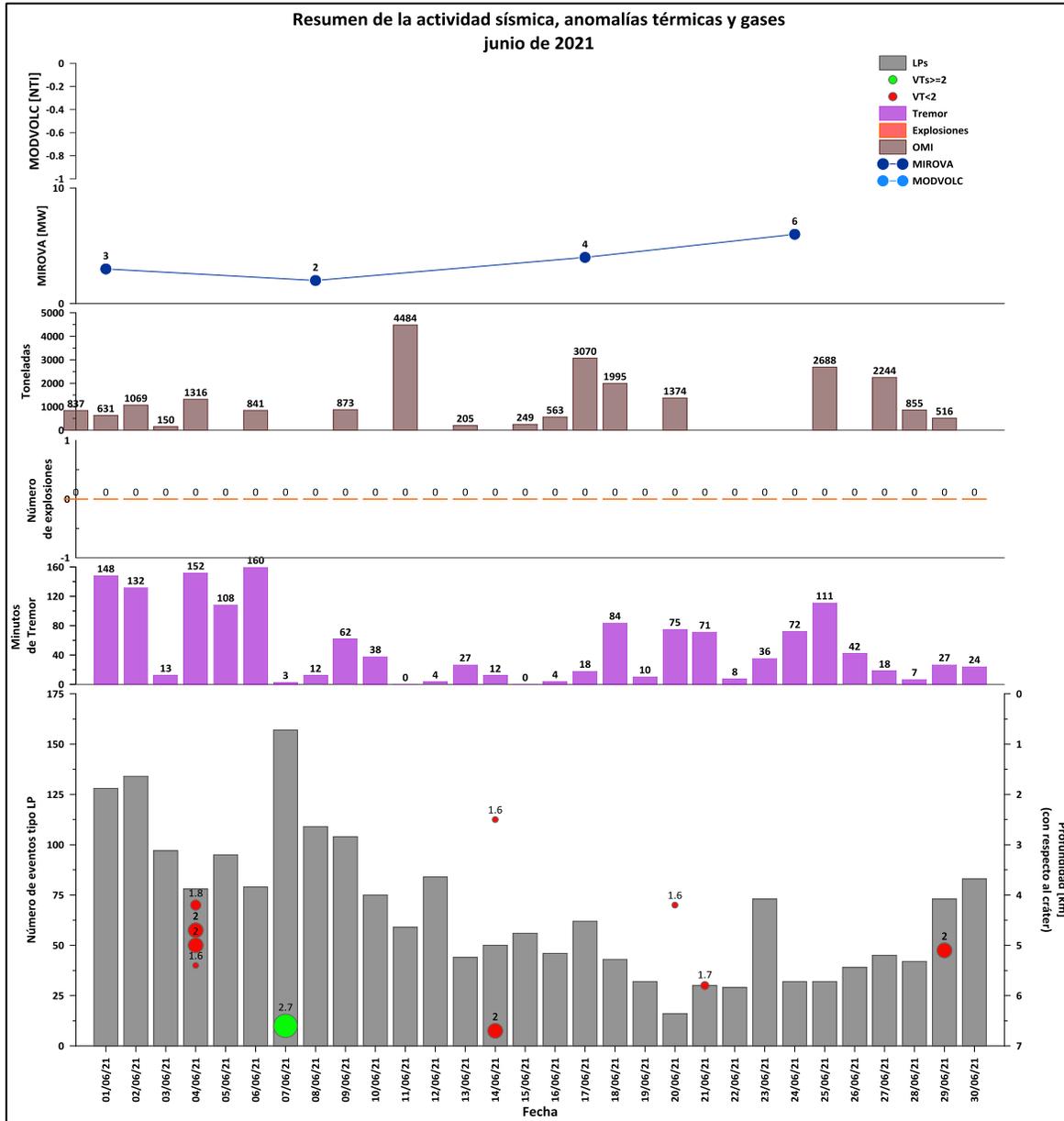
### Exhalaciones, *pulgas* y explosiones

De los 2 026 eventos de periodo largo (LP) detectados, 511 fueron clasificados como exhalaciones (con una amplitud mayor a las 5 000 cuentas pico a pico u  $8.16 \mu\text{m/s}$ ), mientras que los 1 515 restantes presentaron amplitudes menores y se catalogaron como *pulgas*.

