

DETECCIÓN DE NUBES DE CENIZA VOLCÁNICA Y SO₂ UTILIZANDO DATOS DEL SENSOR ABI A BORDO DEL SATÉLITE GOES-16

Diana Marina Rodríguez², Juan Augusto Díaz^{1, 2}, Micaela Maurizi³, Luciano Vidal², Soledad Osores²

dmr@smn.gob.ar

¹Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas (UNLP)

²Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

³Universidad de Buenos Aires (UBA)

Palabras clave: Ceniza volcánica, ABI, VAAC

1) INTRODUCCIÓN

La dispersión de ceniza volcánica representa un riesgo para la navegación aérea, requiriendo metodologías satelitales para su detección (Casadevall, 1994a, b; Prata, 2009). Para identificar nubes de ceniza volcánica, se han desarrollado metodologías basadas en la combinación de bandas térmicas satelitales (Watson y otros, 2004; Pavolonis y otros, 2013). Osores y otros, (2015) exploraron la clasificación de ceniza mediante diferencias de temperatura de brillo entre bandas (BTD, del inglés Brightness Temperature Difference) siguiendo a Prata (1989b, a), Pavolonis y otros, (2020). El objetivo de este trabajo es presentar una metodología mejorada para la clasificación de píxeles mixtos que contienen ceniza volcánica y SO₂, a partir del uso de cinco bandas térmicas del sensor ABI a bordo de satélite GOES-16. Los resultados de este trabajo contribuirán a la labor de vigilancia y verificación del VAAC Buenos Aires.

2) DATOS Y METODOLOGÍA

Siguiendo con la metodología de Rodríguez y otros (2021), Guéhenneux y otros (2015) se calcularon las diferencias de temperatura de brillo BTD_(C13-C15), BTD_(C11-C13) y BTD_(C10-C09) utilizando datos del sensor ABI a bordo del satélite GOES-16 de la NOAA con una resolución espacial de 2 km. Posteriormente se combinaron las BTD, sumado al producto Clear Skies Mask (CSM) para ensayar tres métodos de clasificación de ceniza volcánica. El análisis se centró en la nube de ceniza del volcán Ubinas (Perú) para tres escenas del 19 y 20 de julio de 2019. Los umbrales utilizados en los tres métodos de clasificación se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1: Umbrales M2B, M3B y M5B.

Criterio	Categoría	Condición
M2B	Ceniza	$[BTD_{(C13-C15)} \leq 0.0K] \& [CSM=1]$
	No ceniza	$[BTD_{(C13-C15)} > 0.0K] \& [CSM=0]$
	Incierto	Todo lo que no se encuentre incluido en las dos condiciones de arriba y CSM=1
M3B	Ceniza 1	$[BTD_{(C13-C15)} \leq -0.7K] \& [BTD_{(C11-C13)} \geq -1.2K] \& [CSM=1]$
	Ceniza 2	$[-0.7K < BTD_{(C13-C15)} \leq 1.0K] \& [BTD_{(C11-C13)} \geq -0.1K] \& [CSM=1]$
	No ceniza	Todo lo que no se encuentre incluido en las dos condiciones de arriba y CSM=0
	Incierto	Todo lo que no se encuentre incluido en las tres condiciones de arriba y CSM=1
M5B	Ceniza 1	$[BTD_{(C13-C15)} \leq -0.7K] \& [BTD_{(C11-C13)} \geq -1.2K] \text{ or } (BTD_{(C10-C09)} \leq 0.0K)] \& [CSM=1]$
	Ceniza 2	$[-0.7K < BTD_{(C13-C15)} \leq 1.0K] \& [BTD_{(C11-C13)} \geq -0.1K] \text{ or } (BTD_{(C10-C09)} \leq 0.0K)] \& [CSM=1]$
	No ceniza	No incluido en CENIZA 1 y 2 and $[CSM=0]$
	Incierto	No incluido en CENIZA 1 y 2 and $[CSM=1]$

3) RESULTADOS

Los resultados aquí mostrados se centran en la escena correspondiente al de 19 de julio del 2019 a las 18:00 UTC (Fig. 1). En esta figura las categorías mostradas en los paneles (b) a (d) son CENIZA 1 (rojo), CENIZA 2 (naranja), NO CENIZA (blanco) e INCIERTO (gris).

