

IMPLEMENTACIÓN DE TÉCNICAS DE DETECCIÓN DE CENIZAS VOLCÁNICAS Y EMISIÓN DE SO₂ EN GOES-16

Martin Iglesias ¹, Pablo E. Cordoba ¹

met.iglesias@live.com

pecordoba_ds@hotmail.com

¹Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (FCEyN, UBA)

RESUMEN

Las cenizas volcánicas poseen una potencial peligrosidad para la actividad aérea, mayormente en las zonas donde hay rutas aéreas adyacentes a volcanes activos, ya que pueden persistir por muchas horas o días en el aire y ser dispersadas a grandes distancias.

Debido a las ubicaciones aisladas de muchos volcanes la teledetección juega un rol importante en el rastreo de estas nubes, producto de la dificultad de observaciones continuas de las mismas, utilizando herramientas que pueden distinguir estos fenómenos a partir de propiedades radiativas de las partículas de ceniza y SO₂. En este trabajo se analizaron dos casos de erupciones ocurridas en el continente americano en el 2017, los cuales presentaron distintos escenarios en cuanto a la presencia o no de nubosidad y el momento del día, implementando técnicas radioespectrales utilizadas en satélites geoestacionarios previos en el nuevo GOES-16. Las técnicas más complejas que involucraban combinación de bandas espectrales resultaron más útiles para discretizar la pluma de cenizas y la emisión de SO₂ con respecto a la nubosidad y las superficies cercanas. Además se destacó la eficiencia de dichas técnicas para erupciones débiles o moderadas, ya que ayuda a una rápida identificación para los tomadores de decisiones en la aeronavegación.

ABSTRACT

The volcanic ashes possess a potential dangerousness for the air activity, mainly in the zones where there are air routes adjacent to active volcanoes, since they can persist many hours or days in the air and be dispersed to big distances. Due to the isolated locations of many volcanoes the teledetection plays an important role in the tracking of these clouds, product of the difficulty of constant observations of the same ones, using tools that can distinguish these phenomena from radiativa properties from the particles of ash and SO₂. In this work we analyzed two cases of eruptions that occurred in the Americas in 2017, which presented different scenarios regarding the presence or absence of cloudiness and the time of day, implementing radio-spectral techniques used in previous geostationary satellites in the new GOES -16. More complex techniques involving combination of spectral bands were more useful to discretize the ash plume and SO₂ emission with respect to cloudiness and nearby surfaces. In addition, the efficiency of these techniques for weak or moderate eruptions was highlighted, since it helps a quick identification for the decision-makers in the air navigation.

Palabras clave: Mediciones satelitales – Nubes volcánicas – técnicas radioespectrales

1) INTRODUCCIÓN Y METODOLOGÍA

Debido a las interacciones de la radiación con los gases y partículas volcánicas, los trabajos Ellrod et. Al (2003) y Prata et. Al (2009) consideraron técnicas utilizando las denominadas diferencias de temperaturas de brillo (*brightness temperature difference*, BTD) con el fin distinguir las plumas volcánicas respecto de las nubes meteorológicas y las superficies tanto oceánicas como continentales.

Las principales técnicas que se utilizaron son:

	<u>BTD</u>	<u>Criterio</u>	<u>Propósito</u>
TBSW	$T_b(10.7 \mu\text{m}) - T_b(12 \mu\text{m})$	BTB < 0	Denotar presencia de ceniza
SLIR	$T_b(3.9 \mu\text{m}) - T_b(10.7 \mu\text{m})$	SLIR > 0 Día; SLIR = 0 Noche	Denotar presencia de ceniza y nubosidad
TVAP	$60 + 10 * [T_b(12.0 \mu\text{m}) - T_b(10.7 \mu\text{m})] + [T_b(3.9 \mu\text{m}) - T_b(10.7 \mu\text{m})]$	TBSW (invertida) > 0 ceniza; SLIR > 0 Día, SLIR = 0 Noche	Determinación experimental de presencia de cenizas
[1]	$T_b(10.7 \mu\text{m}) - T_b(8.7 \mu\text{m})$	BTB < 0	Testeo de cenizas y SO ₂

Tabla I: BTDs Teóricas

La *Two-Band Split Window* (TBSW) se basa en BTB observadas en las *ventanas* dentro del IR para poder identificar nubes de cenizas volcánicas de nubes meteorológicas a partir del principio de *absorción inversa* propuesto por Prata et al. (1989b). Es importante destacar que la magnitud de la diferencia estará determinada por la altura de la nube de cenizas, la concentración y el tamaño de las partículas dentro de la misma, ya que las partículas más pequeñas tienen una señal más fuerte).

La *Short-Longwave InfraRed* (SLIR) se basa en la diferencia dada por la reflectancia entre la radiación y las partículas en la atmósfera, donde los silicatos que componen las plumas volcánicas van a presentar reflectancia elevada, por ello se espera que en imágenes diurnas la técnica SLIR permita identificar las estructuras de interés.

La *Three-band Volcanic Ash Product* (TVAP) permite comprimir los principios físicos anteriores en la interacción de las cenizas con la radiación, tanto solar como terrestre, pero considera que el signo de TBSW es positivo para que las respuestas de las BTBs sean aditivas.

La última técnica propuesta por Prata et al. (2009) corresponde al efecto del SO₂ en función de la emisión de las superficies y nubes. Para la detección de plumas volcánicas de SO₂ se van a tener diferencias negativas. Esta BTM es una muy buena herramienta para posicionar la pluma eruptiva debido a que la destaca, aún en presencia de nubosidad, ya que las zonas donde no se tenga presencia tendrán valores cercanos a cero.