El contenido espectral de los eventos LP se concentró alrededor de los 2 y 4 Hz, sin embargo, una menor cantidad de eventos tuvo una frecuencia espectral mayor a 2 Hz, mientras que otros eventos alcanzaron hasta 8 Hz (Figura 2). En promedio se registraron 65.35 eventos tipo LP por día. Con la ocurrencia de los eventos se observó la emisión de ligeras cantidades de ceniza y gases volcánicos (Figura 3). Este mes no se registraron explosiones.

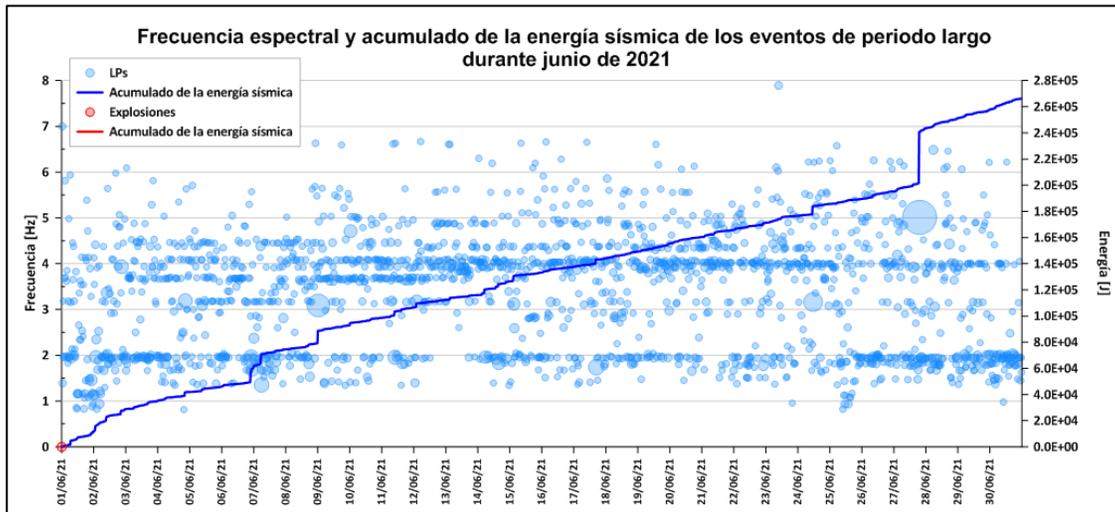
Se calculó la energía sísmica asociada de los eventos de periodo largo y explosiones (Figura 2); el cálculo se hizo mediante la fórmula de Johnson y Aster (2005). El acumulado de la energía asociada a los eventos LP es de  $2.66 \times 10^5 \text{ J}$ .