En el M2B (Fig. 1b), la categoría CENIZA detecta la nube volcánica, coincidiendo con los tonos magenta brillante, naranja y amarillos del RGB de ceniza (Fig. 1a), pero no con los píxeles magenta claro al sudeste del volcán. La categoría INCIERTO (Fig. 1b) filtra píxeles en la región árida, aunque persisten falsas alarmas en el Océano Pacífico.

El M3B (Fig. 1c) mejora la detección al sudeste del volcán con las categorías CENIZA 1 y CENIZA 2, pero no capta los píxeles al este de la nube que sí detectaba el M2B. Sin embargo, filtra más píxeles en la región árida. En el M5B (Fig. 1d), CENIZA 1 y CENIZA 2 detectan la nube volcánica y su mezcla con SO₂ en distintos niveles de la estratosfera, incluyendo los píxeles al este que el M3B no detectaba y la categoría INCIERTO filtra más píxeles en la región árida que el M3B.

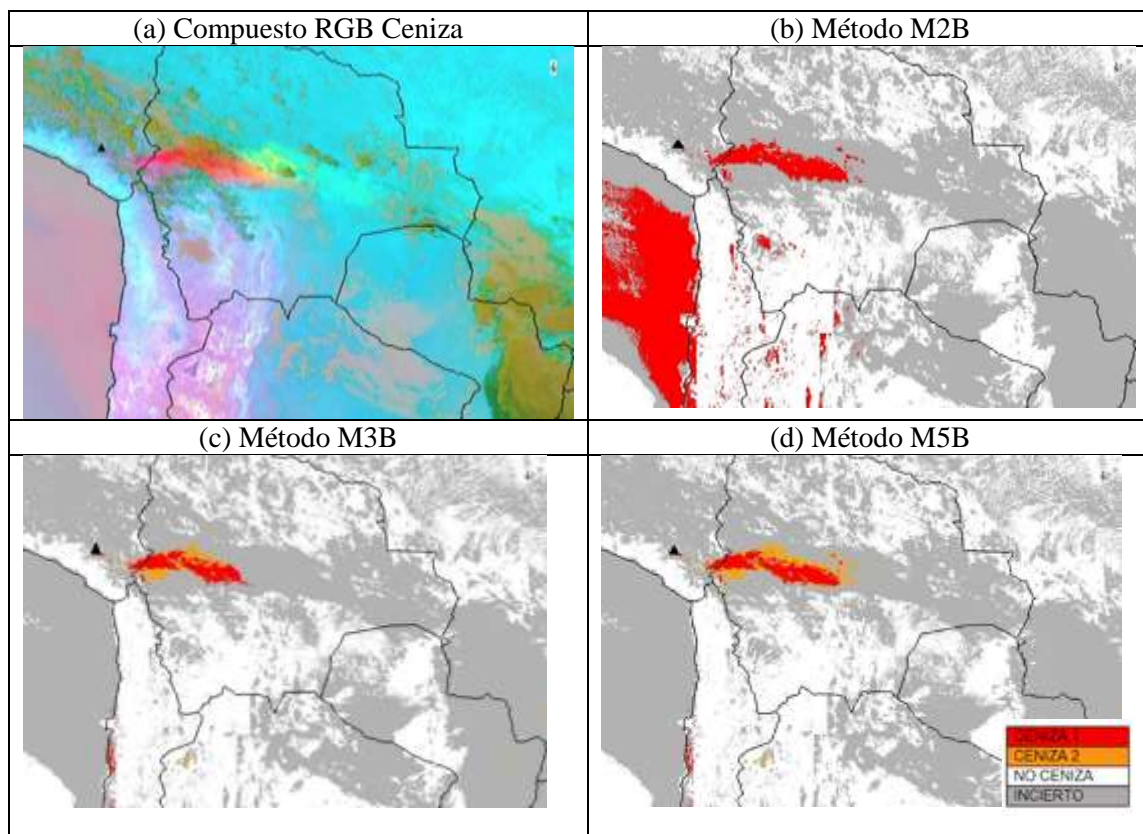


Figura 1: (a) Imagen RGB Ceniza ABI/GOES-16 para el día 19/7/2019 a las 18:00 UTC. La ubicación del Volcán Ubinas se indica con un triángulo negro, (b) Método M2B. (c) Método M3B. (d) Método M5B. Categorías “Ceniza 1” (rojo), “Ceniza 2” (naranja), “no ceniza” (blanco) e “incierto” (gris).

