



Variación de anomalías termales en el volcán Sabancaya asociada a la actividad eruptiva 2013-2020, mediante imágenes Landsat ETM+ y OLI a través sistema de vigilancia VOLCANOMS

Lazarte I.¹, Aguilera G.², Cruz J.¹, Rivera M.¹, Aguilera F.², Layana S²

¹Instituto Geofísico del Perú

²Universidad Católica del Norte - Chile

RESUMEN

Se realizó el procesamiento y tratamiento de imágenes satelitales Landsat TM, ETM+ y OLI del volcán Sabancaya de los años 2013 hasta setiembre de 2020, haciendo uso del nuevo sistema automático online denominado VOLCANOMS, con el cual se ha logrado detectar anomalías termales en el cráter de dicho volcán. El trabajo comprendió el análisis del catálogo completo de imágenes satelitales Landsat, en el cual se detectó un total de 87 anomalías termales, principalmente entre 2013 y 2015 (periodo pre eruptivo) y entre 2016 al 2020 (periodo eruptivo). Los datos permitieron calcular los parámetros termales, como los valores de radiancia obtenidos para las bandas SWIR1, SWIR2 y TIR de los sensores Landsat. En la fase pre eruptiva se registró el aumento de la cantidad de anomalías que se continuaron registrando en el periodo eruptivo, debido a un elevado grado de explosividad y la presencia de domos de la lava en el cráter del volcán. La correlación con otros datos de monitoreo volcánico, como la sismicidad del volcán, muestra que existe una relación directa entre el aumento de sismicidad de tipo Largo Periodo (LP), Volcano-Tectónico (VT) y tremor, con la aparición de anomalías termales. Además, la presencia de estas anomalías coincide también en temporalidad con los picos más elevados en el número de explosiones. Así mismo, la correlación de las anomalías termales y las imágenes satelitales, muestran una relación directa entre intensidad de radiancia presentada y el tamaño del cuerpo de

lava en el cráter, siendo estas directamente proporcionales. También se detectaron anomalías termales, en periodos de actividad fumarólica, esto en ausencia de domos o flujos de lava.

Palabras claves: Imágen satelital, Landsat, anomalía térmica, volcán, Sabancaya

Keywords: Satellite image, thermal anomaly, volcano, Sabancaya

ABSTRACT

The Landsat TM, ETM+ and OLI satellite images of the Sabancaya volcano were processed and processed from 2013 to September 2020, making use of the new automatic online system called VOLCANOMS, with which it has been possible to detect thermal anomalies in the crater of said volcano. The work included the analysis of the complete catalog of Landsat satellite images, in which a total of 87 thermal anomalies were detected, mainly between 2013 and 2015 (pre-eruptive period) and between 2016 and 2020 (eruptive period). The data made it possible to calculate the thermal parameters, such as the radiance values obtained for the SWIR1, SWIR2 and TIR bands of the Landsat sensors. In the pre-eruptive phase, there was an increase in the number of anomalies that continued to be recorded in the eruptive period, due to a high degree of explosiveness and the presence of lava domes in the volcano's crater. The correlation with other volcanic monitoring data, such as the seismicity of the volcano,

shows that there is a direct relationship between the increase in seismicity of the Long Period (LP), Volcano-Tectonic (VT) and tremor type, with the appearance of thermal anomalies. Furthermore, the presence of these anomalies also coincides in temporality with the highest peaks in the number of explosions. Likewise, the correlation of thermal anomalies and satellite images show a direct relationship between the intensity of radiance presented and the size of the lava body in the crater, these being directly proportional. Thermal anomalies were also detected, in periods of fumarolic activity, this in the absence of domes or lava flows.

INTRODUCCIÓN

El volcán Sabancaya, considerado el segundo volcán más activo del Perú (Pritchard et al., 2018), es el segundo volcán más activo del sur peruano. Este volcán hace parte del complejo volcánico Ampato-Sabancaya (Samaniego et al., 2016) y está emplazado en la cordillera occidental de los Andes peruanos. Se encuentra ubicado a 18 km al sur del valle del Colca y a 70 km al NO de la ciudad de Arequipa. Luego de la erupción en el año 1998; el volcán se mantuvo en un periodo de calma hasta febrero del 2013, donde presentó un incremento en la actividad sísmica y en la emisión de gases y vapor de agua. Desde noviembre de 2016, el volcán Sabancaya viene presentando un nuevo proceso eruptivo con explosiones de tipo vulcaniana, con columnas de ceniza que superan los 5 km. El objetivo de este trabajo es la pronta identificación de las variaciones en la actividad de fondo del volcán Sabancaya, esto nos puede indicar un cambio en la dinámica interna del volcán; lo cual es crucial para la identificación de posibles patrones eruptivos y la elaboración de alertas temprana. Autoridades y población.