**Figura 1 Actividad sísmica, anomalías térmicas y gases del volcán Popocatepetl durante junio de 2021**





**Figura 2 Frecuencia espectral, amplitud y energía sísmica acumulada de eventos LP registrados durante junio de 2021**

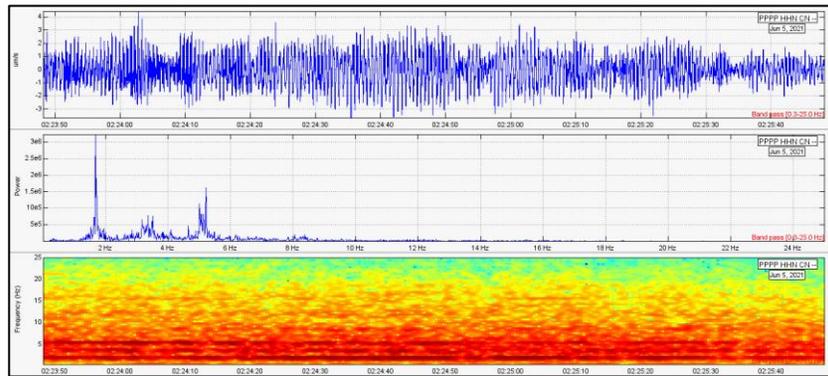


**Figura 3 Emisión de ceniza y gases volcánicos durante el 21 y 30 de junio de 2021**

## Tremor

Las señales de tremor registradas sumaron 24.63 horas, de las cuales 20 horas fueron de tipo no armónico y 4.63 horas de tremor armónico (Figura 4); ambos tipos de tremor de baja a mediana amplitud. Con la ocurrencia de estas señales sísmicas se observó la emisión de ceniza y gases volcánicos, sobre todo cuando la amplitud de la señal estaba por encima de 4 micrómetros/segundo.





**Figura 4** Forma de onda, espectro y espectrograma de un segmento de tremor armónico registrado el 5 de junio en el componente norte de la estación Canario

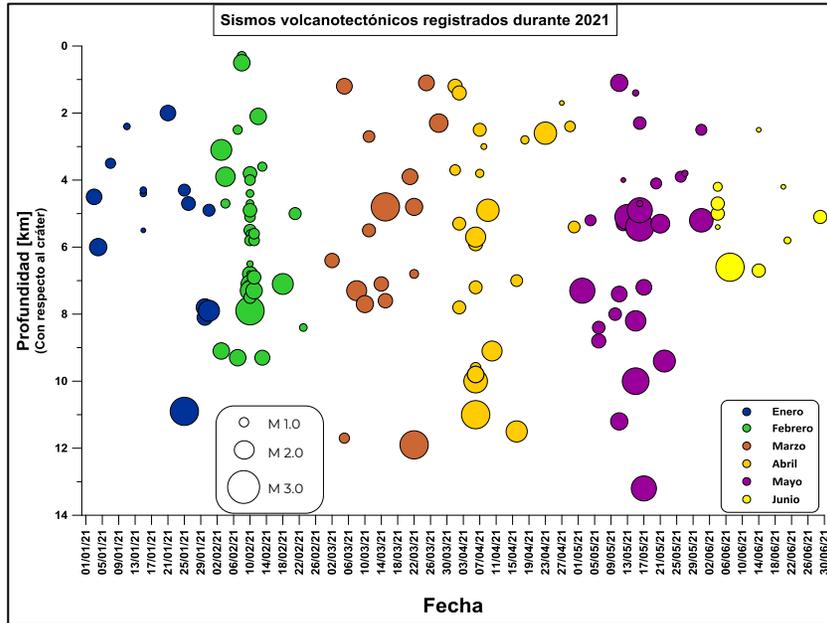
### Sismos volcanotectónicos

La cantidad de sismos volcanotectónicos tuvo una disminución con respecto a mes anterior, registrándose un total de 10 eventos. Sus magnitudes variaron entre 1.6 y 2.7, mientras que sus hipocentros se ubicaron entre 2.5 y 6.6 km de profundidad, por debajo del cráter (Figuras 5 y 6).

