SECRETARÍA DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN CIUDADANA

COORDINACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

ACTIVIDAD DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL
Abril de 2021

Dirección de Investigación

Subdirección de Riesgos Volcánicos

Contenido

- Resumen
- Actividad sísmica
- Anomalías térmicas
- Emisión de gases
- Sobrevuelo y observaciones satelitales
- Diagnóstico
- Notas

Resumen

Durante abril la actividad sísmica no tuvo cambios significativos, sin embargo se registraron varios segmentos de tremor armónico de baja amplitud. Para el 3 de abril, mediante las imágenes de Planet Explorer, se pudo apreciar un cuerpo pequeño de lava en el fondo del cráter interno.

Mediante el sistema MIROVA se registraron ocho anomalías térmicas, mientras que con el sistema MODVOLC se detectó una anomalía. La emisión de SO_2 mostró una tendencia a disminuir. El 13 de abril se llevó a cabo la 74ª Reunión del comité Científico Asesor del volcán Popocatépetl.

México 2021 Año de la Independencia

Actividad sísmica

Se contabilizaron 1 927 eventos de periodo largo, tres explosiones, 25 sismos volcanotectónicos y 280.55 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 Popocatépetl 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

Exhalaciones, *pulgas* y explosiones

De los 1 927 eventos de periodo largo (LP) detectados, 789 fueron clasificados como exhalaciones (con una amplitud mayor a las 5 000 cuentas pico a pico u 8.16 µm/s), mientras que los 1 138 restantes presentaron amplitudes menores y se catalogaron como *pulgas*.

El contenido espectral de los eventos LP se concentró alrededor de los 2 y 4.5 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 62.1 eventos tipo LP por día.

Este mes se registraron tres explosiones, clasificadas como menores por su amplitud sísmica. El evento más importante se registró el 4 de abril, con éste se observó la emisión de fragmentos incandescentes que cayeron en el sector noreste, principalmente, a una distancia aproximada de 1 km con respecto del cráter (Figura 3)

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 4.53×10^5 J, mientras que la energía de las explosiones fue de 9.84×10^4 J.

