

ALGORITMO DE CLASIFICACIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA EN IMÁGENES SATELITALES PARA EL SENSOR VIIRS

Diana Rodríguez, Luciano Vidal y Soledad Osoreo
 dmr@smn.gov.ar
 Servicio Meteorológico Nacional

RESUMEN

La dispersión de cenizas volcánicas en la atmósfera, originadas por erupciones o por resuspensión posterior de depósitos de ceniza volcánica, provoca impactos ambientales y afecta las actividades humanas a distintas escalas. A través de sensores remotos es posible el monitoreo y seguimiento de las nubes de ceniza volcánica. En este trabajo se presenta un ensayo de metodología satelital utilizando tres bandas infrarrojas del sensor VIIRS a bordo del satélite NOAA-20 para la clasificación de píxeles con ceniza volcánica tomando como caso de estudio la erupción del Volcán Ubinas (Perú) para el día 19 de julio del 2019. Estos resultados podrían contribuir como herramienta de análisis y verificación en el Centro de Aviso de Cenizas Volcánicas Buenos Aires (VAAC por sus siglas en inglés).

ANTECEDENTES

A lo largo de estas últimas décadas se han desarrollado a nivel internacional diversas metodologías para la clasificación de ceniza volcánica, combinando bandas térmicas y utilizando diferentes instrumentos a bordo de distintos satélites que fueron evaluadas para distintas erupciones volcánicas (Rose y otros, 2001; Dean y otros, 2003; Tupper y otros, 2004). A nivel local, Osoreo y otros (2015) y Rodríguez y otros (2019) exploraron metodologías de clasificación de ceniza volcánica basadas en técnicas de diferencia de temperatura de brillo entre bandas (BTD, del inglés *Brightness Temperature Difference*) para su detección siguiendo a Prata (1989a,b) en combinación con la temperatura de la superficie terrestre. En dichos trabajos se estudió la utilización de diferentes umbrales para la detección de ceniza durante las erupciones del Complejo volcánico Puyehue Cordón Caulle en 2011 y Calbuco en 2015. El objetivo de este trabajo es presentar una metodología mejorada para la clasificación de píxeles de ceniza volcánica a partir de 3 bandas térmicas basada en satélites polares para una posterior automatización.

DATOS Y METODOLOGÍA

- Datos satelitales: NOAA-20, sensor (VIIRS), del 19 de Julio de 2019 a las 17:56 UTC, obtenida de CLASS NOAA.
- Bandas utilizadas: M14 (8.55 μm), M15 (10.763 μm) and M16 (12.013 μm).
- Diferencia de temperatura de brillo: $BTD_{M15-M16}$ y $BTD_{M14-M15}$
- La metodología de 3 bandas térmicas propuesta por Guéhenneux et al. (2015) se adaptó para el sensor VIIRS y se comparó con el método de 2 bandas o Split Windows.

- Soporte metodológico: RGB True Color (Fig. 1) y RGB Ash (Fig. 4a).
- Generación de transectas: Para determinar los umbrales que se utilizaron en la clasificación. (Fig. 2) y (Fig. 3).
- Se identificaron los píxeles con presencia de ceniza volcánica y se utilizó un algoritmo booleano basado en BTD para la clasificación.
- Se realizaron tres experimentos de clasificación con el objetivo de minimizar las falsas alarmas.

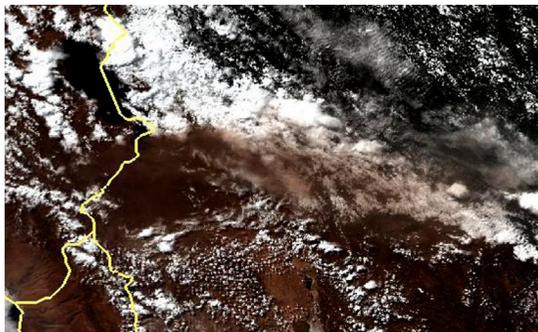


Fig. 1 Imagen RGB True color [M4, M5, M6] correspondiente al sensor VIIRS/NOAA-20 para el día 19 de Julio de 2019 a las 17:56 UTC.

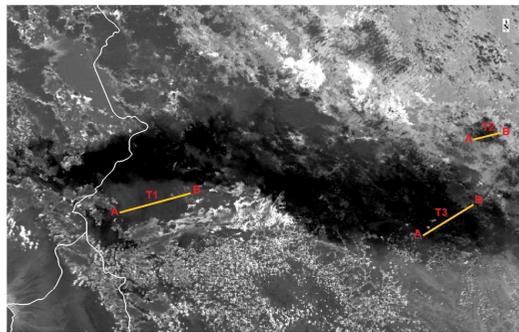


Fig. 2 Imagen BTD para las bandas M15 y M16 correspondiente al sensor VIIRS/NOAA-20 para el 19 de julio de 2019 a las 17:56 UTC. Las transectas analizadas T1, T2 y T3 se indican en amarillo. Las letras A y B indican el inicio y el final de cada transecta.