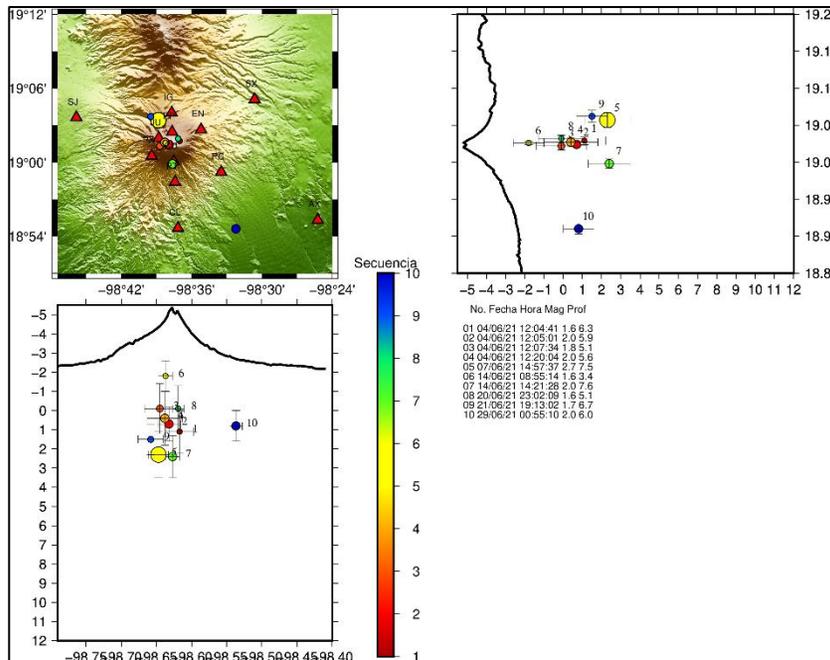
Cuando se localizan los eventos se obtienen errores en las tres direcciones del movimiento: Z, N-S y E-W. Éstos indican qué tan precisa es la localización de los sismos, e indican qué tanto puede moverse un hipocentro/epicentro. En este sentido, se han agregado las barras de error en la localización de los sismos registrados en el Popocatepetl (Figura 6).

El evento más grande se registró el 7 de junio, con magnitud de 2.7 y se ubicó debajo del flanco norte (Figura 6). La energía acumulada por los sismos volcanotectónicos, desde enero de 1995 hasta la fecha, es de  $2.0129 \times 10^{12}$  J (Figura 7a). La aportación de energía VT de los sismos correspondientes al mes de junio de 2021 fue de  $1.06 \times 10^9$  J (Figura 7b).



