



Boletín de la Sociedad Geológica del Perú

journal homepage: [www.sgp.org.pe](http://www.sgp.org.pe) ISSN 0079-1091

## Evaluación de impactos sobre la vegetación agrícola en áreas afectadas por la caída de ceniza, post erupción del volcán Ubinas, 2019

Rafael Miranda<sup>1</sup>, David Humerez<sup>1</sup>, Saida Japurá<sup>1</sup>, Jorge N. Alcántara<sup>1</sup><sup>1</sup>Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Av. Canadá 1470 Lima, Perú

### RESUMEN

En julio del 2019 el volcán Ubinas inició una nueva fase eruptiva explosiva de corta duración caracterizado por erupciones freáticas y magmáticas, determinando un cambio importante en el comportamiento evolutivo del volcán. Esta breve actividad dispersó millones de toneladas de ceniza volcánica que implicó impactos temporales en el estado de la vegetación agrícola dentro del área de dispersión, estos impactos depende de la intensidad del volumen de ceniza emitido y acumulada y del grado de afectaciones hacia los indicadores productivos (SIEA), que se determinan empleando el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) con imágenes del satélite Landsat 8, que ayudan a mapear el estado de la vegetación dentro de las áreas afectadas por la caída de cenizas y permite analizar la variación espacial con los espesores de ceniza medidos en campo, el volumen emitido por la erupción fue de  $4.6 \times 10^6 \text{ m}^3$  que implicó un cambio temporal en el índice de reflectancia de la vegetación del valle de Ubinas, el periodo de evaluación comprende los años entre el 2018 – 2020.

Keywords: Ubinas volcano, 2019 eruption, NDVI, Landsat 8, vegetación.

Palabra clave: Volcán Ubinas, erupción del 2019, NDVI, Landsat 8, vegetación.

### ABSTRACT

In July 2019, the Ubinas volcano started a new

explosive eruptive phase of short duration characterized by phreatic and magmatic eruptions, determining an important change in the evolutionary behavior of the volcano. This brief activity dispersed millions of tons of volcanic ash that implied temporary impacts on the state of agricultural vegetation within the dispersion area, these impacts depend on the intensity of the volume of ash emitted and accumulated and the degree of affectations towards productive indicators, which are determined using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) with Landsat 8 satellite images, data that help to map the vegetation within the areas affected by the ash fall and allows to analyze the spatial variation with the ash thicknesses measured in the field, the volume emitted by the eruption was  $4.6 \times 10^6 \text{ m}^3$  which implied a temporal change in the reflectance index of the vegetation of the Ubinas valley, the evaluation period includes the years between 2018-2020.

### INTRODUCCIÓN

El volcán Ubinas (5611 msnm) se sitúa geográficamente en las coordenadas  $16^{\circ} 22' \text{ S}$ ,  $70^{\circ} 54' \text{ O}$ , (Figura 1). Está constituido por dos edificios, Ubinas I y Ubinas II (Thouret et al., 2005). Ubinas I, se construyó por el emplazamiento de lavas andesíticas y dacíticas, Ubinas II sobreyace al anterior y está caracterizado por la alternancia de lavas andesíticas, domos, flujos de bloques y depósitos de ceniza que rellenaron el valle de Ubinas (Samaniego et al., 2020).

En julio del 2019 este volcán presentó una erupción importante que generó una columna eruptiva de más de 6 km, con dos ejes de dispersión principales, al este y al sureste, cubriendo con cenizas de diferentes espesores a la principal actividad económica del valle. De las que 945 ha de terrenos son agrícolas (Informe N° 85, COEN) y 209 ha corresponde a la superficie de siembra de los principales cultivos (papa, maíz, habas) y 47 ha de producción ganadera (SIEA 2020). El área de

afectación varía según la dirección de dispersión y la proximidad al cráter, el mapa de dispersión de ceniza realizado por Aguilar et al. (2019), identificó 7 mm de espesor a 6.4 km del cráter. Con la información de espesores de ceniza y la data satelital con la combinación de las bandas espectrales, se determinaron e identificaron cambios de la cobertura vegetal dentro del área afectado por la caída de ceniza.