4) CONCLUSIONES

Los resultados muestran que el método M2B sobrestima la presencia de ceniza, generando falsas alarmas en regiones áridas y oceánicas. M3B mejora al incluir nuevas (BTD), permitiendo detectar píxeles mixtos, pero sigue sin identificar píxeles con solo ceniza. No obstante, reduce falsas alarmas y añade una nueva categoría de ceniza no contemplada en M2B.

M5B logra el mejor desempeño al detectar más píxeles de la nube de ceniza y minimizar falsas alarmas.

La incorporación del producto CSM mejora los tres métodos al eliminar falsas alarmas en zonas áridas e identificar píxeles inciertos. La detección es más efectiva en escenas diurnas, mientras que en la nocturna la nubosidad y el menor espesor óptico dificultan la identificación de ceniza. Si bien los resultados son prometedores, el M5B debería utilizarse en combinación con el algoritmo clásico de detección de cenizas (BTD (C13-C15)), para considerar no solo los píxeles mixtos sino también aquellos que contienen únicamente ceniza volcánica y que el M5B filtra. Asimismo, para reducir las falsas alarmas producidas por los suelos áridos el M5B resulta una buena alternativa.

REFERENCIAS

Casadevall, T.J., 1994a: The 1989/1990 eruption of Redoubt volcano Alaska: impacts on aircraft operations. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 62 (30), 301–316, [http://dx.doi.org/10.1016/0377-0273\(94\)90038-8](http://dx.doi.org/10.1016/0377-0273(94)90038-8).

Casadevall, T.J., 1994b: Volcanic ash and aviation safety. *Proceedings of the First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety.* USGS Bull 2047, p. 450.

Guéhenneux, Y., Gouhier, M., Labazuy, P., 2015: Improved space borne detection of volcanic ash for real-time monitoring using 3-Band method. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 293, 25-45.

Pavlonis, M. J., A. K. Heidinger, y J. Sieglaff, 2013: Automated retrievals of volcanic ash and dust cloud properties from upwelling infrared measurements. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, **118** (3), 1436–1458, doi:<https://doi.org/10.1002/jgrd.50173>.

Pavlonis, M. J., J. M. Sieglaff, y J. L. Cintineo, 2020: Chapter 10 - remote sensing of volcanic ash with the goes-r series. *The GOES-R Series*, S. J. Goodman, T. J. Schmit, J. Daniels, y R. J. Redmon, Eds., Elsevier, 103–124, doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814327-8.00010-X>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012814327800010X>.

Prata, A.J., 2009: Satellite detection of hazardous volcanic clouds and the risk to global air traffic. *Nat. Hazards* 51 (2), 303–324.

Prata, A.J., 1989a: Observations of volcanic ash clouds using AVHRR-2 radiances. *Int. J. Remote Sens.* 10 (4–5), 751–761, <http://dx.doi.org/10.1080/01431168908903916>.

Prata, A.J., 1989b: Radiative transfer calculations for volcanic ash clouds. *Geophys. Res. Lett.* 16 (11), 1293–1296, <http://dx.doi.org/10.1029/GL016i011p01293>.

Rodriguez, D., L. Vidal y S. Osoros, 2021: Algoritmo de identificación de nubes de ceniza volcánica en imágenes satelitales - Parte 1: sensor VIIRS. *Nota Técnica SMN* 2021-116. <http://hdl.handle.net/20.500.12160/1758>

Watson, I. M., Realmuto, V. J., Rose, W. I., Prata, A. J., Bluth, G. J., Gu, Y., Yu, T., 2004: Thermal infrared remote sensing of volcanic emissions using the moderate resolution imaging spectroradiometer. *Journal of volcanology and geothermal research*, 135(1-2), 75-89.

Osoros, S., G. Toyos, G. Pujol, J. Ruiz, E. Collini, y A. Folch, 2015: Mass loadings of the 2011 cordón caulle volcanic ash clouds. a quantitative comparison between modis and numerical simulations. IUGG-IAVCEI General Assembly.