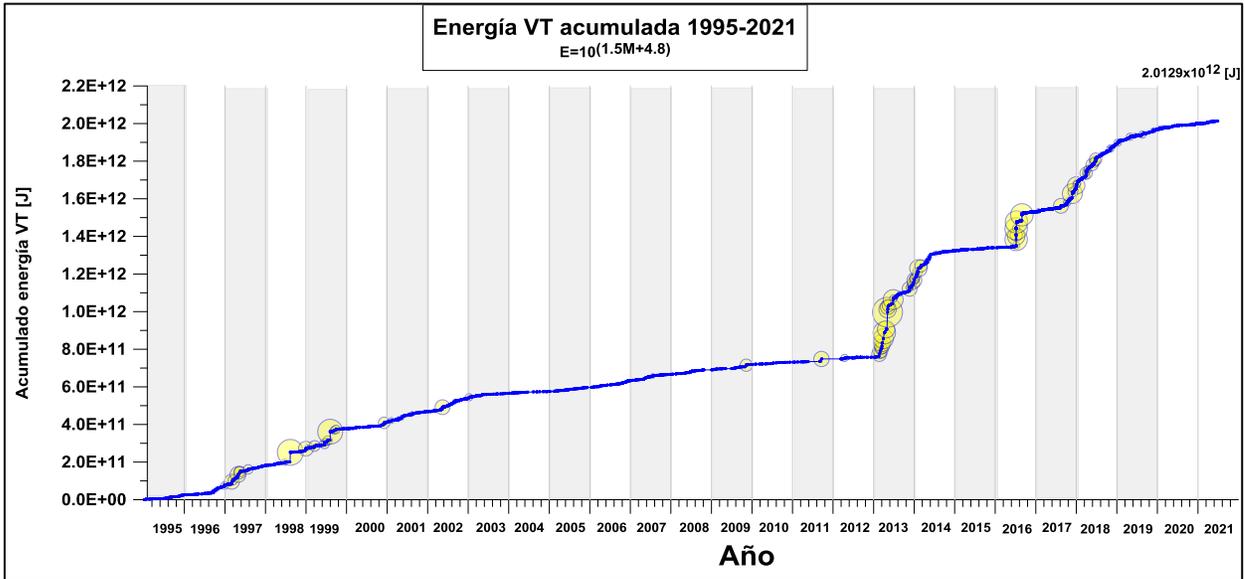


**Figura 5 Profundidad y magnitud de los sismos volcanotectónicos registrados en 2021**

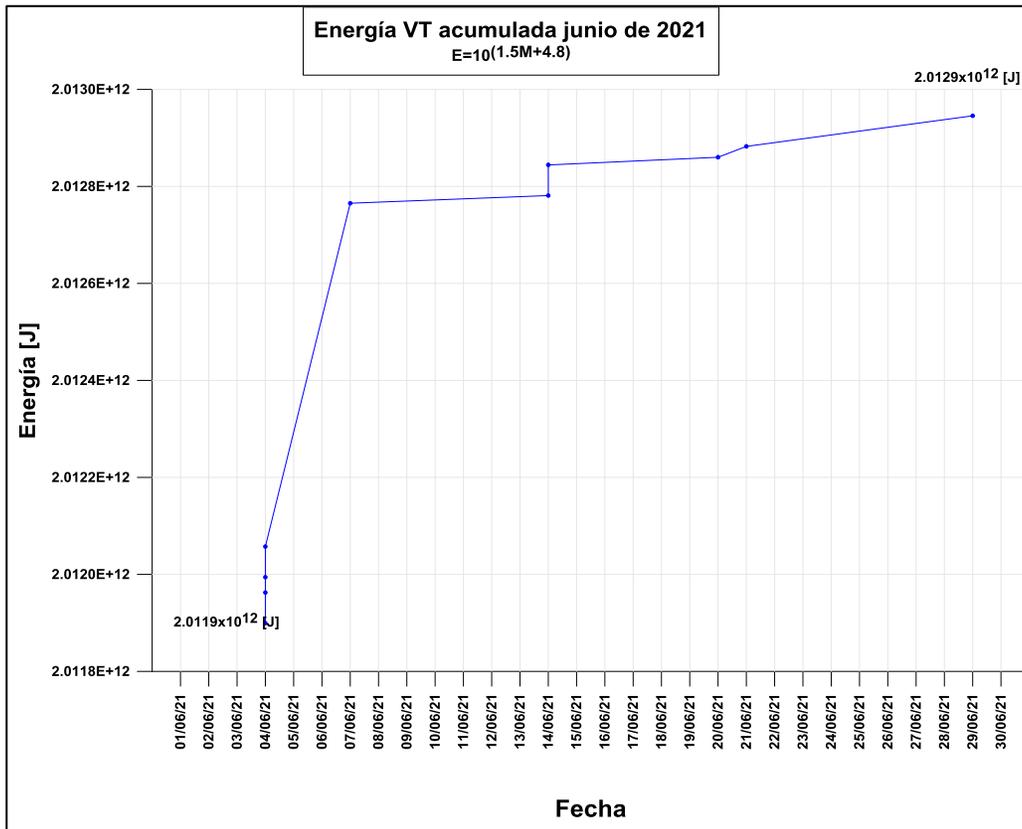


**Figura 6 Localización de los sismos volcanotectónicos registrados durante junio de 2021; los colores representan la secuencia, los rojos al principio del mes y los azules al final**





**Figura 7a Energía acumulada desde febrero de 1995 hasta junio de 2021**



**Figura 7b Energía sísmica acumulada durante junio de 2021**





## Anomalías térmicas

Se detectaron cuatro anomalías térmicas a través del *Volcanic Radiative Power* (VRP) de las universidades de Turín y Florencia (MIROVA). El valor más alto se registró el día 24, con un valor de 6 MW (Figura 1). Por otro lado, con el sistema MODVOLC no se registraron anomalías (Figura 1).

