

# ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE LA DEPOSICIÓN POTENCIAL DE AEROSOLES ATMOSFÉRICOS Y EL CAUDAL DEL RÍO MENDOZA EN LA SUBCUENCA TUPUNGATO EN LA PROVINCIA DE MENDOZA, ARGENTINA

Romina Ma. PASCUAL FLORES<sup>1,2</sup>, Tomás Rafael BOLAÑO-ORTIZ<sup>1,2</sup>,  
Ma. Florencia, RUGGERI<sup>1,3</sup>, Ana Isabel LOPEZ NOREÑA<sup>1,2</sup>, Rafael Pedro FERNANDEZ<sup>1,2,4</sup>, Enrique S.  
PULIAFITO<sup>1,2</sup>

[rominapascual@gmail.com](mailto:rominapascual@gmail.com)  
[tomas.bolano@frm.utn.edu.ar](mailto:tomas.bolano@frm.utn.edu.ar)

<sup>1</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

<sup>2</sup>Grupo de Estudios de la Atmósfera y el Ambiente (GEAA, UTN-FRM)

<sup>3</sup>Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA)

<sup>4</sup>FCEN-UNCUYO

## RESUMEN

La principal fuente de agua en los Andes Centrales es la fusión de la nieve acumulada en la estación invernal. El impacto de los cambios de albedo en nieve y su relación con el deshielo de primavera es una preocupación importante debido a que la cantidad y el momento en que la fusión se produce, son factores críticos en la determinación del recurso hídrico. Con el objeto de analizar la relación entre los aerosoles atmosféricos y la escorrentía generada por el deshielo en la subcuenca Tupungato del río Mendoza, se utilizaron datos de sensoramiento remoto de albedo en nieve (Alb), profundidad óptica de aerosoles (AOD) y temperatura superficial terrestre (LST) obtenidos desde el instrumento Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) a bordo del satélite Terra de la NASA y caudales medio diario (Q) de la red hidrológica nacional (RHN). Se analizaron dos eventos consecutivos en octubre de 2003. Los resultados muestran que AOD y Q tienen un comportamiento directamente proporcional y LST es inversamente proporcional a AOD en los días 19 y 23 de octubre de 2003. Esta relación estaría indicando que un aumento de aerosoles atmosféricos en la nieve, aumenta la absorción de radiación solar y, por ende, se genera una mayor fusión del agua en estado sólido, causando un importante impacto sobre el recurso hídrico disponible para el ecosistema y actividades antrópicas que se abastecen de esta cuenca.

## ABSTRACT

The main source of water in the Central Andes is the melting of snow accumulated in the winter season. The impact of albedo changes on snow and its relationship with spring thaw is a major concern because the quantity and timing of snow melting are critical factors in determination of water resources. In order to analyze the relationship between atmospheric aerosols and runoff generated by the melting of the Tupungato sub-basin of the Mendoza River, remote sensing data of albedo in snow (Alb), optical aerosol depth (AOD) and terrestrial surface temperature (LST) were used, obtained from the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) instrument aboard NASA's Terra satellite and average daily flow (Q) of the national hydrological network. Two consecutive events were analyzed in October 2003. The results show that the AOD and Q have a directly proportional behavior and the LST inversely proportional to the AOD on October 19 and 23, 2003. This relationship would indicate that an increase in atmospheric aerosols in snow, increases the absorption of solar radiation and, therefore, a greater fusion of water in solid state is generated, causing an important impact on the water resource available to the ecosystem and anthropic activities that are supplied from this basin.

**Palabras clave:** Albedo en nieve, LST, AOD, caudal, río Mendoza

## 1. INTRODUCCIÓN

Varios estudios han evaluado una posible influencia del material particulado antrópico suspendido tanto en el balance radiativo terrestre (IPCC, 2007), como también sobre los ciclos hidrológicos en zonas de alta montaña (Ramanathan et al, 2001). En especial, el hollín o negro de humo (black carbon: BC) producto de la combustión incompleta de biomasa o combustibles fósiles, depositado en la superficie de los glaciares podría estar reduciendo el albedo en nieve (Odelle et al, 2012; Gardner y Sharp, 2010; Flanner et al, 2007) como resultado de la redistribución de la radiación solar incidente por ondas de longitud corta y las emisiones infrarrojas de las partículas de BC depositadas.

Diferentes estudios realizados en esta zona muestran que existe una relación entre los aerosoles y el albedo en nieve (Bolaño et al, 2015a; Bolaño et al, 2015b), siendo los aerosoles responsables de 21% de la reducción del albedo en nieve durante la primavera sobre la cuenca del río Mendoza (Bolaño et al, 2017). En estos trabajos se analizaron diferentes parámetros de sensoramiento remoto en Los Andes Centrales de Argentina y Chile para el periodo 2000 – 2016. Por ende, se parte de la base de que a menor albedo y mayor AOD en nieve se acelera la velocidad de fusión de

la nieve. Asimismo, aumenta la escorrentía de agua (Q) producto del deshielo de la nieve, generando las variaciones del ciclo hidrológico de la subcuenca estudiada. Con este objeto, en este trabajo se realizó un análisis de dos eventos para ver la variabilidad temporal de Alb, LST, AOD y Q en la subcuenca Tupungato del Río Mendoza que cuenta con 290,78km<sup>2</sup> de superficie total cubierta con hielo distribuidos en 596 geoformas inventariadas (IANIGLA, 2018).

