



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

ACTIVIDAD DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL
Julio de 2021

Dirección de Investigación
Subdirección de Riesgos Volcánicos

Contenido

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

Resumen

Durante julio la actividad eruptiva no tuvo cambios significativos. La tendencia en eventos de periodo largo y minutos de tremor se mantuvo. Los sismos volcanotectónicos se incrementaron y se registraron cinco explosiones. Con las imágenes satelitales se observó la posible presencia de un cuerpo de lava en la superficie del cráter interno y no se observaron 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 seis anomalías, mientras que con el MODVOLC solo se registró una. La emisión de SO₂ mostró una ligera tendencia a disminuir.





Actividad sísmica

Se contabilizaron 2 507 eventos de periodo largo, cinco explosiones, 22 sismos volcanotectónicos y 29.79 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
Julio	751	1 756	5	22	29.79

Exhalaciones, *pulgas* y explosiones

De los 2 507 eventos de periodo largo (LP) detectados, 751 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 1 756 restantes presentaron amplitudes menores y se catalogaron como *pulgas*.

El contenido espectral de los eventos LP se concentró alrededor de los 2 Hz, sin embargo, una menor cantidad de eventos tuvo una frecuencia espectral mayor a 3 Hz, mientras que otros eventos alcanzaron hasta 8 Hz (Figura 2). En promedio se registraron 80.87 eventos tipo LP por día. Con la ocurrencia de los eventos se observó la emisión de ligeras cantidades de ceniza y gases volcánicos.

Este mes ocurrieron cinco explosiones, una de las más importantes se registró el 22 de julio, misma que arrojó fragmentos incandescentes sobre la ladera norte del volcán, a una distancia aproximada de 700 metros, con respecto del cráter (Figura 3).

Se calculó la energía sísmica asociada a los eventos de periodo largo y las explosiones (Figura 2); mediante la fórmula de Johnson y Aster (2005). El acumulado de la energía asociada a los eventos LP es de $4.56 \times 10^5 \text{ J}$, mientras que la energía acumulada de las explosiones es de $1.22 \times 10^5 \text{ J}$.