DATOS Y METODOLOGIA

La metodología utilizada se basa en el procesamiento de imágenes Satelitales de la serie Landsat OLI, ETM+ y TM.; disponibles en la plataforma web <https://earthexplorer.usgs.gov/>, con una resolución temporal de 16 días. Las escenas de PATH 3 y ROW 71, generan imágenes del recorte en escalas de grises de las bandas NIR, SWIR1, SWIR2 y TIR además genera 3 imágenes visibles combinadas en RGB (SWIR2-NIR-Verde, SWIR1-NIR-Verde y SWIR2-SWIR1-NIR).

Para el cálculo de La radiancia térmica, las imágenes tomadas originalmente por el satélite con-

tienen una radiación espectral, la cual resulta de la combinación de una radiación térmica (relacionada directamente a las anomalías volcánicas), con la radiación no térmica y la radiación ascendente (la cual está directamente relacionada la radiación dispersa presentada a través de la columna atmosférica sobre una superficie) (Layana et al., 2020). Para realizar el procesamiento de las imágenes Landsat se utilizó el sistema VOLCANOMS, Volcanic Anomalies Monitoring System es un sistema de detección de anomalías térmicas de origen volcánico basado en el método de tres bandas tres componentes.

RESULTADOS

Según 187 escenas encontradas en imágenes Landsat 8 y Landsat 7, de las cuales se descartaron 68 escenas por falta de presencia de anomalías térmicas, por fallas técnicas del sensor ETM+ y por presencia de nubes o actividad fumarólica que limita la visibilidad del área de análisis. En la Figura 1, presentamos los resultados, basados en las anomalías encontradas en el volcán Sabancaya de las 119 escenas finales dentro del periodo eruptivo 2013-2020 del proceso actual del volcán Sabancaya; donde los presentes resultados están descritos en los valores de Radiancia de las bandas SWIR1, SWIR2 y TIR.

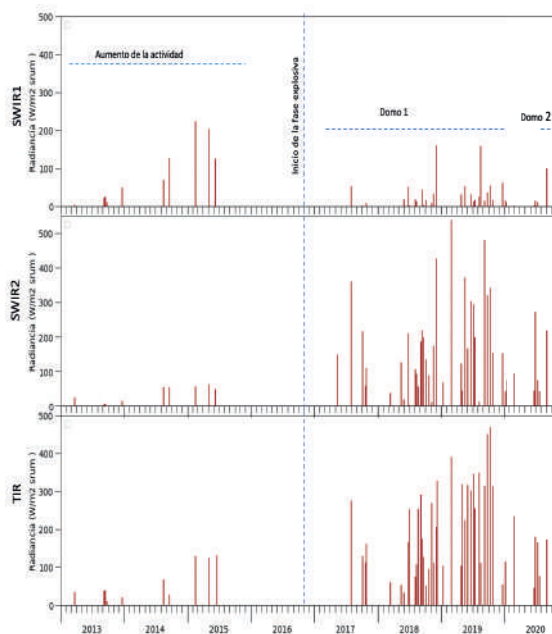


Figura 1. Valores de radiancia para las bandas SWIR1, SWIR2 y TIR – de las anomalías térmicas registrada en el volcán Sabancaya, correspondientes al periodo 2013-2020; Correlacionado su relación temporal entre los periodos eruptivos y la presencia de anomalías térmicas.

Para efecto de comparación, en la Figura 2, se muestra la correlación de los resultados obtenidos con los valores de radiancia de las anomalías térmicas presentadas en el volcán Sabancaya con otros métodos de monitoreo entre ellos el monitoreo sísmico, y el monitoreo de la actividad superficial. Los días 18 de febrero, 9 de mayo y 10 de junio del año 2015, con valores de radiancia en la banda SWIR1 de 225 W/m² sr μ m, 205 W/m² sr μ m y 127 W/m² sr μ m respectivamente.; muestran que las anomalías térmicas suelen presentarse en periodos de alta actividad sísmica del tipo LP, coincidiendo relativamente con aquellas fechas en donde es posible identificar los picos mas altos de sismos por día. Entre setiembre y octubre del 2018, los valores de radiancia aumentan considerablemente llegando a valores máximos de 489 W/m² sr μ m en la banda TIR; lo cual estaría directamente relacionado a la presencia de lava en el cráter del volcán Sabancaya, esto comprobado mediante imágenes satelitales y de dron (Cruz et al., 2019). La anomalía registra el 20 de mayo del 2019 se correlaciona con un incremento en la actividad sísmica de tipo VT, llegando el evento principal a una magnitud de M4.9, ocurrido el 21 de mayo de 2019; los valores mas altos de radiancia TIR en MW, coinciden con los picos mas altos de sismos por día registrados para el tipo VT, además de existir una correspondencia temporal entre estos mismos picos de sismos por día.