## 2. METODOLOGÍA Y RESULTADOS

Se tomaron datos promedio diario para la semana del 18 al 25 de octubre de 2003 para Alb, AOD y LST en pixeles, con 100% de cobertura de nieve para evitar ruido por datos en tierra desnuda y Q medido aguas abajo de la subcuenca Tupungato en Punta de Vacas.

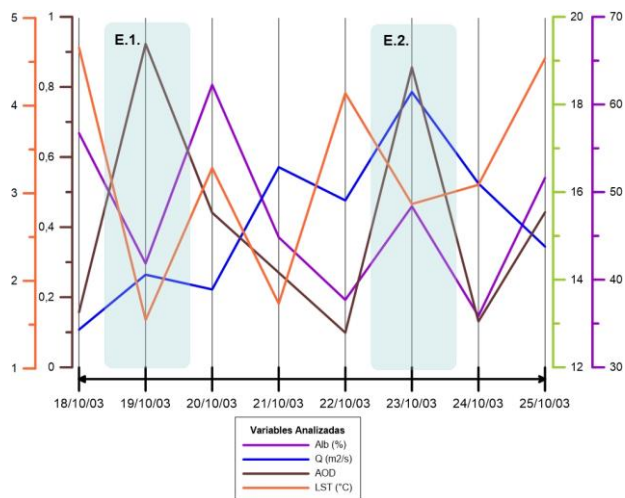


Figura 1: Comparación de Alb, Q, AOD y LST para los días analizados

La figura 1 muestra los resultados obtenidos al analizar dos eventos ocurridos en la semana indicada. Se puede observar que los días 19 de octubre (E.1.) y 23 de octubre (E.2.) se producen incrementos de valores de AOD, disminución de LST y aumento de Q. Asimismo, el día 20 de octubre sube la LST, baja el AOD, aumenta el Alb y baja el Q. Se aplicó un análisis de varianza con un factor (ANOVA) de base de datos histórica (2000-2016), con la finalidad de determinar si los datos observados presentan alguna igualdad o diferencia en el comportamiento grupal. Los resultados expresan la variabilidad y, por ende, la anomalía de los valores analizados, por lo cual se estima que existe otro parámetro, como los aerosoles atmosféricos, que están causando un forzamiento. (Kiehl and Briegleb, 1993), Estos aerosoles medidos como AOD, están mostrando un comportamiento directamente proporcional al Q.

## 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados muestran una relación entre los aumentos de AOD y la escorrentía para los eventos analizados, indicando así la importante influencia que tienen los aerosoles atmosféricos en la velocidad de fusión de la nieve en esta subcuenca. Finalmente se hace notar que esta investigación pretende continuar analizando mayor población temporal a una mejor escala temporal con la finalidad de poder encontrar relaciones más concluyentes entre las variaciones de los parámetros analizados.

## 4. REFERENCIAS

- Bolaño-Ortiz, T. R., Allende, D. G., Pascual Flores, R. M., Ruggeri, M. F., Puliafito, S. E., & Lakkis, S. G., 2017: Potential deposition of atmospheric aerosols on the snow and albedo reduction in the Mendoza river basin, Argentina. iLEAPS International Science Conference, Oxford, United Kingdom.
- Bolaño-Ortiz, T. R., Allende, D. G., Pascual Flores, R. M., Ruggeri, M. F., Puliafito, S. E., & Lakkis, S. G., 2015: Estudio de las variaciones de nieve en los períodos invierno-verano en los Andes Centrales. Avances en Energías Renovables y Ambiente. Volumen: 2015 Editorial: ASADES
- Bolaño-Ortiz, T.R., Allende, D.G., Ruggeri, M.F., Pascual Flores, R.M., Puliafito, S.E., Lakkis, S.G., 2015: Estudio de las variaciones en el albedo de nieve y glaciares en los Andes Centrales, in: Allende, D.G., Puliafito, S.E., Panigatti, M.C. (Eds.), Contaminación Atmosférica E Hídrica En Argentina-Tomo III: Contribuciones de La V Reunión Anual PROIMCA Y III Reunión Anual PRODECA. pp. 211–226. ISBN 978-950-42-0163-2.
- Flanner, M. G., C. S. Zender, J. T. Randerson, and P. J. Rasch., 2007: Present-day climate forcing and response from black carbon in snow, J. Geophys. Res., 112, D11202, doi:10.1029/2006JD008003.
- Gardner, A. S., and M. J. Sharp, 2010: A review of snow and ice albedo and the development of a new physically based broadband albedo parameterization, J. Geophys. Res., 115, F01009, doi: 10.1029/2009JF001444.
- Kiehl, J. T. and Briegleb, B. P., 1993: The Relative Roles of Sulfate Aerosols and Greenhouse Gases in Climate Forcing. Science, 260, 5106, 311–314, doi:10.1126/scienc.260.5106.311.
- IANIGLA, 2018: Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales. Inventario Nacional de Glaciares (ING). Informe de la subcuenca del río Tupungato, Cuenca del río Mendoza.
- IPCC. Climate Change, 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.
- Odelle L. Hadley, ThomasW. Kirchstetter, 2012: Black-carbon reduction of snow albedo. Nature climate change. VOL 2. 437-440.
- Ramanathan V., Crutzen P., Kiehl J., Rosenfeld, D., 2001: Aerosols, climate and the hydrological cycle, Science, 294, 2119.