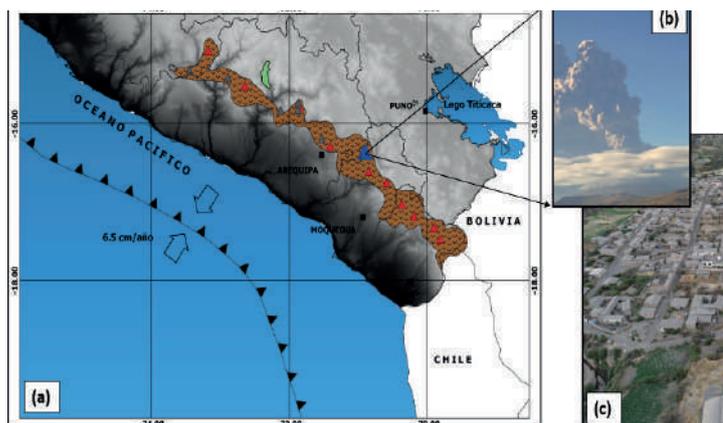


Figura 1. Ubicación geográfica del volcán Ubinas dentro de la cordillera volcánica del cuaternario, a) cadena volcánica de los Andes, b) Erupción del 19 de julio y c) Pueblo de Ubinas cubierta de ceniza volcánica, hasta de 7 mm.

### LA ERUPCIÓN DEL UBINAS Y CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO.

La erupción del Ubinas tuvo lugar el 19 de julio del 2019 a horas 07:28 a.m. Las características de las emisiones se describen en el Informe Técnico A7000, este evento consistió de una fase explosiva de 5 días de duración, alcanzando un IEV de 2, con columnas eruptivas de ~6,5 km de altura dispersándose a más de 300 km en dirección este y sureste. Registrándose un total de 4 explosiones principales y una última explosión menor registrado el día 04 de setiembre (09:56 a.m.). La magnitud de la erupción alcanzó 336 MJ de energía sísmica acumulada, emitiéndose más de  $4.6 \times 10^6 \text{ m}^3$  de tefra.

Dentro del eje principal de dispersión de cenizas de mayor impacto principal se emplazan los pueblos de Ubinas, Escacha, Querapi, Matalaque y Anascapa, que conforman parte del valle de Ubinas, el 60% del valle representa la actividad agrícola y un 40 % la ganadería, principales actividades económicas de la población basado en indicadores productivos del SIEA 2020, de las que 209 ha son áreas agrícolas que fueron impactados

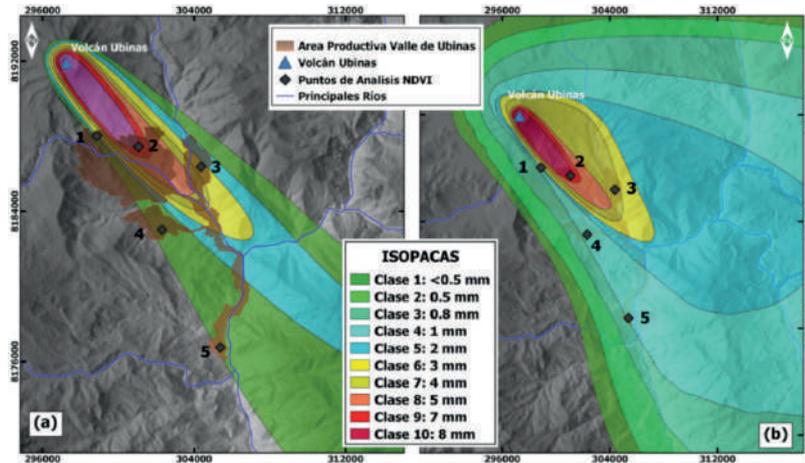
por la caída de cenizas de la erupción del 19 de julio, registrándose hasta  $268.8 \text{ gr/m}^2$  (Informe Técnico A6955) a una distancia de 6.3 km con respecto al cráter.