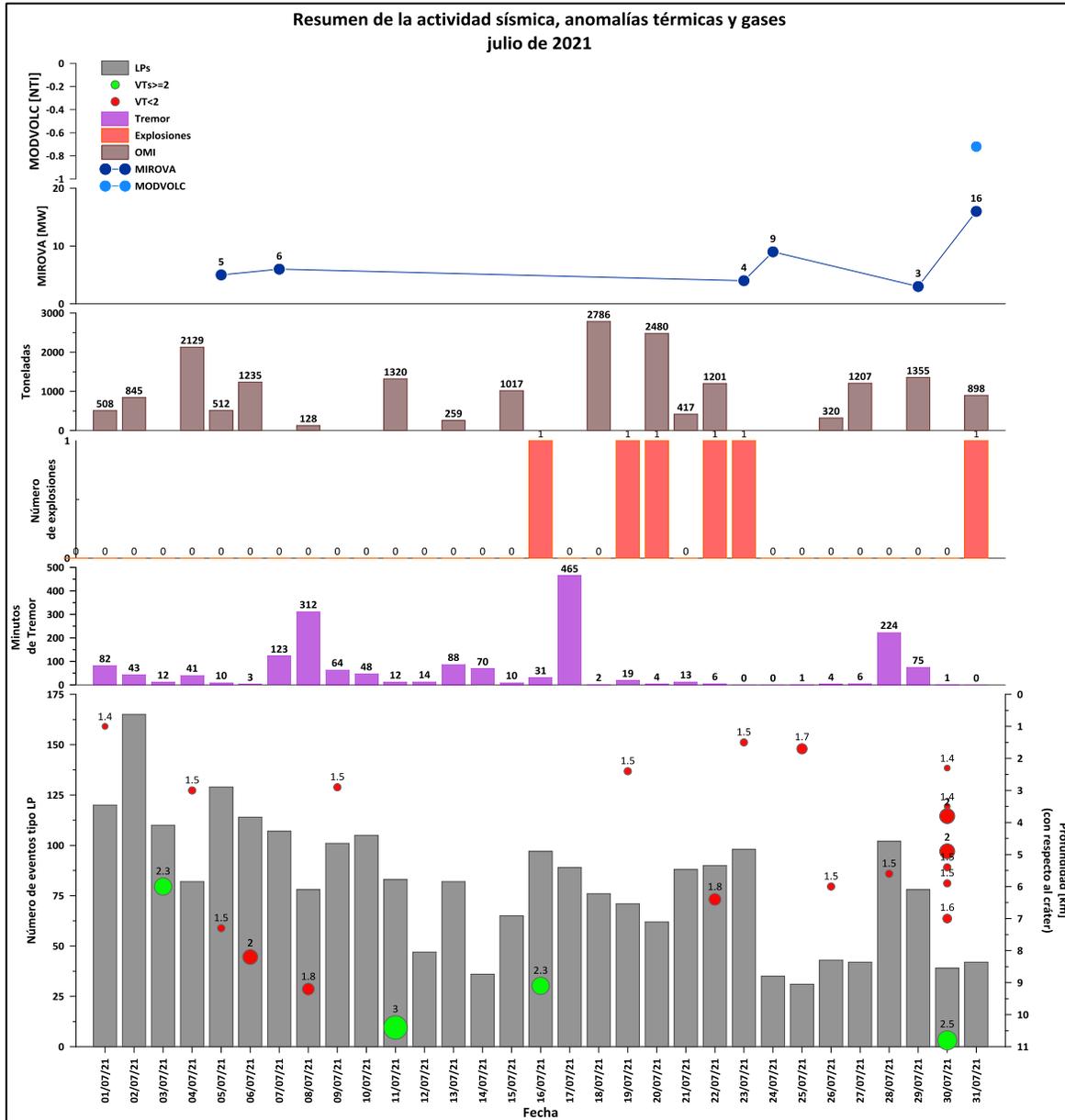


Figura 1 Actividad sísmica, anomalías térmicas y emisión de gases del volcán Popocatepetl durante julio de 2021



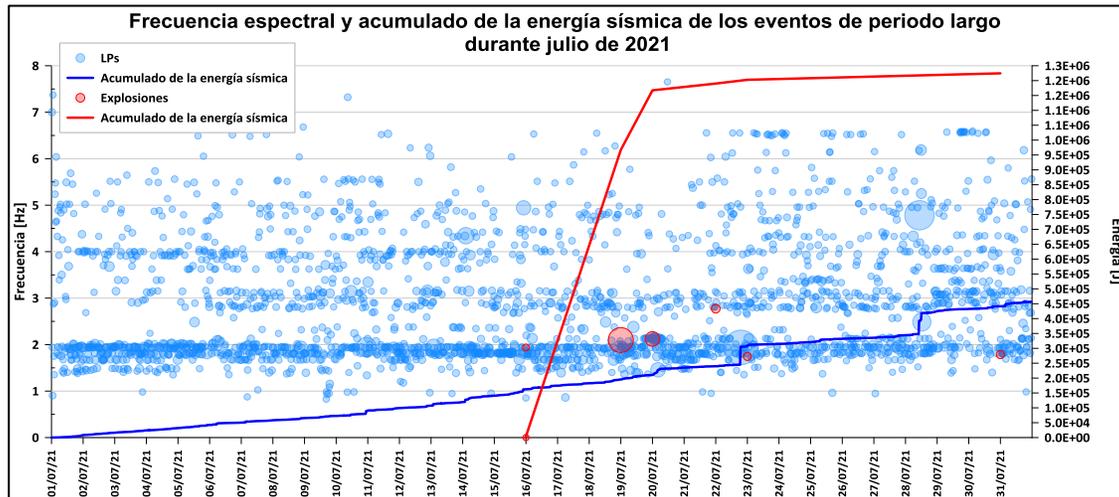


Figura 2 Frecuencia espectral, amplitud y energía sísmica acumulada de eventos LP registrados durante julio de 2021



Figura 3 Explosiones registradas el 22 y 31 de julio de 2021

Tremor

Las señales de tremor registradas sumaron 29.79 horas, de las cuales 27.88 horas fueron de tipo no armónico (Figura 4) y 1.28 horas de tremor armónico; 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 superó 4 micrómetros/segundo.