## Emisión de gases

El Instrumento de Monitoreo de Ozono (OMI, por sus siglas en inglés) es un espectrómetro CCD de UV/visible, a bordo del satélite Aura, del Sistema de Observación de la Tierra (EOS) de la NASA. Desde junio de 2013 se incorporaron al monitoreo del Popocatepetl las mediciones de dióxido de azufre que realiza, con imágenes OMI, el *Atmospheric Chemistry and Dynamics Laboratory* de la NASA. A partir de enero de 2019, para la medición de la tasa de emisiones de SO<sub>2</sub> se utiliza la metodología y programa de *Campion* (2015), mismo que es útil en el análisis de datos por el método de transectos sobre el desplazamiento de las emisiones de SO<sub>2</sub>.

En total se obtuvieron 17 lecturas de la emisión de SO<sub>2</sub>. La tasa media por día fue de 719 toneladas. La mayor medición de SO<sub>2</sub> se tuvo el 11 de junio con 4 484 toneladas (Figura 1). En general, se registró un ligero incremento en la emisión de gases durante este mes.

## Observaciones satelitales

### Imágenes Planet Explorer

Se obtuvieron seis imágenes satelitales, a través de los sensores 4-Band PlanetScope Scene, PlanetScope Scene, Planet Scope Ortho y Planet Ortho Tile, con una resolución espacial de 3 m. En ninguna de las imágenes se aprecia el emplazamiento de un cuerpo de lava ni cambios significativos en la morfología del cráter, sin embargo en la imagen del día 8 se puede apreciar una fumarola en forma anillada (Figura 8).





**Figura 8** Imagen del día 8 de junio de 2021, con una resolución de 3 m. Cortesía de Planet Explorer

## Imágenes Sentinel-2

Las imágenes Sentinel-2 tienen una resolución de 20 metros por pixel y utilizan las bandas 12-8A-04, las cuales permiten la detección de anomalías térmicas generadas por cuerpos calientes, asociados con flujos de lava, emplazamiento de domos, actividad fumarólica y cráteres activos, entre otros (Valade et al. 2019 Remote Sensing).

Para este mes se obtuvo una imagen Sentinel-2 y en ella se observó que la anomalía térmica en el centro del cráter interno, vista en meses anteriores, permanece para este mes (Figura 9). Estas anomalías pueden estar asociadas a la emisión de gases por los conductos activos del cráter y/o al calentamiento de la roca por la salida del gas; también, podrían explicarse por la presencia de magma muy cerca de la superficie. La imagen fue proporcionada por el Dr. Ángel Gómez.

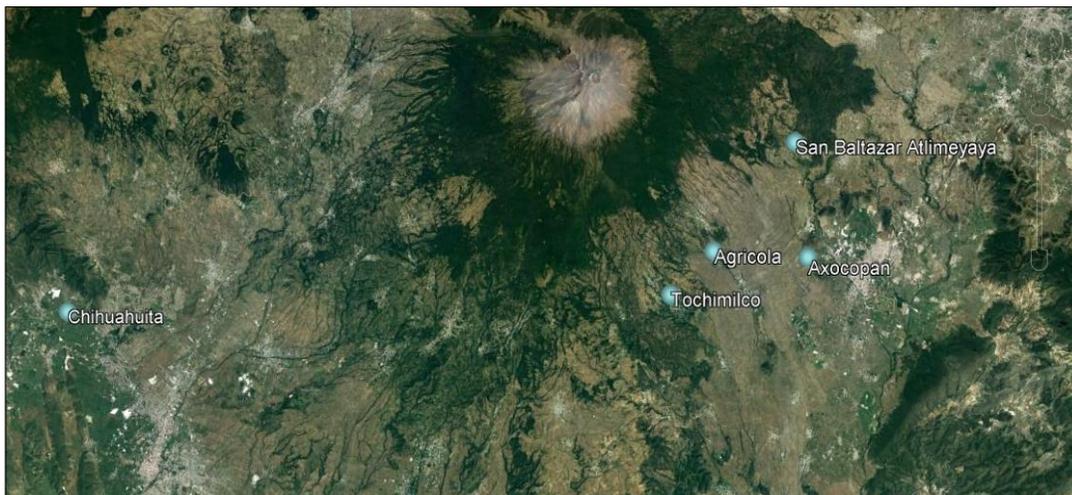




**Figura 9 Imagen Sentinel-2 en color natural y SWIR (bandas 12, 8A y 04) del 10 de junio de 2021**

### Monitoreo hidrogeoquímico

El 2 de junio se realizó una campaña de monitoreo hidrogeoquímico en tres de cinco manantiales alrededor del Popocatepetl (Figura 10); se midieron *in situ* temperatura, pH y conductividad y se tomaron muestras de agua para su análisis en el laboratorio.