La técnica empleada para la detección del cambio temporal del índice de la vegetación agrícola a partir de imágenes de satélite, fue el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), empleada para la evaluación de recursos, permitiendo realizar comparaciones temporales y espaciales. Para la detección de los impactos por la caída de ceniza en la vegetación agrícola se emplearon imágenes del satélite Landsat-8 que proporciona una medida indirecta del cambio en el índice de la vegetación, calculándose como la relación normalizada entre la banda 5 (infrarrojo cercano) y la banda 4 (roja visible).

Para las series de tiempo se emplearon datos del NDVI, producto MOD13Q1 del sensor MODIS-TERRA (<https://modis.ornl.gov/>), imágenes con resolución espacial (pixel) de 250 metros (6.25 Ha) disponibles cada 16 días, para dicho análisis se clasifican cinco puntos de evaluación en los ejes de dispersión o áreas afectadas por

caída de ceniza (Figura 2) clasificados por clase según la magnitud de ceniza depositado en el suelo, en el mapa de caída por cenizas (Aguilar et al., 2019), se establece un punto de evaluación por cada clase (Figura 2): clase 4 (Anascapa y Mata-

laque), en la clase 5 (Querapi), clase 7 (Escacha) y clase 9 (Ubinas), donde el área de evaluación es de 6.25 ha (1 pixel de la imagen Landsat 8) de las que se obtienen los valores medios del NDVI para un periodo de 3 años (2018 – 2020).

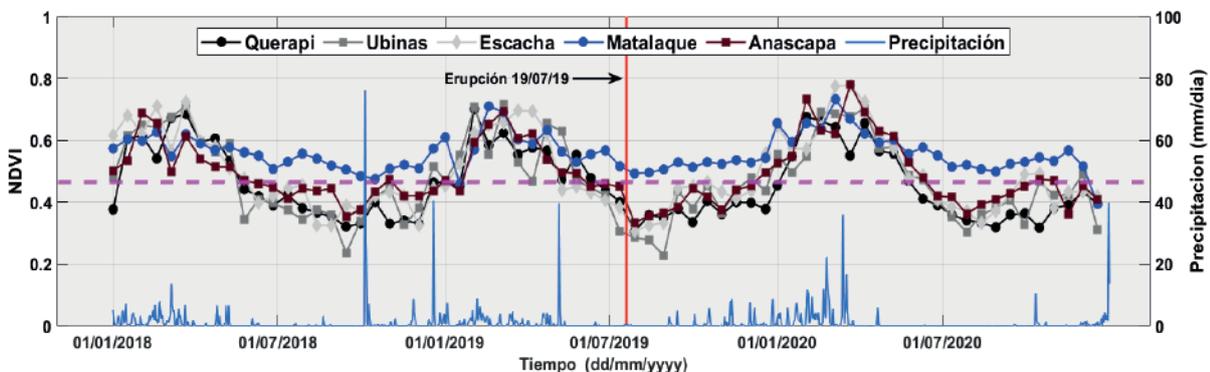


**Figura 2.** Mapa de Isopacas de dispersión de cenizas volcánicas acumulados en el valle del Ubinas, durante el periodo de erupción del 2019, a) mapa de dispersión del día 19/07/09 y b) mapa de dispersión del día 22/07/19.

## DISCUSION Y RESULTADOS

La evaluación del impacto de las cenizas volcánicas obedece a un análisis de muestras obtenidas en campo, imágenes satelitales Landsat-8 y la variación temporal, determinándose que las cenizas volcánicas de la erupción del 2019 generaron un cambio en el comportamiento dinámico temporal del NDVI en 4 puntos de análisis (Figura 2). Principalmente las áreas afectadas son aquellas que se sitúan dentro del eje dispersión, básicamente el valle de Ubinas y sus actividades económicas (SIEA, 2020). El mapa de cambios del NDVI (Figura 4), evidencia un incremento de la reflec-

tancia de la vegetación de la superficie agrícola, observándose una reducción en la actividad fotosintética de las plantas después de la erupción. En la Figura 3 se muestra la dinámica multianual del comportamiento del NDVI de los 5 puntos de análisis, que están expresados en valores medios (valor medio 0.46, línea magenta) para el periodo 2018 – 2020, determinándose que la mayor actividad fotosintética se observa por encima del valor medio del NDVI que correlaciona con el inicio de las precipitaciones (Figura 3, enero – mayo) y entre mayo a noviembre (temporada seca) se observa una disminución de la actividad fotosintética por debajo del valor medio.