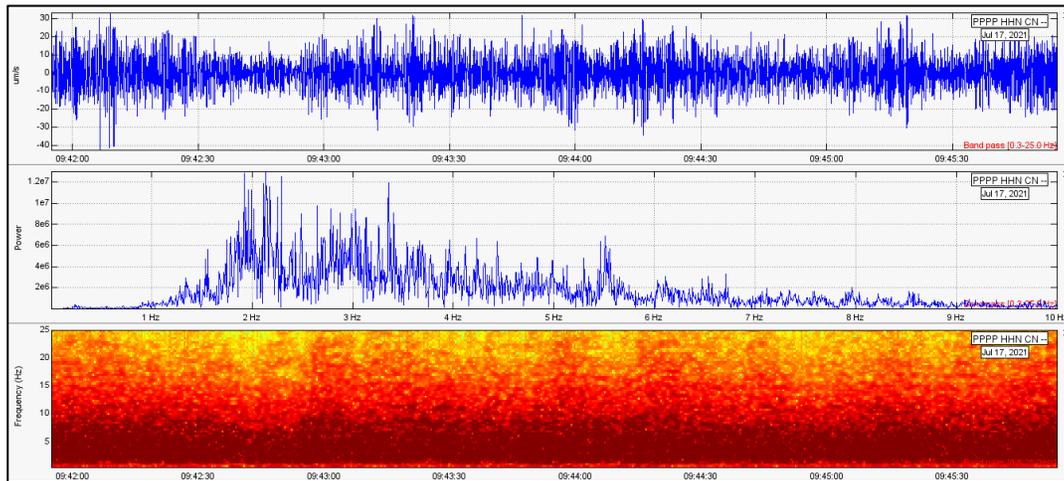


Figura 4 Forma de onda, espectro y espectrograma de un segmento de tembor no armónico registrado el 17 de julio en el componente norte de la estación Canario

Sismos volcanotectónicos

La cantidad de sismos volcanotectónicos tuvo un incremento con respecto al mes anterior, registrándose un total de 22 eventos. Sus magnitudes variaron entre 1.4 y 3.0, mientras que sus hipocentros se ubicaron entre 1.9 y 11.7 km 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 11 de julio, con magnitud de 3.0 y se ubicó al noroeste del volcán (Figura 6, evento 8). La energía acumulada por los sismos volcanotectónicos, desde enero de 1995 hasta la fecha, es de $2.0161 \times 10^{12} \text{J}$ (Figura 7a). La aportación de energía VT de los sismos correspondientes al mes de julio de 2021 fue de $3.12 \times 10^9 \text{J}$ (Figura 7b).



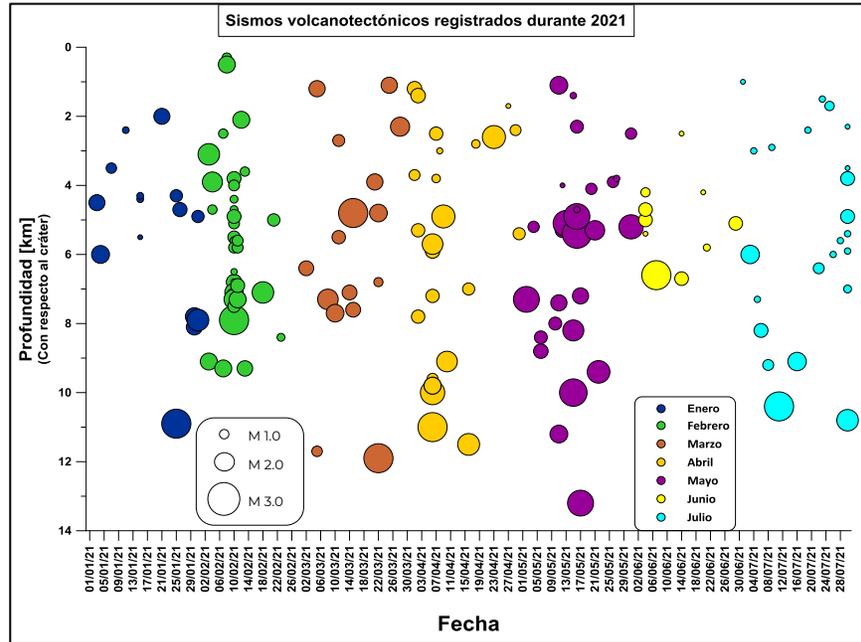


Figura 5 Profundidad y magnitud de los sismos volcanotectónicos registrados en 2021

