

METODOLOGÍA OBJETIVA PARA LA DETECCIÓN DE ÁREAS DE TORMENTA MEDIANTE UN ÍNDICE MULTISENSOR CON DATOS DEL SATÉLITE GOES-16

Luciano Vidal¹, Maria Paula Hobouchian¹

lvidal@smn.gob.ar

¹Servicio Meteorológico Nacional (SMN), Argentina

Palabras clave: GOES-16, tormentas, aeronáutica.

1) INTRODUCCIÓN

La observación y clasificación de nubes a partir de datos de satélite ha sido una herramienta clave desde hace décadas para comprender mejor los procesos de formación y desarrollo de las nubes y sus fenómenos asociados. Dentro de los diferentes tipos de nubes, las nubes convectivas (en especial las asociadas a convección profunda) son de las más estudiadas debido a los fenómenos meteorológicos de alto impacto social y económico asociados, como precipitaciones intensas, granizo, vientos fuertes y actividad eléctrica, entre otros. Una metodología por excelencia utilizada para estudiar este tipo de nubes a partir de información satelital ha sido la denominada Split-Window Difference (SWD) o de diferencias de temperaturas de brillo (BTD, por sus siglas en inglés) en dos bandas espectrales. No obstante, Liu et al. (2015) propusieron el índice NDCI (Normalized Difference Convection Index), que combina datos de un canal infrarrojo y un canal de vapor de agua, con el fin de detectar zonas de convección profunda en los tifones del océano Pacífico. Los resultados mostraron que en zonas de poca nubosidad, en la parte externa o en el ojo del tifón, los valores de NDCI fueron mayores a cero, mientras que en zonas con nubes opacas y convección profunda, el índice tomó valores negativos. Por su parte, Wu et al. (2016) mediante el análisis de correlaciones espaciales y temporales entre la temperatura de toques en $10.8 \mu\text{m}$ y las BTDs $12.0\text{-}10.8 \mu\text{m}$ y $6.7\text{-}10.8 \mu\text{m}$, les permitió generar un modelo conceptual del ciclo de vida de la convección, como base de un índice de nubes convectivas. El objetivo general del presente trabajo es avanzar en el uso de técnicas multispectrales y multisensor que permitan mejorar la identificación objetiva de nubosidad convectiva profunda (áreas de tormenta) relevante para la seguridad operacional de los aeropuertos y las aerolíneas.

2) DATOS Y METODOLOGÍA

Los datos utilizados corresponden a los sensores ABI (Advanced Baseline Imager) y GLM (Geostationary Lightning Mapper) a bordo del satélite GOES-16 y fueron accedidos desde <https://registry.opendata.aws/noaa-goes>. También se utilizaron datos del radar meteorológico Doppler polarimétrico banda C RMA1 ubicado en la Ciudad de Córdoba propiedad de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. La metodología aplicada consistió en la selección de un conjunto de eventos convectivos en el área de las Sierras de Córdoba durante el experimento RELAMPAGO/CACTI (Nesbitt et al., 2021). En estos casos se llevó a cabo un análisis de BTDs siguiendo la metodología propuesta por Wu et al. (2016) para luego definir un índice satelital de convección profunda (ISCP), el cual fue validado utilizando la información provista por el radar RMA1. A partir del índice, se evaluó su relación con GLM con el objetivo de mejorar la detección de las regiones con presencia de nubosidad de gran desarrollo vertical, minimizando las falsas detecciones asociadas por ejemplo a Cirrus espesos. Este producto final se denomina TS-GOES.