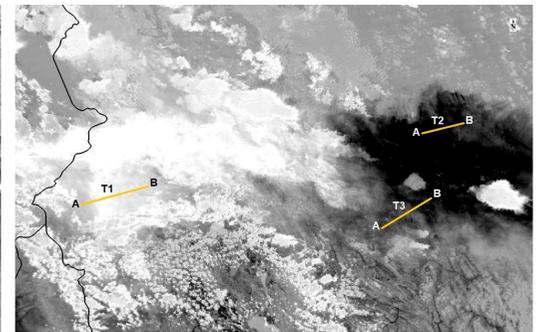


Fig. 3 Idem Fig. 2 para la BTD entre las bandas M14 y M15.

RESULTADOS

- Umbrales utilizados para los 3 métodos de clasificación (Tablas 1 a 3).
- El experimento M3B1 (Fig. 4c) muestra una mejora con respecto a M2B (Fig. 4b) reduciendo las falsas alarmas fuera del polígono azul. Sin embargo, no consideró algunos píxeles detectados como ceniza dentro del polígono y agregó otros píxeles clasificados como ceniza fuera del mismo.
- La imagen M3B2 (Fig. 4d) agrega una condición y mejora el método de clasificación dentro del polígono, pero respecto del método M3B1 agrega píxeles clasificados como "Ceniza 2" fuera del polígono.
- Para cuantificar el desempeño del método de 3 bandas en los experimentos M3B1 y M3B2 se realizó una comparación con los resultados obtenidos con el método de 2 bandas (M2B), utilizando una tabla de contingencia.
- Se calcularon los siguientes índices:
 Probabilidad de detección ($POD = \frac{aciertos}{aciertos+perdidos}$), Tasa de falsas alarmas ($FAR = \frac{falsa\ alarma}{aciertos+falsa\ alarma}$) y Error sistemático ($Bias = \frac{aciertos+falsa\ alarma}{aciertos+perdidos}$), para los experimentos (Tabla 4).

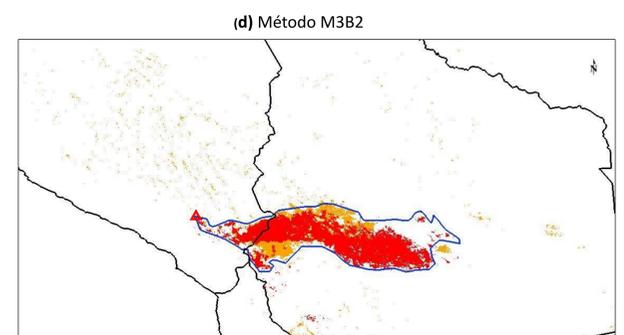
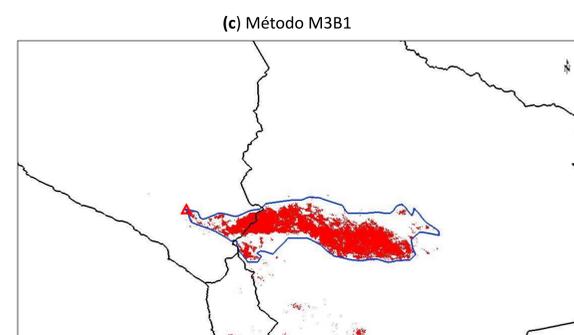
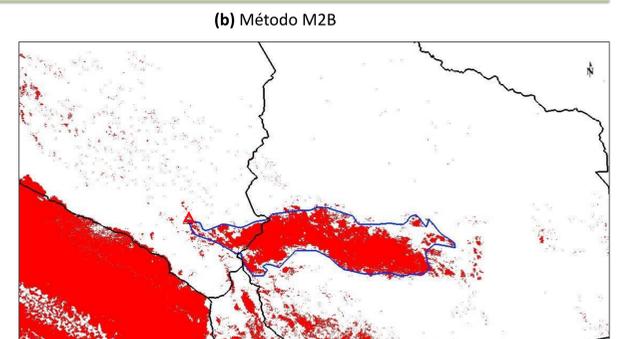
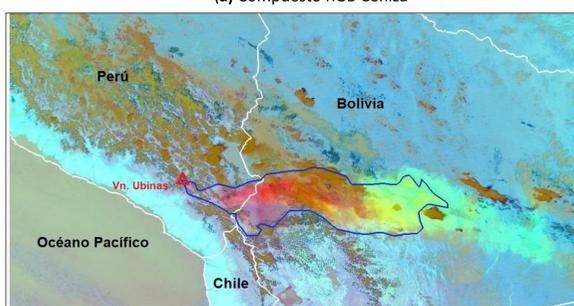


Figura 4: (a) Imagen RGB Ceniza correspondiente al sensor VIIRS/NOAA-20 para el día 19/7/2019 a las 17:56 UTC. La ubicación del volcán Ubinas se indica con un triángulo rojo. El contorno azul corresponde al borde de la nube de ceniza volcánica determinada visualmente por un experto. (b) Método M2B. (c) Método M3B1. (d) Método M3B2. La categoría "Ceniza 1" se muestra en rojo mientras la "Ceniza 2" en naranja.