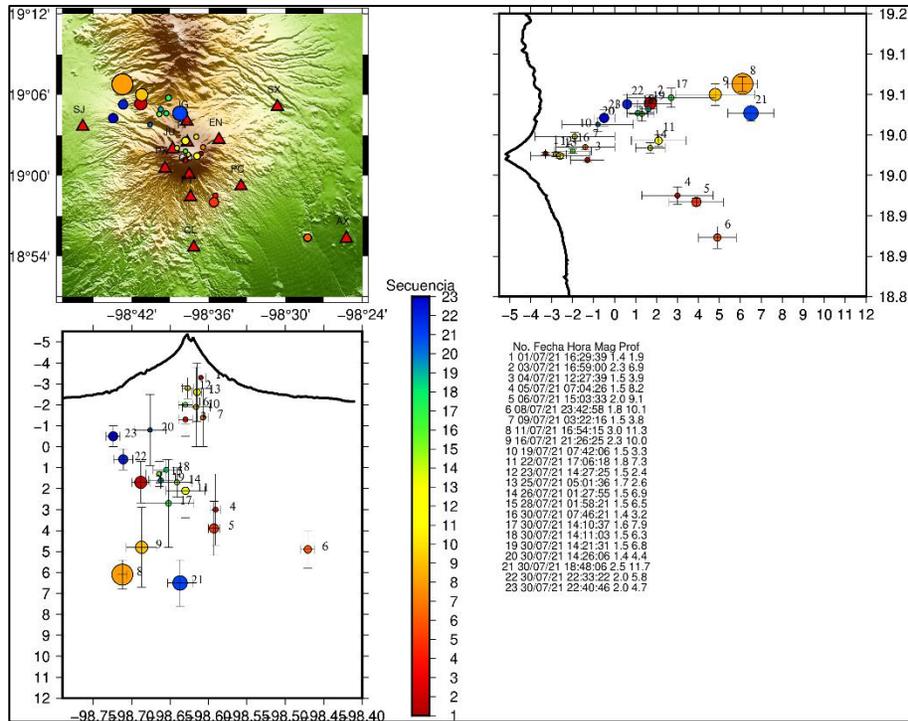


Figura 6 Localización de los sismos volcanotectónicos registrados durante julio de 2021; los colores representan la secuencia, los rojos al principio del mes y los azules al final