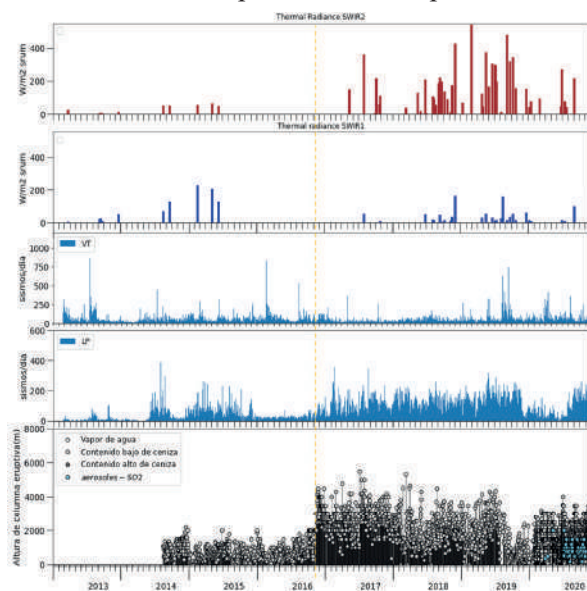


Figura 2. Valores de radiancia para las bandas SWIR1, SWIR2 Y TIR de las anomalías térmicas registradas en el volcán Sabancaya, correspondientes al periodo 2013-2020; Correlacionado su relación temporal entre la cantidad de sismos VT y LP y su actividad superficial.

CONCLUSIONES

- Según el análisis realizado, se ha podido identificar una serie de anomalías térmicas registradas en el volcán Sabancaya, que se correlacionan con la reanudación de la actividad volcánica en el 2013 que aumentaba progresivamente después de más una década de calma.
- Existe una relación directa entre la aparición de anomalías térmicas y picos de incremento de actividad sísmica, de tipo VT principalmente, lo cual indicaría una relación directa de los episodios de intrusión magmática y la aparición de estas anomalías térmicas.
- La correlación de las anomalías térmicas y las imágenes satelitales, muestran una relación directa entre intensidad de radiancia presentada y el tamaño del cuerpo de lava en el cráter del volcán, siendo estas directamente proporcionales.
- También se detectaron anomalías solo con presencia de actividad fumarólica, es decir en ausencia de domos o flujos de lava. Estas anomalías podrían estar asociada a un aumento de la energía en la superficie que se analiza, estableciendo una posible relación entre la recarga de magma y la presencia de características térmicas en superficie.

CONTRIBUCIONES TÉCNICAS O CIENTÍFICAS

Las imágenes satelitales Landsat TM, ETM+ y OLI son de gran utilidad debido a su alta resolución espacial. Mediante la aplicación de los métodos de procesamiento de banda dual y el método tres bandas tres componentes, que incluyen el uso de bandas SWIR y TIR, es posible obtener parámetros tales como la radiancia, temperatura efectiva, área de la anomalía, flujos de calor (correspondientes a flujos radiantes, convectivos y de gas), y flujos de masa.

La obtención de estos parámetros nos permite correlacionar la actividad sísmica y actividad volcánica superficial, los cuales nos permiten observar diferentes fases relacionadas a crecimiento de domo en el volcán y fases de transición entre periodos de menor a mayor explosividad; lo cual nos permite detectar patrones pre eruptivos característicos de estos procesos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cruz, J.E., Vargas, K., Rivera, M., 2019. Identificación de cambios morfológicos en el cráter del volcán Sabancaya mediante sobrevuelos de dron.

Layana, S., Aguilera, F., Rojo, G., Vergara, A., Salazar, P., Quispe, J., Urra, P., Urrutia, D., 2020. Volcanic Anomalies Monitoring System (VOLCANOMS), a Low-Cost Volcanic monitoring System Based on Landsat Images. *Remote Sens.* 12, 1589; doi:10.3390/rs12101589

Pritchard, M. E., J. Biggs, C. Wauthier, E. Sansosti, D. W. D. Arnold, F. Delgado, S. K. 1188 Ebmeier, S. T.

Samaniago, P., Rivera, M., Mariño, J., Guilou, H., Liorzou, C., Zerathe, S. & Scao, V. (2016). The eruptive chronology of the Ampato–Sabancaya volcanic complex (Southern Peru). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 323, 110-128.