**Figura 10 Ubicación de los manantiales donde se toman muestras de agua en los sectores SE, S y SW del volcán Popocatepetl**

Las muestras de agua fueron entregadas al Laboratorio de Química Analítica (LQA) del Instituto de Geofísica de la UNAM y al Laboratorio de Muestras Ambientales (LMA) del CENAPRED, para su análisis.

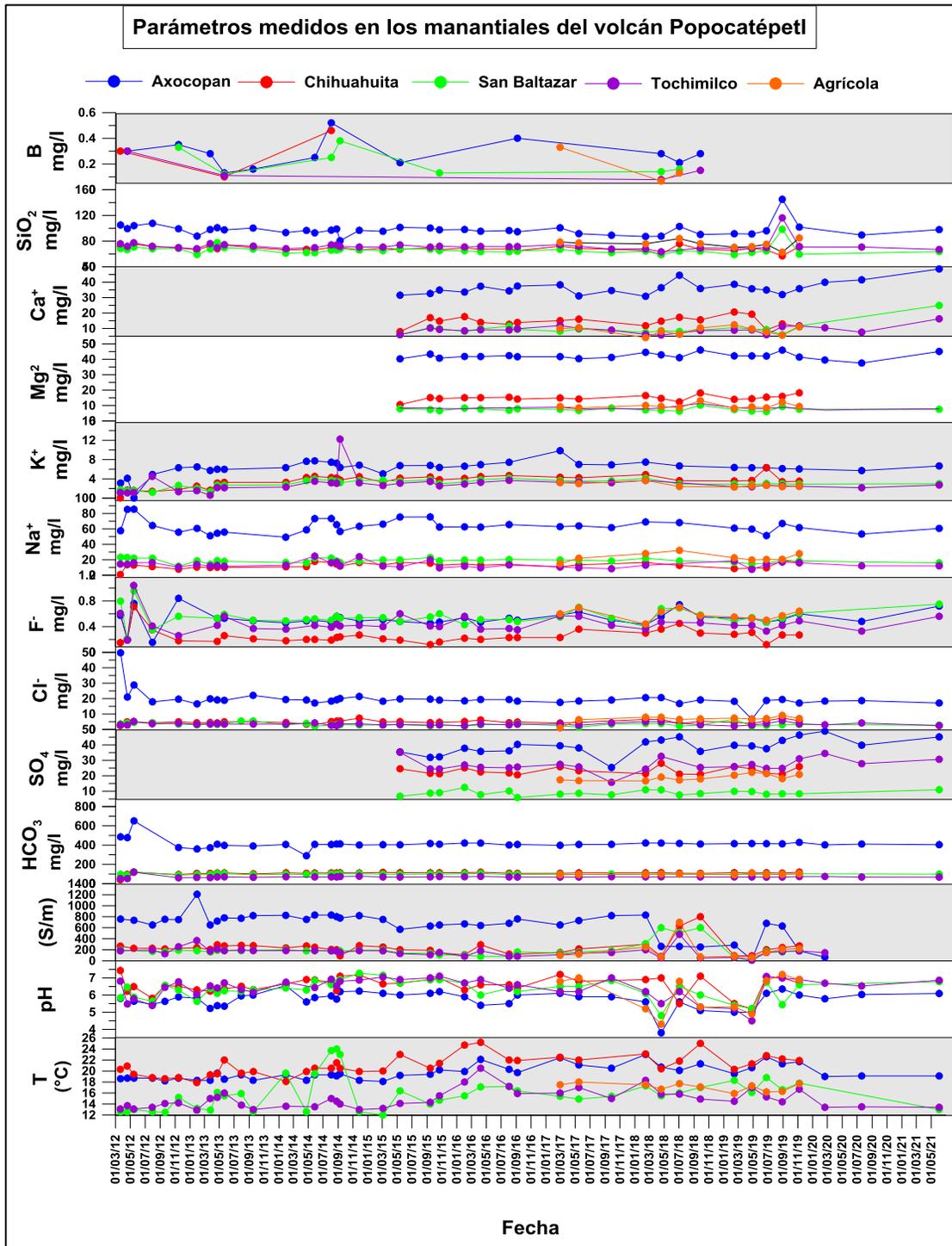




El LMA del CENAPRED reportó que, al comparar los resultados obtenidos de los manantiales Axocopan y Tochimilco con los datos de julio de 2020, se observó que en la muestra de Axocopan los parámetros de sulfatos y sodio incrementaron 12%, calcio y potasio 14%, magnesio 16 % y fluoruros 33%. En la muestra de Tochimilco los parámetros de potasio, fluoruros y calcio aumentaron 21, 41 y 53%, respectivamente. No se detectó boro por encima del límite de detección del método del ácido carmínico (0.21 mg.L-1). (Figura 11).

En cuanto a la muestra de San Baltazar no se comparó con datos de julio de 2020 porque no se muestreó en esa ocasión.





**Figura 11** Parámetros históricos de los cinco manantiales medidos en el LMA





## Diagnóstico

Los eventos de periodo largo, los sismos volcanotectónicos y los minutos de tremor disminuyeron, respecto al mes anterior. No se registraron explosiones y las anomalías térmicas junto con la emisión de gases mostraron valores bajos. Con las imágenes Sentinel-2 se siguieron observando anomalías térmicas. De acuerdo con los resultados del análisis hidrogeoquímico, no hay cambios significativos en las aguas de los manantiales. En general, la actividad volcánica estuvo estable y con tendencia a disminuir.