Además, se generó una imagen en falso color (RGB) que permite resaltar ciertas estructuras de interés para analizar simultáneamente la respuesta radiativa de múltiples herramientas espectrales permitiendo así tener una mejor discretización. En este caso se adaptó un RGB del Eumetsat al trabajo, modificando el rango dinámico de los colores de la siguiente manera:

RGB	Rango dinámico (del color)	Criterio
R=T _b (10.7 μm)-T _b (12 μm); G=T _b (8.7 μm)-T _b (10.7 μm); B=T _b (10.7 μm)	R:(0% BTM<0, 100% BTM>0); G:(0% BTM>0, 100% BTM<0); B:(0% T _b >>273K, 100% T _b <<273K)	Ceniza volcánica (Amarillo), SO ₂ (Verde claro)

Tabla II: RGB Eumetsat modificando el rango dinámico

En la RGB la pluma de ceniza, en caso de ser espesa, se observa de un color amarillo-lima debido al aporte del rojo en un 25% y del verde en un 75%. Mientras que en el caso de ser fina se notaría de un color amarillo-naranja debido a que el aporte en el rojo se incrementa a 50% y en el verde decrece a 50%.

Se utilizaron datos de radianza de los diferentes canales del radiómetro pasivo multiespectral Advanced Baseline Imager (ABI), obtenidos en formato *Multi-banda*, del GOES-16.

Se analizaron dos casos de estudio de erupciones volcánicas que sucedieron durante el año 2017 en el continente Americano. El primero es el del volcán Sabancaya (Perú), el cual no tenía presencia de nubosidad, y el segundo el Popocatepetl (México), que si la tenía. Ambos casos se estudiaron durante el día y la noche, por motivo de ver la respuesta de las cenizas ante la interacción solar o sin ella.

2) RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Tras analizar las distintas técnicas propuestas por los autores, se vio que los casos que evidenciaron mejor la actividad volcánica fueron durante el día en el Popocatepetl (Figura 1) y en la noche en el Sabancaya (Figura sin mostrar), donde se remarcaron la presencia de la zona activa del volcán y su emisión.

En las técnicas biespectrales se pudo discriminar la pluma de ceniza, principalmente con la TVAP remarcando la presencia de la ceniza en forma de diferencias positivas muy marcadas destacándolas de la nubosidad, en especial de niveles altos, y la superficie. Se notó que la detección de la pluma de cenizas era significativa cuanto mayor era su espesor.

Por último utilizando la técnica RGB se tiene que en ambos casos la pluma responde al color del criterio propuesto, y se la puede discretizar de la superficie y la nubosidad de forma notable.

Las RGB, si bien resultan muy útiles para poder distinguir distintas estructuras atmosféricas y superficies, se concluye que la técnica permitió discretizar (tanto de día como de noche) la pluma de cenizas y de SO₂ respecto a la nubosidad presente en el dominio y a su vez discrimina entre los distintos tipos de esta última.

Es de destacar la eficiencia de las técnicas propuestas en eventos de erupciones de intensidad débil o moderada considerados en este trabajo ya que los mismos requieren de una rápida identificación que pueda ayudar a los tomadores de decisiones, principalmente en la aeronavegación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dra. Salio Paola y Lic. Cancelada Maite por sus sugerencias y acompañamiento en la realización de este trabajo.

CITAS Y REFERENCIAS

Prata A. J.,1989b: “Infrared radiative transfer calculations for volcanic ash clouds”

Prata A. J.,2009: “Satellite detection of hazardous volcanic clouds and the risk to global air traffic”

Gary P. Ellrod, et al.,2003: “Improved detection of airborne volcanic ash using multispectral infrared satellite data”.

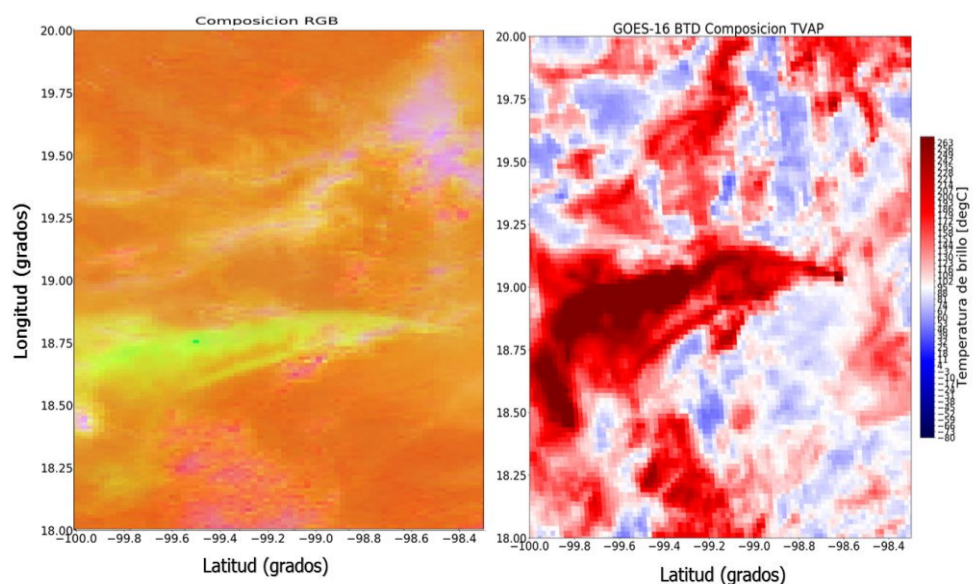


Figura 1. RGB(izq.) y composición TVAP(der.) del caso diurno volcán Popocatepetl