Tabla 1: Umbrales del experimento M2B. Tabla 2: Umbrales del experimento M3B1.

CATEGORÍA	CONDICIÓN	CATEGORÍA	CONDICIÓN 1	CONDICIÓN 2
Ceniza	$BTD_{M15-M16} < 0K$	Ceniza	$BTD_{M15-M16} \leq -0.6K$	$BTD_{M14-M15} \geq -9K$
No ceniza	$BTD_{M15-M16} \geq 0K$	No ceniza	$BTD_{M15-M16} > -0.6K$	$BTD_{M14-M15} < -9K$

Tabla 3: Umbrales del experimento M3B2.

CATEGORÍA	CONDICIÓN 1	CONDICIÓN 2
Ceniza 1	$BTD_{M15-M16} \leq -0.6K$	$BTD_{M14-M15} \geq -9K$
Ceniza 2	$-0.6K < BTD_{M15-M16} \leq +0.1K$	$BTD_{M14-M15} \geq -1.2K$
No ceniza	$BTD_{M15-M16} > +0.1K$	$BTD_{M14-M15} < -9K$

Tabla 4: Resumen de los índices para evaluar la calidad de las clasificaciones

Experimento	POD	FAR	Bias
M2B	0,72	0,79	3,4
M3B1	0,52	0,04	0,53
M3B2	0,67	0,14	0,78

El método de 2 bandas (M2B) en términos del POD muestra el mejor desempeño con un valor de 0,72 ya que tiene menor cantidad de píxeles determinados como "perdidos", la FAR es de 0,79 indicando una mayor estimación de falsas alarmas respecto del resto de los experimentos, esto reside en las extensas áreas de nubosidad que fueron clasificadas como ceniza. Luego, los dos experimentos basados en el método de 3 bandas (M3B1 y M3B2) muestran un mejor desempeño de FAR y Bias.

CONCLUSIONES

Los resultados encontrados son alentadores, siendo el método de 3 bandas (M3B2), el que mejor desempeño presenta ya que logra incluir una gran parte de los píxeles clasificados visualmente como ceniza al mismo tiempo que descarta gran parte de las falsas detecciones. Los valores umbrales de clasificación están condicionados al contraste del suelo, ya que la señal de la BTD M15-M16 se amplifica o disminuye en función de las características del suelo (árido y/o desértico en esta región de la Cordillera de los Andes). Con el objeto de avanzar en una futura implementación del algoritmo de manera automática, es necesario ampliar el número de eventos de modo tal de darle más robustez a los resultados. Además, es importante remarcar que es necesario incluir diferentes zonas geográficas de modo tal de abarcar distintas condiciones de suelo, ya que afectan los umbrales de clasificación debido al poco contraste entre la nube de ceniza y el suelo árido y/o desértico característico de los Andes en estas latitudes. En paralelo se está trabajando en adaptar la metodología propuesta con el sensor ABI a bordo del satélite GOES-16.

REFERENCIAS

- Dean, K.G., Dehn, J., Papp, K., Smith, S., Izbekov, P., Peterson, R., Kearney, C., Steffke, A., 2003: Integrated satellite observations of the 2001 eruption of Mt. Cleveland Alaska. J. Volcano. Geotherm. Res. 135, 51-73, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2003.12.013>.
- 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.
- Osoreo, S., Toyos, G., Pujol, G., Ruiz, J., Collini, E., Folch, A., 2015: Mass loadings of the 2011 Cordón Caulle volcanic ash clouds. A quantitative comparison between MODIS and numerical simulations. IUGG-IAVCEI General Assembly, Praga.
- 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/10.1080/014311689089093916>.
- Prata, A.J., (1989b): Radiative transfer calculations for volcanic ash clouds. Geophys. Res. Lett. 16 (11), 1293-1296. <http://dx.doi.org/10.1029/G1016101p1293>.
- Rodríguez, D.M., Bolzi C., Rossi Lopardo, M.S., Osoreo, S., Maciel, S., 2019: Assay of satellite methodology for volcanic ash classification: Calbuco volcano case. AMS 100 2019 Joint Satellite Conference, September 28 - October 04, 2019 Boston, USA.
- Tupper, A., Carn, S., Davey, J., Kamada, Y., Potts, R., Prata, F., Tokuno, M., 2004: An evaluation of volcanic ash cloud detection techniques during recent significant eruptions in the western "Ring of Fire". Remote Sens. Environ. 91, 27-46, <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2004.02.004>.
- <https://www.avi.dass.noaa.gov/saa/products/welcome>

AGRADECIMIENTOS: Especialmente a Lucas Ezequiel Barros, por su ayuda en la edición de imágenes.

