

MONITOREO DE LA SUPERFICIE CUBIERTA POR NIEVE EN LA CUENCA DEL RÍO CHUBUT MEDIANTE EL NDSI DE MODIS Y DATOS IN SITU DISPONIBLES DURANTE EL INVIERNO DE 2024

Silvana Carina Bolzi¹, Cam Cordoba Fradinger¹, Gonzalo Martin Diaz^{1,2}, María Eugenia Bontempi¹, Carolina Cerrudo¹
cbolzi@smn.gob.ar

¹Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

²Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires (DCAO-FCEN-UBA)

Palabras clave: Snow cover, cobertura nivea, teledetección

1) INTRODUCCIÓN

La cubierta de nieve tiene una gran influencia en el ciclo hidrológico durante el invierno y la primavera en gran parte de la superficie terrestre (Dozier y otros, 2008). El alto albedo de la nieve altera el balance de radiación superficial, su baja difusividad térmica aísla el suelo, y la superficie se vuelve húmeda y fría ante los flujos de calor y humedad. La importancia de monitorear la capa de nieve a escala local, regional y global, así como para aplicaciones climáticas e hidrológicas, se ha documentado en numerosos estudios y, para la Patagonia, resulta esencial. El monitoreo diario de la capa de nieve requiere un algoritmo robusto que pueda proporcionar resultados precisos en todas las condiciones espaciales y temporales. El algoritmo y los productos de datos de cobertura de nieve (NDSI NASA) del Espectrorradiómetro de Imágenes de Resolución Moderada (MODIS, por sus siglas en inglés) del satélite TERRA, ya tradicional, se han utilizado ampliamente. En este caso, se estudió la cuenca del Río Chubut y en un futuro extenderlo a todas las cuencas de la región, ya que el deshielo estacional contribuye significativamente al caudal de las mismas.

La cuenca del Río Chubut nace en la región cordillerana de las provincias de Río Negro y Chubut, y luego cruza la provincia de Chubut de oeste a este hasta desembocar en el océano Atlántico, en Bahía Engaño. En su recorrido, se subdivide en numerosos brazos y sus aguas son encauzadas en dos canales principales, Norte y Sur. El agua del río es utilizada para la agricultura, ganadería, minería y para consumo humano, provee a más del 50 % de la población de la provincia de Chubut. Si bien más del 80 % del agua se produce en la cabecera de cuenca, el uso del agua mayoritario se realiza en la parte baja de la cuenca (Pessacg y otros, 2023).

En este trabajo se analizan las imágenes de índice de nieve de diferencia normalizada (NDSI, por sus siglas en inglés) del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), de ahora en más NDSI SMN, el NDSI NASA de MODIS, los datos disponibles de estaciones in situ de la red del SMN y los datos de almacenaje de agua diario, con el objetivo de encontrar un modelo estadístico que permita completar series in situ a partir de información satelital. Y contribuir a mejorar las técnicas de monitoreo de nieve en regiones del sur de Argentina con escasez de datos in situ.

2) METODOLOGÍA

La nieve suele tener una reflectancia muy alta en el visible (VIS) y una reflectancia muy baja en el infrarrojo de onda corta (SWIR), una característica comúnmente utilizada para detectar la nieve y distinguirla de la mayoría de los tipos de nubes. La capacidad de detectar la capa de nieve se basa en la diferencia normalizada de la reflectancia de la nieve entre el VIS y el SWIR: cuanto mayor sea la diferencia en el VIS-SWIR, mayor será el valor del NDSI. El NDSI para MODIS es:

$$NDSI = \frac{VIS - SWIR}{VIS + SWIR} \quad (1)$$

dónde: VIS es la banda 4 (0.55 μm) y SWIR es la banda 6 (1.6 μm).

