

CLIMATOLOGÍA Y CAMBIOS DE LA COBERTURA NUBOSA TOTAL EN EL NORESTE ARGENTINO A PARTIR DE MEDICIONES DE SUPERFICIE

Nadia Testani^{1,2,3}, Federico A. Robledo^{1,2,3}, Leandro B. Diaz^{1,2,3}
nadia.testani@cima.fcen.uba.ar . Nadia Testani.

¹Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los océanos (FCEyN, UBA)

²Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CONICET-UBA)

³Instituto Franco-Argentino para el Estudio del Clima y sus Impactos (IRL 3351 IFAECI).
(CNRS – IRD – CONICET – UBA)

Palabras clave: cambio climático, observaciones, nubosidad

1) INTRODUCCIÓN

La nubosidad es una variable clave del sistema climático ya que tiene un rol importante en el balance de energía y en el ciclo hidrológico, tanto a escala global como local (Ramanathan et al., 1989; Stevens and Bony, 2013). Por ejemplo, cambios climatológicos en la cobertura nubosa (CN) pueden forzar cambios a largo plazo en la temperatura máxima y mínima (Jovanovic y otros, 2011). Al mismo tiempo, la respuesta de la CN al aumento de los gases de efecto invernadero representa una de las mayores fuentes internas de incertidumbre en los modelos climáticos (Bony et al. 2006). Sin embargo, los estudios sobre nubosidad son mucho menos usuales que estudios referidos a otras variables como la temperatura o precipitación.

En las últimas décadas, se han estudiado patrones de cambios a gran escala de nubosidad. Por ejemplo, se ha observado un decrecimiento lento pero constante en la cantidad de nubosidad global con los cambios más importantes en regiones de latitudes medias (Warren y otros, 2007; Norris y otros, 2016; Karlsson y otros, 2018). Sin embargo, hay pocos estudios que exploran las particularidades de esos cambios en Sudamérica (SA) y no existen estudios que exploren estos cambios, ni la climatología de la CN, en el Noreste Argentino (NEA).

Las observaciones de CN en superficie del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) resultan ser el registro más largo de cobertura nubosa en el NEA. A su vez, tienen un gran valor para la validación de datos de nubosidad derivados de productos satelitales (Jovanovic y otros, 2011) disponibles desde finales de la década de 1970. Así, en este trabajo se estudia la climatología y los cambios en la CN en el NEA en base a datos de nubosidad de superficie.

2) DATOS Y METODOLOGÍA

En Argentina, la CN es estimada visualmente por observadoras y observadores meteorológicos en estaciones de superficie del SMN. La CN está definida como la fracción de cielo cubierto por nubes a cualquier altura y se estima en octas ($\frac{1}{8}$ de cielo). Un cielo totalmente nublado se registra como ocho octas, mientras que un cielo totalmente despejado se registra como cero octas. Estas estimaciones tienen una incertidumbre asociada a la subjetividad de quien observa: cada observación particular presenta un grado de incertidumbre de alrededor de ± 1 octa. Excepciones a esto son los dos extremos: cero y ocho octas, en los que la incertidumbre está muy atenuada (Calbó, 2016).

Para caracterizar a la nubosidad en el NEA, se cuenta con los datos de CN media diaria en ocho estaciones del SMN disponibles entre enero de 1961 y noviembre de 2021. A partir de estos datos, se calcula la frecuencia relativa mensual de CN de cada octa en todos los meses que cuenten con menos de 20% de datos faltantes. Para estudiar la climatología de la CN, se calcula la media de la

frecuencia relativa mensual de CN de cada octa entre diciembre de 1983 y noviembre de 2016 (período común con la base de datos de nubosidad satelital del Proyecto Internacional de Climatología de Nubosidad Satelital de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos). Por otro lado, para analizar el comportamiento temporal de la CN, se estudian las tendencias lineales de Theil-Sen anuales y estacionales sobre las series temporales de anomalías de la frecuencia mensual de CN agrupadas en 0, 1-2-3, 4, 5-6-7 y 8 octas (a fin de simplificar el análisis de los resultados y en base al comportamiento climatológico de estas octas). La significancia de estas tendencias se evalúa con un test de Mann-Kendall ($\alpha = 0.05$).