3) RESULTADOS

Las cuatro BTDs seleccionadas para desarrollar el producto resultaron ser las siguientes:

- IR9.6 - IR13.3 (O₃ menos CO₂)
- IR9.6 - IR10.3 (O₃ menos IR limpio)
- WV6.2 - IR.10.3 (Vapor de niveles altos menos IR limpio)
- WV6.2 - WV7.3 (Vapor de niveles altos menos vapor de niveles bajos)

Luego, a partir de su análisis se propuso el siguiente índice:

$$ISCP = k_{9,6-10,3} \text{BTD}_{9,6-10,3} + k_{6,2-7,3} \text{BTD}_{6,2-7,3} + c$$

donde los valores de k son los coeficientes de peso para cada BTD y c es una constante que representa el valor del índice cuando ambas BTDs son igual a 0°C (BT_{9,6}=BT_{10,3}=BT_{6,2}=BT_{7,3}). Se tomaron los siguientes valores: $k_{9,6-10,3}=1$, $k_{6,2-7,3}=0.5$ y $c=5$. Luego, en la figura 1 se muestra el índice resultante.

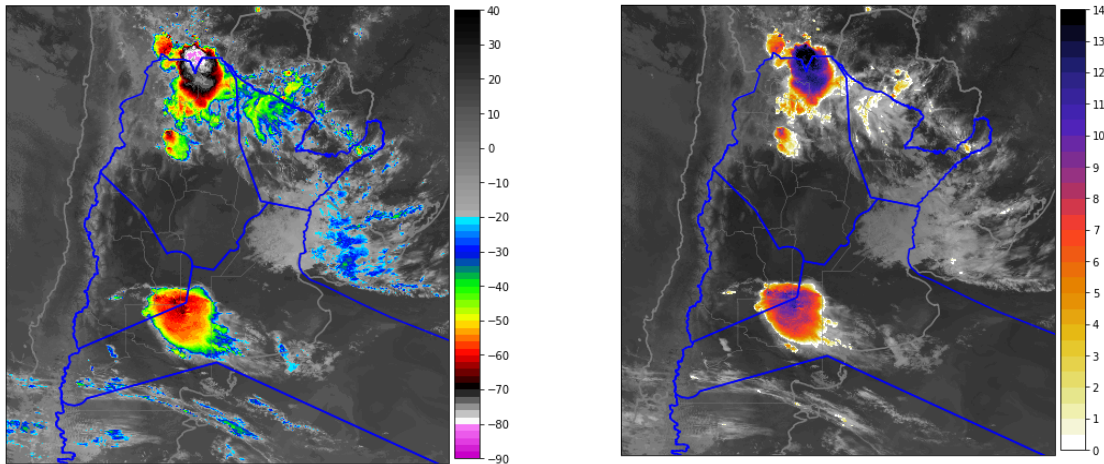


Figura 1: Imagen de temperatura de topes nubosos del 26/1/2023 a las 01:30 UTC (izq.) y su correspondiente índice ISCP (der.). En contornos azules se muestran las regiones FIR.

A partir del índice ISCP, se aplicó un proceso de segmentación de la imagen utilizando un umbral de 0 (Fig. 2 izq.) para luego utilizar la variable “flashes” de GLM para descartar todos aquellos objetos que no tuviesen actividad eléctrica asociada (Fig. 2 der.). El producto final TS-GOES se muestra en la Figura 3.