México 2021 Año de la Independencia

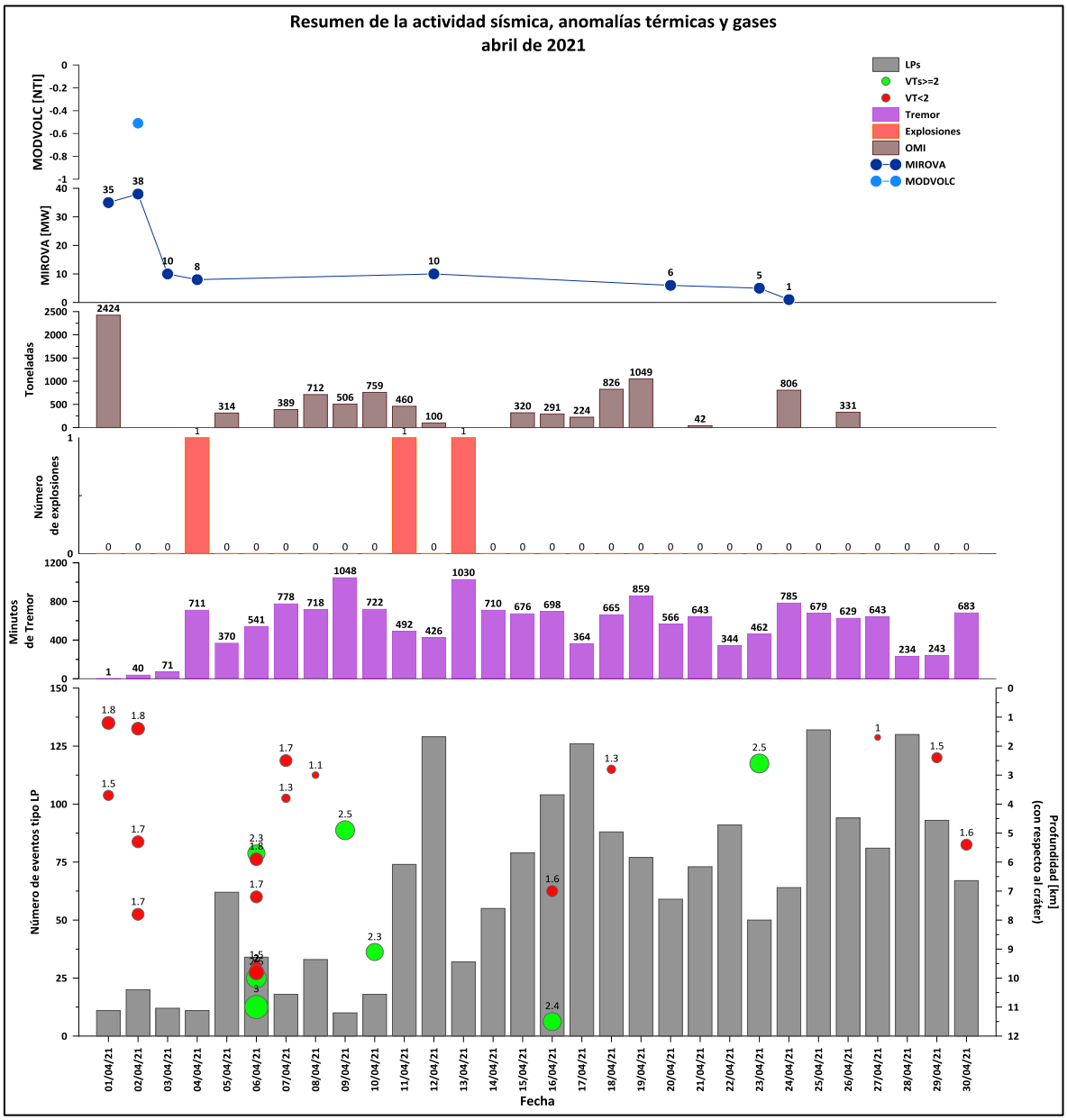

Figura 1 Actividad sísmica, anomalías térmicas y gases del volcán Popocatépetl durante abril de 2021

México 2021 Año de la Independencia

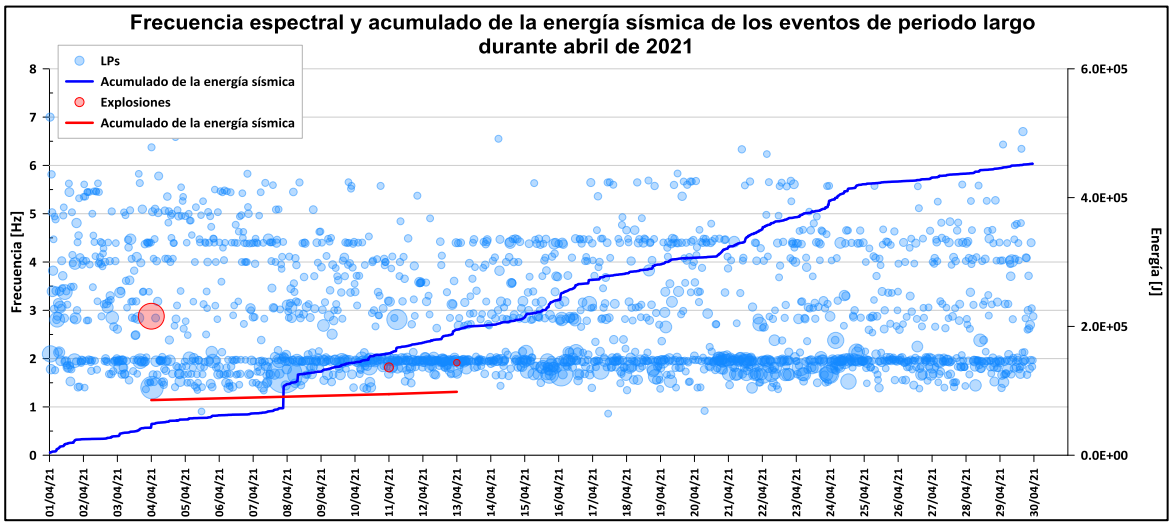

Figura 2 Frecuencia espectral, amplitud y energía sísmica acumulada de eventos LP registrados durante abril de 2021