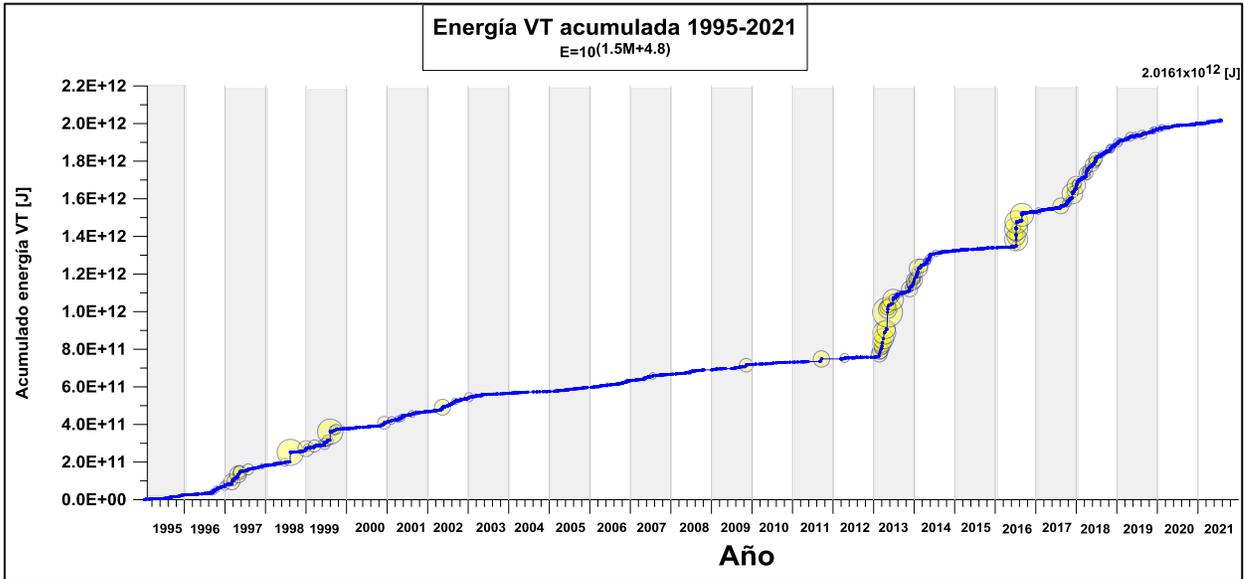


Figura 7a Energía acumulada desde febrero de 1995 hasta julio de 2021

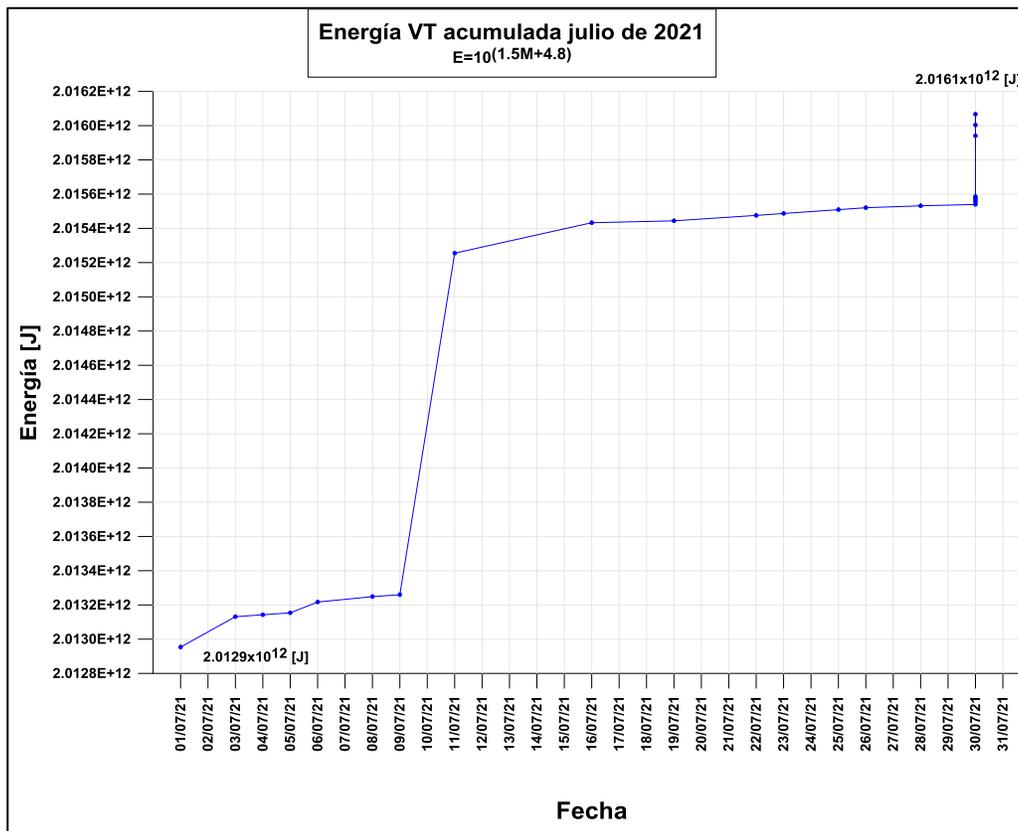


Figura 7b Energía sísmica acumulada durante julio de 2021





Anomalías térmicas

Se detectaron seis 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 31, con un valor de 16 MW (Figura 1). Por otro lado, con el sistema MODVOLC sólo se registró una anomalía con valor de -0.72 NTI, y también se registró el 31 de julio (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 SO₂ 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 SO₂.

En total se obtuvieron 17 lecturas de la emisión de SO₂. La tasa media por día fue de 600.5 toneladas. La mayor medición de SO₂ se tuvo el 18 de julio con 2 786 toneladas (Figura 1). En general, se registró un ligero decremento en la emisión de gases durante este mes.

Observaciones satelitales

Imágenes Planet Explorer

Se obtuvieron ocho 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 las imágenes del 16 y 27 de julio se aprecia, en el fondo del cráter interno, un posible cuerpo de lava con un diámetro aproximado de 20 metros (Figura 8). Los cálculos del diámetro del posible cuerpo de lava fueron realizados por el Dr. Ángel Gómez.