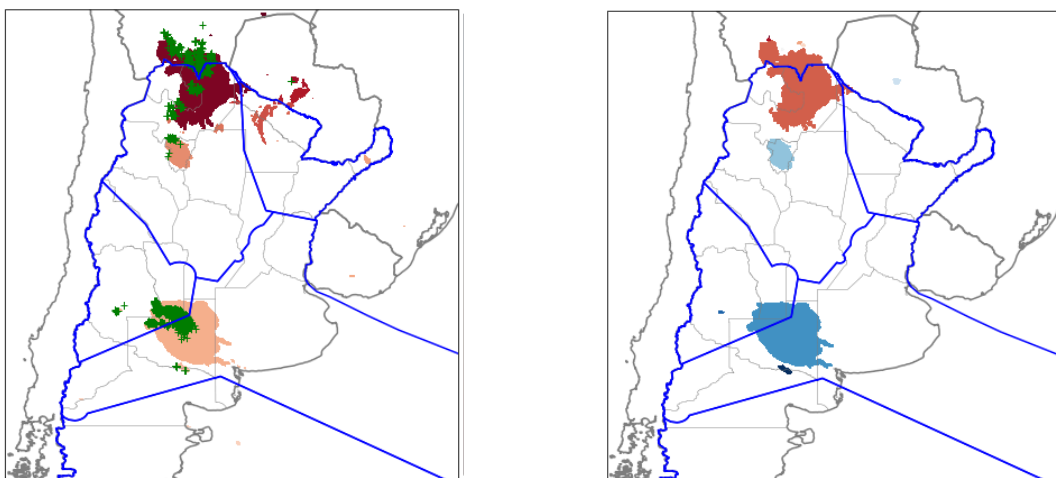


Figura 2: Imagen ISCP con flashes de GLM en verde (izq.) e imagen filtrada (der.).

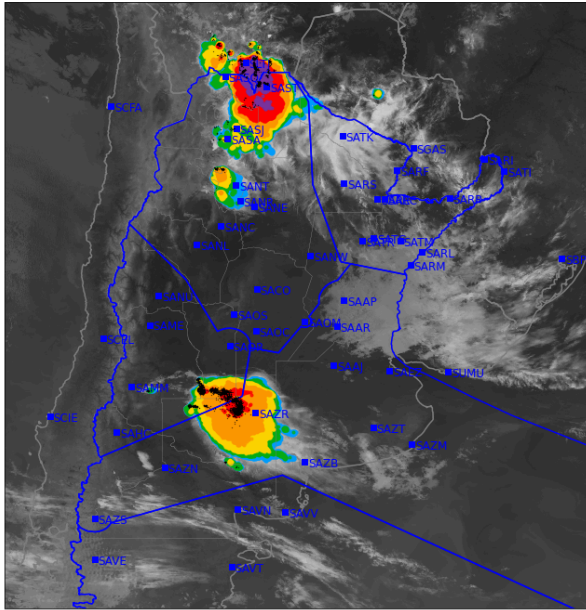


Figura 3: Producto TS-GOES (sombreado en colores), imagen IR 10.3 (sombreado en gris), aeropuertos (puntos azules), regiones FIR (contornos azules) y flashes de GLM (puntos negros).

4) CONCLUSIONES

El producto TS-GOES propuesto se basa en el índice ISCP que combina 4 canales del sensor ABI (6.2, 7.3, 9.6 y 10.3 μm) y busca resaltar las regiones con presencia de nubosidad convectiva espesa. A este índice se le suma información de actividad eléctrica provista por el sensor GLM también disponible en GOES-16 a fin de minimizar las falsas detecciones asociadas por ejemplo a nubosidad alta espesa (ej., cirrus). Los resultados obtenidos son muy alentadores siendo un producto de gran utilidad para el monitoreo en tiempo real de las áreas activas con tormenta, relevantes para la industria aerocomercial y su seguridad operacional. Además, resulta ser un producto útil con gran potencial para un proceso de automatización de SIGMET por tormentas.

Agradecimientos

A la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación por el uso de los datos generados por el radar RMA1 ubicado en la Ciudad de Córdoba y que forma parte de la red SINARAME.

REFERENCIAS

- Chung-Chih Liu, Tian-Yow Shyu, Tang-Huang Lin, Chian-Yi Liu, 2015:** Satellite-derived normalized difference convection index for typhoon observations. J. Appl. Rem. Sens. 9(1) 096074 <https://doi.org/10.1117/1.JRS.9.096074>
- Nesbitt, S. W., and Coauthors, 2021:** A Storm Safari in Subtropical South America: Proyecto RELAMPAGO. Bull. Amer. Meteor. Soc., 102, E1621–E1644, <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-20-0029.1>.
- Wu, Q., Wang, H., Zhuang, Y., Lin, Y., Zhang, Y., & Ding, S., 2016:** Correlations of Multispectral Infrared Indicators and Applications in the Analysis of Developing Convective Clouds, Journal of Applied Meteorology and Climatology, 55(4), 945-960.