**Figura 3.** Comportamiento temporal multianual del NDVI en las localidades clasificados para Querapi, Ubinas, Escacha, Matalaque y Anascapa, correspondiente a las áreas agrícolas del valle de Ubinas.

Después de la erupción del volcán (Figura 3, línea vertical roja) se evidencia que las regiones afectadas por la caída de cenizas volcánicas sobre la vegetación agrícola del valle de Ubinas muestran un decaimiento importante en la tasa de reflectancia por debajo del valor anual inmediatamente después de la erupción y partir del 28 de julio la tasa del comportamiento del NDVI muestra un incremento de la actividad fotosintética por un lapso de 57 días, hasta alcanzar al valor medio de la reflectancia, coincidente con el inicio de las precipitaciones (Figura 3).

Caso Anascapa, figura 3, que corresponde a la clase 4 y 1 (Figura 2 a y b), son áreas impactadas con espesores de ceniza entre  $1 - < 0.5$  mm, con un comportamiento coherente con los cambios observado en las localidades con mayor afectación, probablemente asociado a vegetación agrícola muy susceptible a cambios en su índice de reflectancia. En las localidades de la clase 5, 7 y 9 (Querapi, Ubinas y Escacha), la serie temporal evidencian un decaimiento por mayor acumulación de ceniza con espesores medidos en campo entre

2 mm hasta 7 mm (Figura 2, mapa de isópacas).

Las series temporales de los cambios del NDVI determinan que la magnitud de las áreas afectadas es proporcional a la cantidad de cenizas depositada o acumuladas principalmente con espesores mayores a 2 mm, es decir una mayor cantidad de cenizas acumuladas en la vegetación en las áreas agrícolas del valle de Ubinas probablemente se verían seriamente afectados.

Después del procesamiento de las imágenes satelitales del 2019, obteniéndose mapas del índice de reflectancia de la vegetación en el valle de Ubinas, donde la figura 4a (7 de julio), mapa con valores de NDVI sin afectación por ceniza volcánica y la figura 4b (8 de agosto) es el mapa con cambios en el índice de reflectancia de la vegetación afectados por las cenizas volcánicas de la erupción del Ubinas en un lapso de tiempo de 20 días, estas áreas afectadas corresponde a los sectores: alto y medio del valle de Ubinas, mientras en los sectores bajos del valle, caso Matalaque, no presentan cambios en el NDVI.