3) RESULTADOS

Al analizar la climatología de la frecuencia mensual de CN media diaria entre 1983 y 2016 se observa en todas las estaciones meteorológicas una mayor frecuencia de las octas cero y ocho en los

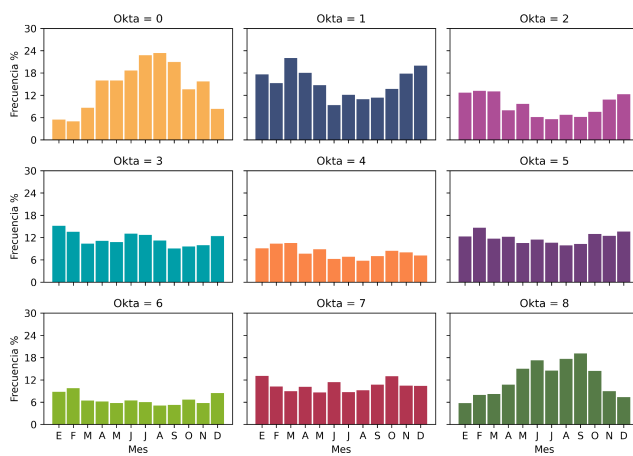


Figura 1. Climatología de la frecuencia mensual de CN media diaria (1983-2016) de Oberá-SMN.

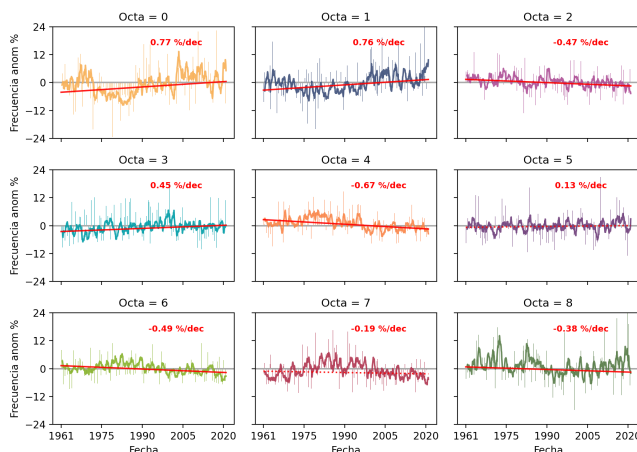


Figura 2. Anomalía de la frecuencia mensual de CN media diaria (octas) de Oberá-SMN.

meses de invierno, mientras que en verano predominan las octas intermedias (Figura 1. Estación Oberá a modo de ejemplo). Esto se podría explicar con el pasaje de sistemas frontales en invierno y una mayor actividad convectiva en verano.

Al estudiar el comportamiento temporal de la CN, se observa que los valores y la significancia de las tendencias lineales de las series de anomalías de la frecuencia mensual de CN (Figura 2. Estación Oberá a modo de ejemplo) varían entre estaciones meteorológicas (Tabla 1.). Sin embargo, se destacan algunos patrones comunes: en Roque Saenz Peña, Corrientes, Paso de los Libres y Monte Caseros, se observa un desplazamiento de las octas cero y ocho (tendencias negativas) hacia octas intermedias (tendencias positivas), en todos los casos estos cambios son significativos a excepción de Monte Caseros. En Posadas Aero, Oberá, Reconquista Aero y Concordia Aero se observa un desplazamiento de las octas mayores (tendencias negativas) hacia octas menores (tendencias positivas) lo que indica una disminución de la CN en estas estaciones, estos cambios son significativos en todas las estaciones. A su vez, se destaca

una disminución de la frecuencia de la octa ocho en todas las estaciones analizadas (significativas a excepción de Roque Saenz Peña y Monte Caseros) así como aumentos en la frecuencia de las octas 1-2-3 (significativas a excepción de Monte Caseros). Estos patrones de cambios se mantienen al analizar las tendencias por estaciones del año, excepto en otoño (marzo, abril, mayo). A su vez, las tendencias son de mayor magnitud y más significativas en invierno y verano que en otoño y primavera.