Figura 3 Imagen de la explosión registrada el 4 de abril a las 00:04 h

Tremor

Las señales de tremor registradas sumaron 280.55 horas, de las cuales 251.5 horas fueron de tipo no armónico, y 29 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.

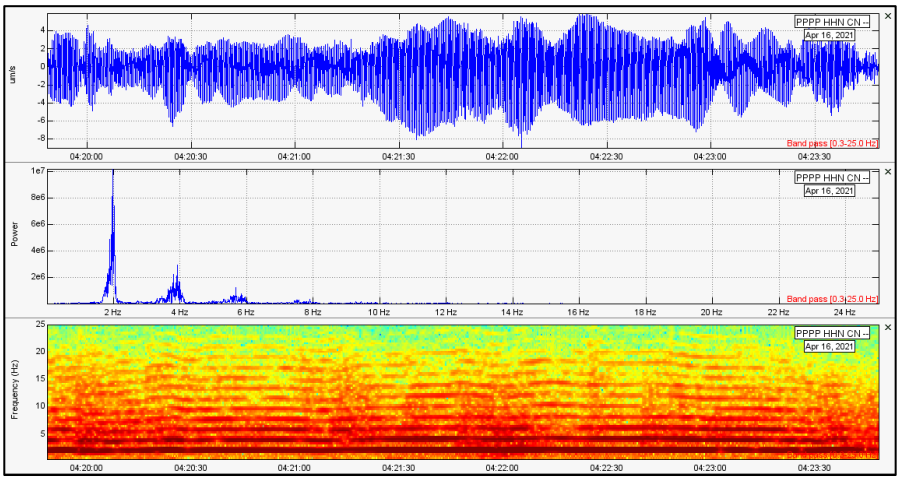

Figura 4 Forma de onda, espectro y espectrograma de un segmento de tremor armónico registrado el 16 de abril en el componente norte de la estación Canario

Sismos volcanotectónicos

La cantidad de sismos volcanotectónicos tuvo un aumento con respecto al mes anterior, registrándose un total de 25 eventos. Sus magnitudes variaron entre 1.0 y 3.0, mientras que sus hipocentros se ubicaron entre 2.1 y 12.4 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 Popocatépetl (Figura 6).

Los eventos más grandes se registraron el 6 y 7 de abril, con magnitud de 2.6 y 3.0, respectivamente. Se ubicaron en el sector norte-noroeste del volcán. También, se obtuvo el mecanismo focal para el sismo con magnitud 3.0, por el método de primeros arribos, obteniéndose un mecanismo de falla inversa y otro de falla normal (Figura 6). La energía acumulada por los sismos volcanotectónicos, desde enero de 1995 hasta la fecha, es de 2.0093×10^{12}J (Figura

México 2021 Año de la Independencia

7a). La aportación de energía VT de los sismos correspondientes al mes de abril de 2021 fue de 4.20x10^{9}J (Figura 7b).