En el corto plazo, no se descarta la posibilidad de que se emplace un nuevo cuerpo de lava de mayores dimensiones a las observadas en 2019 y que se destruya mediante explosiones con una mayor emisión de fragmentos, así como columnas de mayor altura.

En el largo plazo, la actividad eruptiva puede continuar sin que supere las erupciones más importantes observadas en años previos (1997, diciembre de 2000 y enero de 2001, 2012-2013).

## Notas

El contenido de este informe se elaboró con datos proporcionados por los sistemas de monitoreo del CENAPRED, el Sistema MODVOLC de la Universidad de Hawái, el *Atmospheric Chemistry and Dynamics Laboratory* del *Goddard Space Flight Center* de la NASA e información proporcionada por el *United States Geological Survey*.

Este informe ha sido elaborado como herramienta para la discusión interna del estado de actividad del volcán Popocatepetl, entre los miembros del Comité Científico Asesor y el equipo del CENAPRED. La información y datos contenidos en el mismo no pueden ser reproducidos sin previa autorización de los especialistas que lo elaboraron.

### Elaboraron:

Gema Victoria Caballero Jiménez y Sergio Valderrama Membrillo (Subdirección de Riesgos Volcánicos)

**Revisó:** Carlos Gutiérrez Martínez

### Responsables del mantenimiento de los equipos que generan los datos:

Paulino Alonso, Luis Alberto Rodríguez, Miguel Ángel Saldívar y Diana Vázquez

**Guardias nocturnas, de fin de semana y días festivos:** Arturo Gascón, César





Ortiz y Juan Rosales

## Referencias

Valade, S., Ley, A., Massimetti, F., D'Hondt, O., Laiolo, M., Coppola, D., Loibl, D., Hellwich, O., Walter, T.R., ***Towards Global Volcano Monitoring Using Multisensor Sentinel Missions and Artificial Intelligence: The MOUNTS Monitoring System, Remote Sens.***, 2019, 11, 1528