Estación (SMN)	0	1-2-3	4	5-6-7	8
Roque Saenz Peña	-0,7	0,54	0	0,48	-0,26
Corrientes	-0,63	0,52	0,24	0,36	-0,56
Posadas Aero	0,09	1,56	0	-0,78	-1,17
Oberá	0,77	0,67	-0,67	-0,54	-0,38
Reconquista Aero	0,56	0,72	0	-0,89	-0,28
Paso de los Libres Aero	-1,06	1,07	0,27	0,34	-0,74
Monte Caseros	-0,04	0,23	0,11	-0,06	-0,02
Concordia Aero	0,58	1,29	0	-1,03	-0,66

Tabla 1. Valores de la tendencia de Theil-Sen entre 1961 y 2021 para ocho estaciones del SMN del NEA. En rojo se indican las tendencias positivas y significativas ($\alpha = 0.05$), en rosa las positivas y no significativas, en verde negativas y significativas y en verde claro negativas y no significativas.

3) CONCLUSIONES

A pesar de que la nubosidad observada en superficie sea una medición influenciada por la subjetividad del observador u observadora, se evidencia una coherencia espacial en la climatología de la frecuencia mensual de CN media diaria en el NEA, con máximas frecuencias de octas cero y ocho en los meses de verano y una mayor influencia de las octas intermedias en los meses de invierno. A su vez, se destacan patrones comunes de cambio a largo plazo entre estaciones del NEA: cuatro de ellas muestran un desplazamiento de la CN de las octas cero y ocho a las octas intermedias y las otras cuatro muestran un desplazamiento de las octas mayores a las octas menores, lo que indica una disminución de la CN. Estos patrones se mantienen al analizar las tendencias por estaciones del año, excepto en otoño, y son más significativos en invierno y verano que en las estaciones intermedias.

4) AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por los subsidios UBACyT (20020170100428BA), CONICET-PIP (11220200102038CO), Belmont Forum/ANR-15-JCL/-0002-01 (Proyecto CLIMAX) y los Proyectos Interinstitucionales en Temas Estratégicos del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Nación Argentina ("Socio-ecosistema fluvial Paraná-Paraguay: estudio Argentino en el escenario de cambios globales"). Nadia Testani cuenta con una beca doctoral CONICET, Argentina.

5) BIBLIOGRAFÍA

- Bony S, Colman R, Kattsov VM, Allan RP, Bretherton CS, Dufresne JL, Hall A, Hallegatte S, Holland MM, Ingram W, Randall DA, Soden BJ, Tselioudis G, Webb MJ (2006) How well do we understand and evaluate climate change feedback processes? J Climate 19:3445–3482
- Calbó, J., Badosa, J., González, J. A., Dmitrieva, L., Khan, V., Enríquez-Alonso, A., & Sanchez-Lorenzo, A. (2016). Climatology and changes in cloud cover in the area of the Black, Caspian, and Aral seas (1991–2010): a comparison of surface observations with satellite and reanalysis products. International Journal of Climatology, 36(3), 1428-1443.
- Hahn CJ, Warren SG, London J. 1995. The effect of moonlight on observation of cloud cover at night, and application to cloud climatology. J. Clim. 8: 1429– 1446.
- Jovanovic B, Collins D, Braganza K, Jakob D, Jones DA. 2011. A high-quality monthly total cloud amount dataset for Australia. Clim. Change 108: 485– 517.
- Karlsson, K. G., & Devasthale, A. (2018). Inter-comparison and evaluation of the four longest satellite-derived cloud climate data records: CLARA-A2, ESA Cloud CCI V3, ISCCP-HGM, and PATMOS-x. Remote Sensing, 10(10), 1567.
- Norris, Joel R., et al. "Evidence for climate change in the satellite cloud record." Nature 536.7614 (2016): 72-75.
- Ramanathan V, Cess RD, Harrison EF, Minnis P, Barkstrom BR, Ahmad E, Hartmann D. 1989. Cloud-radiative forcing and climate: results from the Earth radiation budget experiment. Science 243(4887): 57–63, doi: 10.1126/science.243.4887.57.
- Stevens B, Bony S. 2013. Water in the atmosphere. Phys. Today 66: 29–34, doi: 10.1063/PT.3.2009.
- Warren, Stephen G., Ryan M. Eastman, and Carole J. Hahn. "A survey of changes in cloud cover and cloud types over land from surface observations, 1971–96." Journal of climate 20.4 (2007): 717-738.