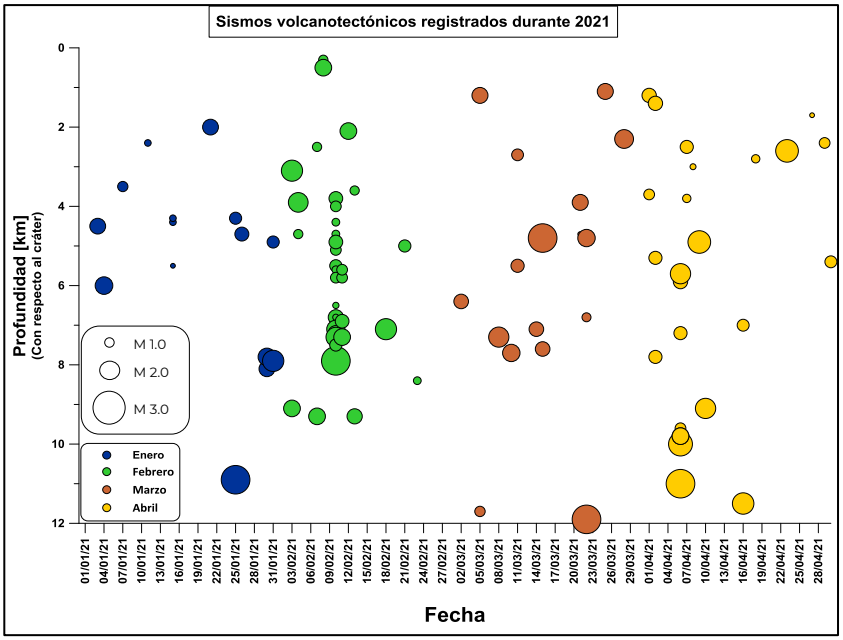

Figura 5 Profundidad y magnitud de los sismos volcanotectónicos registrados en 2021

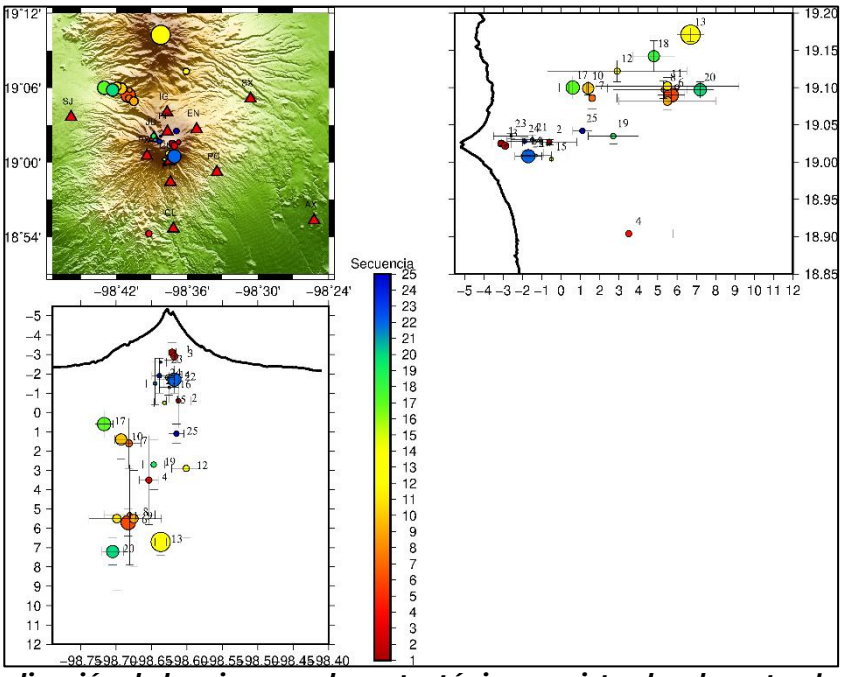

Figura 6 Localización de los sismos volcanotectónicos registrados durante abril de 2021; los colores representan la secuencia, los rojos al principio del mes y los azules al final