Figura 8 Imágenes del 16 y 27 de julio 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 píxel 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 obtuvieron dos imágenes 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. Las imágenes fueron proporcionadas por el Dr. Ángel Gómez.



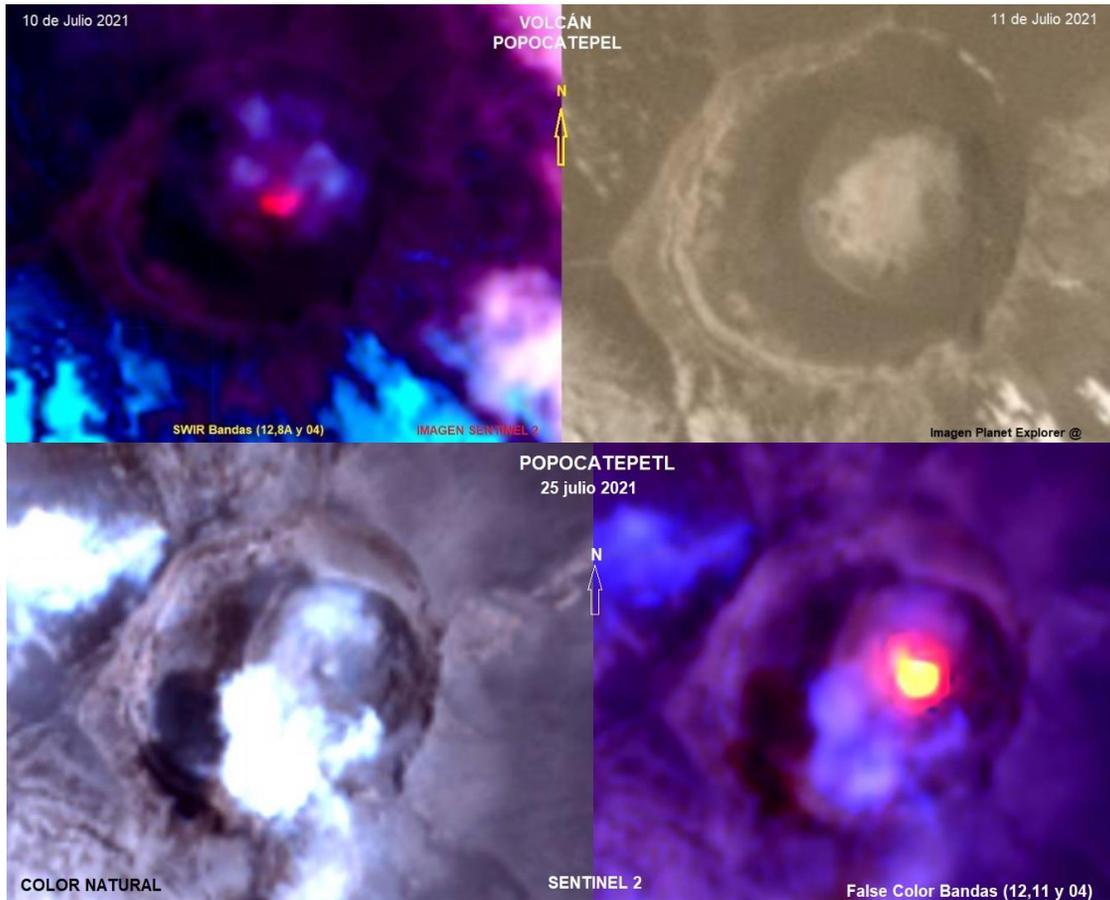


Figura 9 Imágenes Sentinel-2 en color natural y SWIR (bandas 12, 8A y 04) del 10 y 25 de julio de 2021

Diagnóstico

Los eventos de periodo largo y los minutos de tremor mantuvieron una tendencia similar, respecto al mes anterior. Los sismos volcanotectónicos se incrementaron al doble y durante la segunda quincena del mes se registraron explosiones. Estas explosiones muy probablemente estuvieron asociadas con la destrucción de los posibles cuerpos de lava, observados con las imágenes satelitales del 16 y 22 de julio.

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