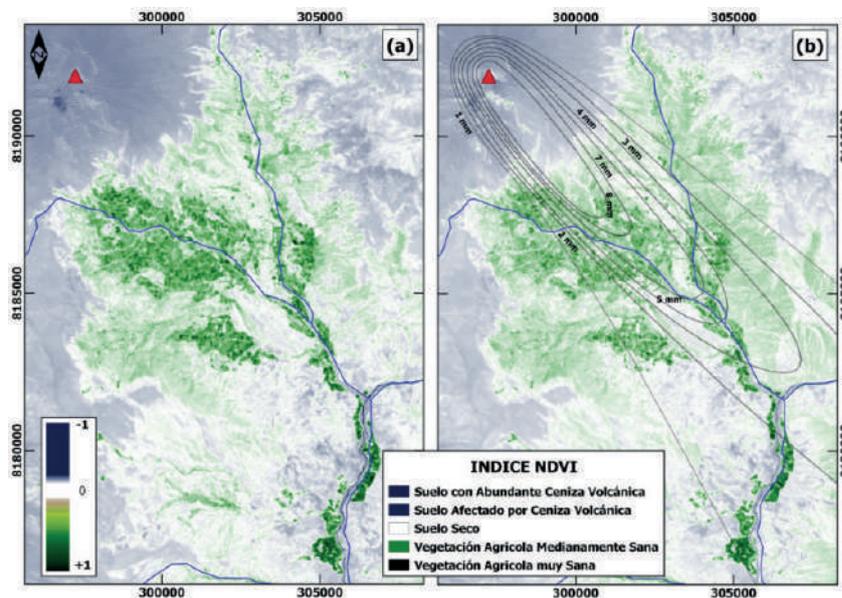


Figura 4. Mapa de índices de reflectancia de cambios de NDVI obtenidas con imágenes Landsat 8, año 2019, a) imágenes día 07 de julio y b) del 8 de agosto. El área afectada se representa con valores de NDVI inferiores a 0.2.

## CONCLUSIONES

La distribución espacial de la dispersión de las cenizas volcánicas con espesores entre 8 y  $< 0.5$  mm afectaron directamente a la actividad fotosintética de la vegetación agrícola en el valle de Ubinas de manera temporal. El análisis multitemporal de las

series de tiempo de imágenes y la combinación de las bandas espectrales, determinaron que después de la erupción del 2019 de julio, las cenizas volcánicas provocaron una disminución en el índice de reflectancia de la vegetación en cuatro puntos de análisis de la clase 4, 5, 7 y 9, que corresponden

a las localidades de Querapi, Ubinas, Escacha y Anascapa. Por lo tanto la evaluación del impacto de las cenizas volcánicas mediante imágenes de satélite y los productos del sensor MODIS TERRA evidencian que la magnitud de las áreas afectadas post erupción es proporcional a la cantidad de cenizas acumulada, en las áreas donde los depósitos de cenizas varían de entre 2 a 7 mm, que debido a su ubicación geográfica en relación con el uso de riego constante durante el periodo entre junio a noviembre (periodo de estiaje) en el valle de Ubinas, se mantiene relativamente más húmedas donde la vegetación recupera rápidamente su actividad fotosintética, el efecto de la afectación por caída de cenizas volcánicas sobre la vegetación agrícola fue de forma temporal.

(2005). Ubinas: the evolution of the historically most active volcano in southern Peru. *Bulletin of Volcanology*, 33.

## BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, R., Mayra, O., Manrique, N., Apaza, F., & Harpel, C. (2019). Characteristics of the beginning of the 2019 eruptive crisis at Ubinas volcano (Peru) [póster]. *AGU*, 1.

COEN. (2021). Centro de Operaciones de Emergencia Nacional, Informe de emergencia N° 015-6/1/2021/COEN-INDICE (Informe N° 85). *Informe de Emergencia*, 137.

Gerencia Regional de Agricultura, Moquegua, Sistema Integrado de Estadística Agraria, SIEA, Estadística Agropecuaria Mensual, 2020 de la Región de Moquegua. (2020). 75.

INGEMMET, I. T. (2019). Instalación de cenizómetros en los alrededores del volcán Ubinas. Región de Moquegua, provincia Sánchez Cerro, distrito de Ubinas. *INGEMMET*, 17.

INGEMMET, I. T. (2019). vigilancia del volcán Ubinas, periodo 2019. *INGEMMET*, 76.

Samaniego, P., Rivera, M., Manrique, N., Schiavi, F., Nauret, F., Liorzou, C., & Ancellin, M. A. (2020). Linking magmatic processes and magma chemistry during the post-glacial to recent explosive eruptions of Ubinas volcano (southern Peru). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 42.

SENAMHI. (2019). Vigilancia Meteorológica, ambiental y agrometeorológica en relación a las emisiones del volcán Ubinas. *SENAMHI*, 14. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12542/247>

Thouret, J. C., Rivera, M., Wörner, G., Gerbe, M. C., Finizola, A., Fornari, M., & Gonzales, K.