

CONCENTRACIÓN DE HIELO FLOTANTE EN EL MAR DE WEDDELL POR MEDIO DE IMÁGENES SAR

Constanza SALVÓ, Héctor SALGADO, Beatriz LORENZO, Álvaro SCARDILLI y Federico CLAUS

cssalvo@hidro.gov.ar

Servicio de Hidrografía Naval

RESUMEN

La concentración de los hielos flotantes antárticos interesa tanto para investigación y monitoreo del cambio climático global, como para planificación y operación de la navegación polar. Los Radares de Apertura Sintética (SAR) satelitales permiten obtener información de la cobertura del hielo sobre extensas superficies de manera continua y programada. En este trabajo se ensayaron dos métodos de clasificación supervisada de imágenes SAR Sentinel-1 para detectar la concentración de hielo en el mar de Weddell, generando un procedimiento con enfoque práctico a ser aplicado bajo situaciones operativas. La performance de la clasificación alcanzó en las mediciones preliminares de la última Campaña Antártica una precisión general del 70%.

ABSTRACT

Antarctic floating ice concentration is of interest for research and monitoring of global climate change, as well as for the planning and operation of polar navigation. Synthetic Aperture Radars (SAR) allow obtaining information about the ice cover on large extensions in a continuous and programmed manner. In this work, two supervised classification methods of SAR Sentinel-1 images were tested to detect ice concentration in the Weddell Sea, generating a procedure with a practical approach to be applied under operational situations. The classification performance reached a general precision of 70% in the Antarctic Campaign preliminary measurements.

Palabras clave: Hielo Flotante, Radar de Apertura Sintética (SAR), Métodos de clasificación.

1) INTRODUCCIÓN

La superficie de los mares antárticos se encuentra cubierta parcialmente por hielo flotante, tanto de origen terrestre (témpanos, etc.), como marino (bandejones, etc.), adosado a la costa o a la deriva por viento o corrientes oceánicas (Rott *et al.*, 2012; Dierking, 2013). La presencia de hielo marino, su formación y descongelamiento interviene en la transferencia de energía océano-atmósfera, formando parte de las variables esenciales del clima (GCOS, 2016). A su vez, su localización en alta resolución es fundamental para ayuda a la navegación polar y logística antártica.

Una herramienta que permite obtener información del hielo bajo inadecuadas condiciones de luminosidad y nubosidad, frecuentes en altas latitudes, es el Radar de Apertura Sintética (Synthetic Aperture Radar SAR). Se trata de un sensor activo que emite pulsos de radiación electromagnética en el rango de las microondas (Onstott, 1992; Onstott & Shuchman, 2004), y recibe una respuesta dependiente de las propiedades físico-químicas (dieléctricas, etc.) y de la rugosidad de la superficie, midiéndose mediante el coeficiente de retrodispersión (Onstott, 1992).

Diversas técnicas han sido utilizadas para la clasificación del hielo marino a partir de imágenes SAR utilizando diferentes métodos de clasificación (Zakhvatkina *et al.*, 2012; Leigh *et al.*, 2014; Laanemäe, 2017), e incorporando información de polarimetría y frecuencias de los radares (Matsuoka *et al.*, 2001; Wakabayashi *et al.*, 2004; Geldsetzer & Yackel, 2009). En este trabajo se determinó la concentración de hielo marino (% de superficie cubierta por hielo – Ice Concentration “IC”) en el S del Mar de

Weddell, en las cercanías a la base antártica Argentina Belgrano II, partir de imágenes SAR con la finalidad de generar un método operativo de clasificación reconociendo distintas concentraciones de hielo marino y discriminando aquellas áreas con aguas abiertas de relevancia para la navegación.

2) MÉTODO

Se emplearon seis imágenes de radar de Sentinel-1 (Banda C, polarización HH) en el S del Mar de Weddell (Latitud media 77°S; Longitud media 40°W). Luego de su procesamiento (calibración, filtro Speckle, corrección geométrica), se realizaron clasificaciones supervisadas de las mismas utilizando los métodos Random Forest (RF) y Support Vector Machine (SVM), ambos algoritmos de ‘machine learning’, que no requieren supuestos a priori en las distribuciones estadísticas (Wegmann *et al.*, 2016). Las clases de interés fueron: “1” $IC < 1/10$ de hielo; “2” $1/10 < IC < 8/10$; “3” $IC > 8/10$ y campo de hielo 10/10. Estas clases fueron obtenidas del análisis de las categorías resultantes de una previa clasificación no supervisada, contando con datos “in situ” captados por buques y con datos de condiciones meteorológicas registradas en estaciones antárticas. Las clasificaciones resultantes fueron evaluadas, y, se obtuvieron sus respectivos parámetros de ajuste, precisión y sensibilidad.