México 2021 Año de la Independencia

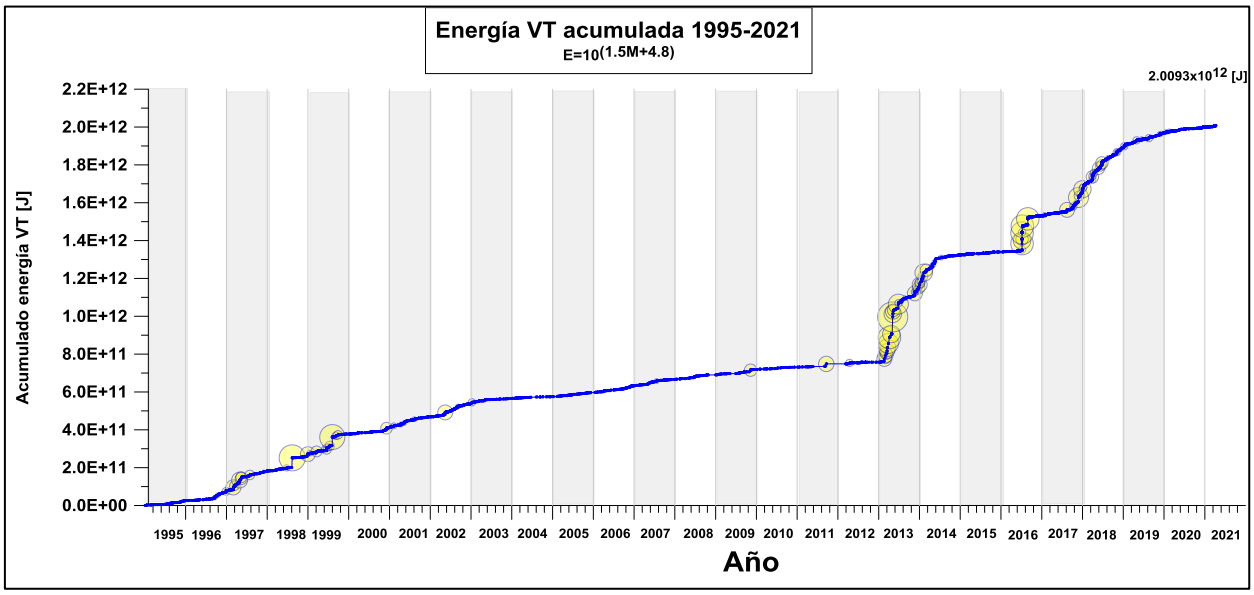

Figura 7a Energía acumulada desde febrero de 1995 hasta abril de 2021

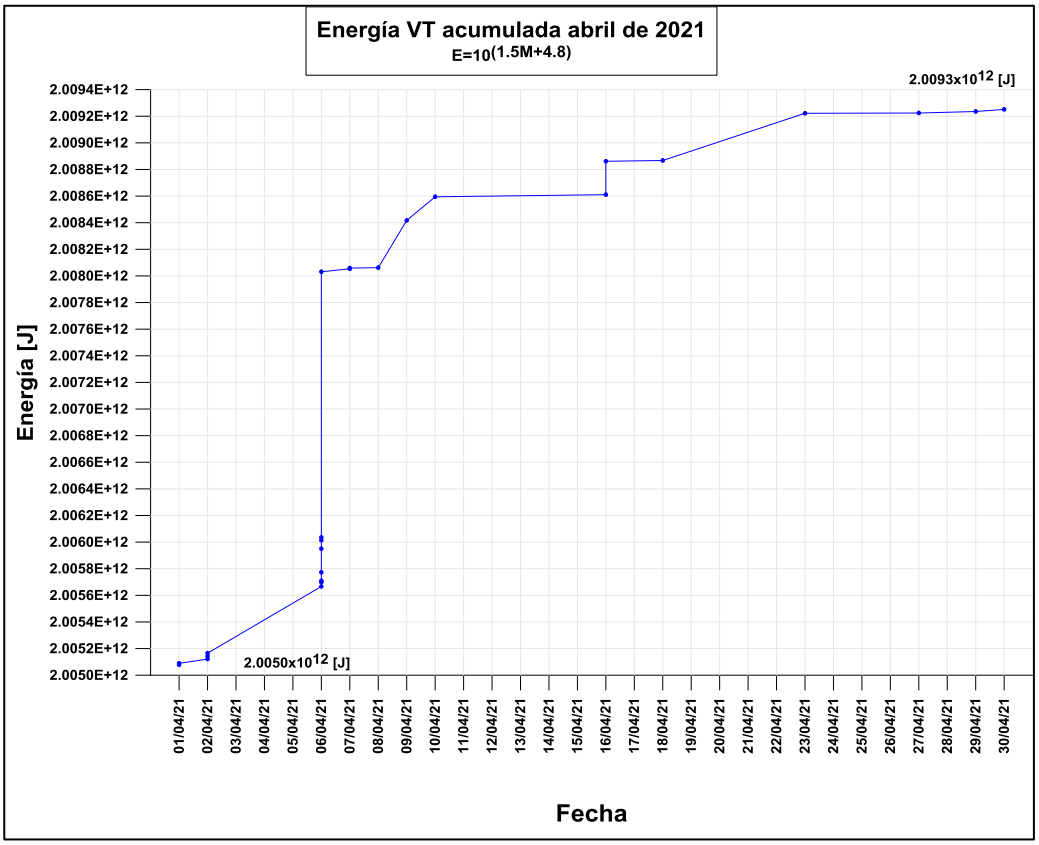

Figura 7b Energía sísmica acumulada durante abril de 2021

México 2021 Año de la Independencia

Anomalías térmicas

Se detectaron ocho 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 2, con un valor de 38 MW (Figura 1). Por otro lado, con el sistema MODVOLC se registró una anomalía, también el día 2, con un valor de -0.51 NTI (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 Popocatépetl 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_2 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_2.

En total se obtuvieron 16 lecturas de la emisión de SO_2. La tasa media por día fue de 318.5 toneladas. La mayor medición de SO_2 se tuvo el 1° de abril con 2 424 toneladas (Figura 1). En general, se registró un decremento en la emisión de gases durante este mes.

Observaciones satelitales

Imágenes Planet Explorer

Se obtuvieron siete 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. Comparando la imagen del 31 de marzo con la del 3 de abril, se pudo apreciar un posible cuerpo de lava en fondo del cráter interno, con un diámetro aproximado de 30 a 40 metros. Este cuerpo de lava muy probablemente se destruyó con la explosión registrada durante las primeras horas del día 4 de abril (Figura 8).

México 2021 Año de la Independencia

Figura 8 Comparación de las imágenes del 31 de marzo y del 3 de abril 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 obtuvieron dos imágenes Sentinel-2 y en ellas se observó una anomalía térmica en el centro del cráter interno (Figura 9). La anomalía observada el 1 de abril muy probablemente está asociada al material observado en la imagen de Planet Explorer el 3 de abril. Así mismo, también 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.