El rango teórico del NDSI es de -1.0 a 1.0, entonces se considera que un píxel con un valor de NDSI menor a 0.0 representa una superficie terrestre sin nieve y si el píxel tiene valores mayores o iguales a 0.0 indican presencia de nieve o hielo. El NDSI NASA de MODIS se basa en el NDSI y el algoritmo aplica filtros para reducir las detecciones de nieve erróneas o marcar las detecciones de nieve inciertas. Los valores de NDSI en la variable NDSI_Snow_Cover se escalan al rango de 0 a 100 en el algoritmo, con otras características identificadas por valores de máscara y luego se escriben en la variable (Riggs y otros, 2019). El NDSI SMN se calcula utilizando las reflectancias del producto MOD09GA de MODIS y el NDSI NASA, con el producto MOD10A1 de MODIS; ambos productos tienen una resolución espacial de 500m. Los cálculos se realizan mediante un script en JavaScript utilizando la plataforma Google Earth Engine.

Se analizaron los datos de altura de nieve, frecuencia de días con nieve y tiempo presente de las estaciones meteorológicas que limitan o están dentro de la cuenca del Río Chubut: Bariloche Aero, El Bolsón Aero, Esquel Aero, Paso de Indios, Trelew Aero, Perito Moreno Aero y Comodoro Rivadavia Aero. También se analizaron datos de almacenaje de agua diario calculados de acuerdo con la metodología del Balance Hídrico Operativo para el Agro (BHOA) (Fernández Long y otros, 2012) de las mismas estaciones antes mencionadas.

3) RESULTADOS

Comparando el NDSI SMN con el NDSI NASA (Figura 1) en el procesamiento se pudo corroborar que este último carece de información en la mayor parte de la cuenca o enmascara como nube a la nieve porque la climatología del algoritmo carece de esa información. Se observa en el gráfico correspondiente al mes de julio del 2000 al 2024 que los valores del NDSI SMN son superiores a los del NDSI NASA en prácticamente todos los años. En julio de 2024 nevó en gran parte de la cuenca, el NDSI NASA arroja que un 9 % del total de la superficie de la cuenca estaba cubierta por nieve y el NDSI SMN, un 32 %; lo mismo sucede en 2001, la cuenca estaba cubierta en un 95 % por nieve según el NDSI SMN y el NDSI NASA da un 12%.

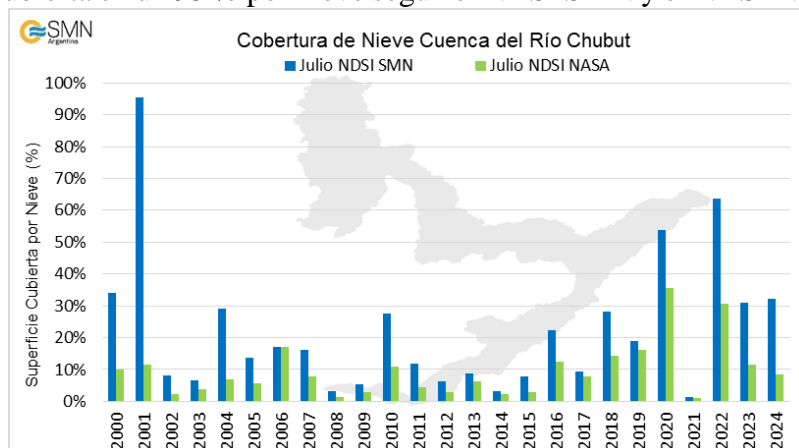


Figura 1. Gráfico comparativo de superficie cubierta por nieve entre el NDSI SMN (barras en azul) y NDSI NASA (barras en verde)

En los mapas de la Figura 2 se muestra el promedio para el mes de julio/2024 de ambos NDSI y se observa que el NDSI NASA no tiene información en el centro-sur de la cuenca, mientras que el NDSI SMN muestra información en toda la cuenca, acorde a la imagen promedio falso color RGB (mapa de la izquierda en Figura 2).