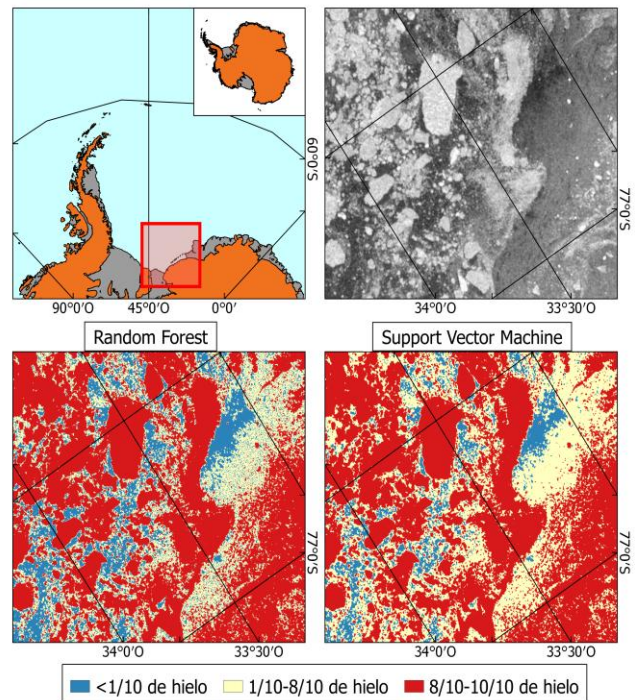


Figura 1: Área de estudio y sector de imagen Sentinel-1 analizada, mostrando resultado de clasificación con Random Forest y Support Vector Machine.

3) RESULTADOS y DISCUSIÓN

La precisión general resultó del orden del 70%, observándose diferencias en la sensibilidad de los métodos en asignar las distintas categorías (Fig.1). SVM mostró mayor sensibilidad a la clase “2”, en 16% aproximadamente, con respecto a RF. Ambos métodos mostraron valores superiores al 80% de sensibilidad en asignar la categoría

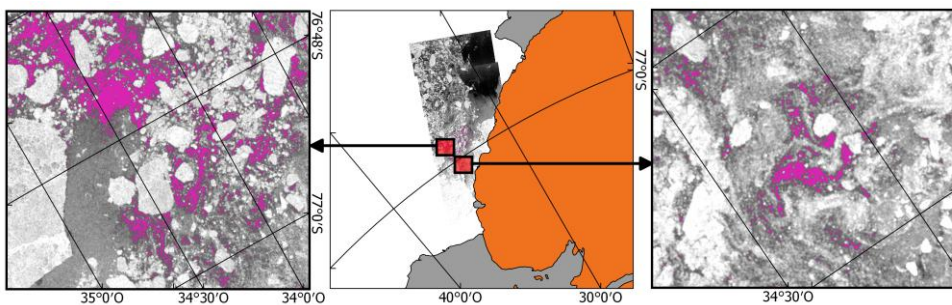


Figura 2: Imagen con área clasificada en concentración de hielo menor a 1/10 asignada por ambos métodos (en violeta).

A los fines de elegir rutas de navegación con menor IC, el área de la clase “1” común para ambos métodos resultó de interés operativo (Fig.2). Se observa con este estudio preliminar, que la metodología de clasificación alcanzada permite explorar alternativas de navegación antártica de manera semi-automática. Se prevé continuar con su aplicación en otras frecuencias de radar (banda X) e incorporar polarización cruzada (HV), priorizando la optimización del tiempo de procesamiento de las imágenes.

REFERENCIAS

- Dierking W., 2013:** Sea ice monitoring by synthetic aperture radar. *Oceanography* 26 (2), 100-111.
- GCOS, 2016:** The global observing system for climate: implementation needs. GCOS-200 (GOOS-214). World Meteorological Organization, 2016.
- Geldsetzer T. & Yackel J. J., 2009:** Sea ice type and open water discrimination using dual co-polarized C-band SAR. *Canadian Journal of Remote Sensing* 35(1),73-84.
- Laanemäe K., 2017:** Estimation of sea ice extent from Sentinel-1 radar data in Estonian coastal sea. Master's thesis. Tallinn University of Technology. School of Science, Department of Marine Systems.
- Leigh S., Wang, Z., Clausi, D. A., 2014:** Automated Ice-Water Classification Using Dual Polarization SAR Satellite Imagery. – *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 52 (9), 5529-5539.
- Matsouka T., Uratsuka, S., Satake, M., Kobayashi, T., Nadai, A., Umehara, T., Maeno, H., Wakabayashi, H., Nakamura, K., Nishio, F., 2001:** CRL/NASDA airborne SAR (Pi-SAR) observations of sea ice in the Sea of Okhotsk. *Annals of Glaciology* 33(1), 115-119.
- Onstott R. G. 1992:** SAR and Scatterometer Signatures of Sea Ice. In *Microwave Remote Sensing of Sea Ice*. F. D. Carsey (Ed.). Vol 68, Chapter 5, 73-104.
- Onstott R. G. & R. A. Shuchman, 2004:** SAR measurements of sea ice. In *Synthetic Aperture Radar: Marine User's Manual*, edited C. R. Jackson and J. R. Apel (eds.), *Synthetic Aperture Radar Marine User's Manual*. NOAA, Washington, DC, pp. 81-115.
- Rott H., Nagler, T., & Malenovsky, Z., 2012:** SEN4SCI – Assessing product requirements for the scientific exploitation of the Sentinel missions: The science needs for cryosphere Sentinel 1-2-3 products. Report Remote Sensing Laboratories, University of Zurich.
- Wakabayashi H., Matsouka, T., Nakamura, K., Nishio, F. 2004:** Polarimetric Characteristics of Sea Ice in the Sea of Okhotsk Observed. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 42 (11), 2412-2425.
- Wegmann, M., Leutner, B. and Dech, S. 2016:** *Remote Sensing and GIS for Ecologists: Using Open Source Software*. Exeter: Pelagic Publishing, UK.
- Zakhvatkina N. Y., Alexandrov, V. Y., Johannessen, O. M., Sandven, S., Frolov, I. Y. 2012:** Classification of sea ice types in ENVISAT synthetic aperture radar images. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on* 51 (5), 2587-2600.