México 2021 Año de la Independencia

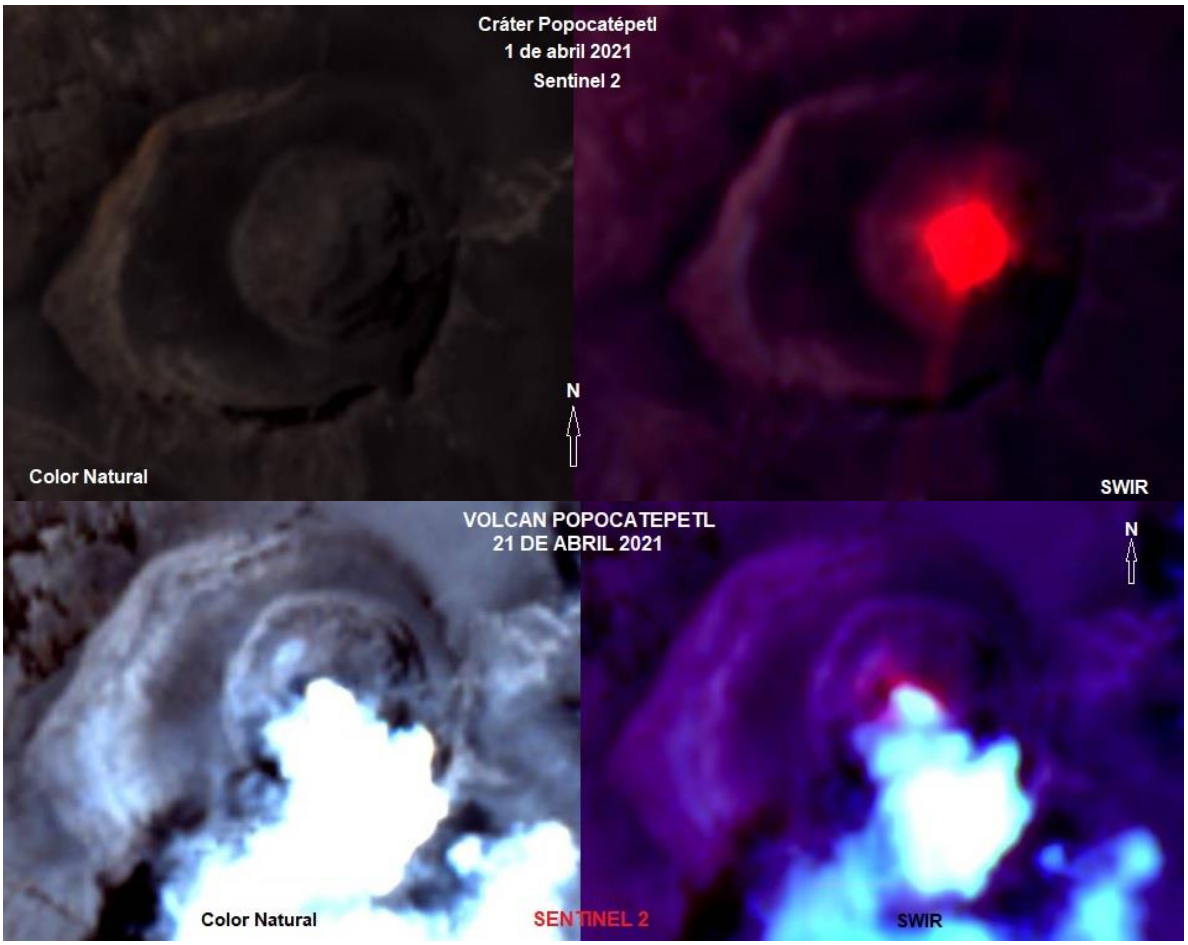

Figura 9 Imagen Sentinel-2 en color natural y SWIR (bandas 12, 8A y 04) del 21 de abril

Reunión del Comité Científico Asesor del Popocatépetl (CCA)

El 13 de abril se llevó a cabo la 74ª Reunión Extraordinaria del Comité Científico Asesor del Sistema Nacional de Protección Civil del volcán Popocatépetl. En dicha reunión hubo consenso en cuanto a un ligero cambio en la dinámica interna del volcán; sin embargo no existía una evidencia contundente de la formación de un domo de lava. Así mismo, se señaló que en el corto plazo se puede esperar una actividad similar a la registrada en semanas previas, acompañada de explosiones de baja a moderada intensidad, sin descartar la posibilidad de emisiones de ceniza e incluso el lanzamiento de fragmentos incandescentes dentro del radio de exclusión de 12 kilómetros. Finalmente, el Semáforo de Alerta Volcánica se mantuvo en Amarillo Fase 2.

México 2021 Año de la Independencia

Diagnóstico

A lo largo del mes los eventos de periodo largo mantuvieron la misma tendencia observada el mes anterior, los minutos de tremor y los sismos volcanotectónicos aumentaron y las explosiones disminuyeron. Así mismo, las anomalías térmicas y la emisión de gases también mostraron valores bajos, aunque los valores altos observados durante los primeros días del mes muy probablemente estuvieron asociadas con el ascenso de material magmático a la superficie. Aunado a esto, para el día 3 de abril, con las imágenes satelitales se pudo observar un pequeño cuerpo de lava en el fondo del cráter interno, que muy seguramente fue destruido con la explosión del 4 de abril. Así mismo, con las imágenes Sentinel-2 se observaron dos anomalías térmicas.

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 Popocatépetl, 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:

México 2021 Año de la Independencia

Paulino Alonso, Dafne Martínez, 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