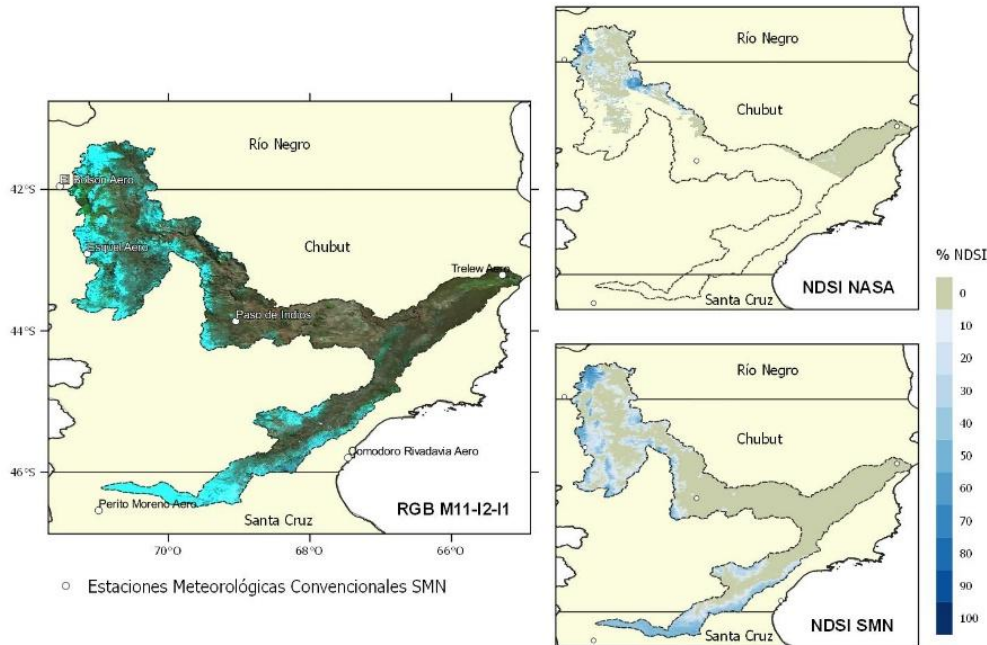


Figura 2. Imagen RGB falso color (izquierda), NDSI NASA (derecha arriba) y NDSI SMN (derecha abajo), correspondientes al promedio de julio de 2024.

El análisis estadístico de la frecuencia de días con nieve en la estación Paso de Indios y Esquel, ambas dentro de la cuenca y con la mejor continuidad en el dato, para los meses de junio, julio y agosto (período invernal) desde el año 2000 al 2024, reveló una correlación baja entre la cobertura de nieve obtenida por satélite (NDSI SMN) y las observaciones terrestres, con un R^2 de 0,23 con Paso de Indios y de 0,35 con Esquel. La correlación entre ambos NDSI fue moderada, con un R^2 de 0,43. Del análisis de los datos de altura de nieve y de almacenaje de agua diario no se obtuvieron resultados relevantes en esta primera instancia.

4) CONCLUSION

Los productos de NDSI NASA de MODIS para la región Patagonia sur y en época invernal se han ido degradando en los últimos años, no brindando información o brindando información errónea, se analizará dar continuidad al producto con los datos de cobertura de nieve del radiómetro de imágenes infrarrojas visibles (VIIRS), conjunto de datos similar a MODIS y datos que han sido revisados significativamente por la NASA desde el año 2012.

REFERENCIAS

- Dozier J., T.H. Painter, K. Rittger, and J.E. Frew, 2008.** Time-space continuity of daily maps of fractional snow cover and albedo from MODIS. *Advances in Water Resources*, 31, 11, 1515-1526.
- Fernández Long M.E., Spescha L., Barnatán I. y Murphy G., 2012:** Modelo de balance hidrológico operativo para el agro (BHOA). *Agronomía y Ambiente*, vol. 32, 1-2.
- Pessacg N., Liberoff A., Rimoldi P., Salvadores F., Díaz L., Brandizi L., Alonso Roldán V., Rius P, Kaless G., Flaherty S., Hernández M., Pascual M., 2023:** Grupo técnico del comité de cuenca del Río Chubut: experiencia y aprendizajes, *Libro-resumenes-CONAGUA2023*, 06, 814-815.
- Riggs George A., Dorothy K. Hall, Miguel O. Román, 2019.** MODIS Snow Products, collection 6.1, user guide, version 1.0, 1-66.