

CLIMATOLOGÍA Y CAMBIOS DE LA CANTIDAD DE NUBOSIDAD SOBRE SUDAMÉRICA A PARTIR DE PRODUCTOS SATELITALES

Nadia Testani^{1,2,3}, Federico A. Robledo^{1,2,3}, Leandro B. Díaz^{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, ISCCP, validación

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). Sin embargo, los estudios sobre nubosidad son mucho menos usuales que estudios referidos a otras variables como la temperatura o precipitación. Esto es, en parte, por la dificultad asociada a obtener datos confiables (Sanchez-Lorenzo et al., 2012). Desde finales de la década de 1970, observaciones satelitales con cobertura global permitieron la detección de nubosidad así como el análisis de sus propiedades fundamentales (Karlsson y otros, 2018), brindando una mirada más completa de la variable.

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 (CN) 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).

En este trabajo se caracteriza a la nubosidad sobre SA en base a estimaciones satelitales del Proyecto Internacional de Climatología de Nubosidad Satelital (ISCCP, por sus siglas en inglés) de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA, por sus siglas en inglés) (Young, A. H y otros, 2017).

2) DATOS Y METODOLOGÍA

Se utiliza el producto de CN media mensual detectada a partir del espectro visible/IR de la base de datos ISCCP-H, disponible entre julio de 1983 y junio de 2017 en una grilla de 1°X1°. Se clasifican las nubes en bajas (presión en el tope de la nube -PTN- > 680 hPa), medias (440 hPa < PTN < 680 hPa) y altas (PTN < 440 hPa) siguiendo la metodología de Karlsson y otros, 2018. Con estos datos se caracteriza a la CN media mensual sobre SA a partir de los cálculos de medias y desvíos estándar estacionales y anuales sobre el período diciembre 1983 a noviembre de 2016, a fin de trabajar con la misma cantidad de estaciones del año completas. Se exploran los cambios en la CN media mensual con tendencias lineales anuales y estacionales. Estas tendencias se testean estadísticamente con un test de Mann-Kendall ($\alpha=0.05$). El análisis descrito, se extiende a la nubosidad baja, media y alta.

Por último, las series de CN media mensual (%) de ISCCP-H son comparadas con observaciones diarias de CN (octas) en ocho estaciones meteorológicas del Noreste Argentino (NEA) del Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Para esto, las series de ISCCP-H se convierten de % a octas siguiendo la metodología de Boers y otros, 2010 y las series diarias de nubosidad observada en superficie se convierten a mensuales a partir de un promedio de los datos diarios. Se construyen tablas de contingencia e histogramas anuales y estacionales en distintos períodos (1983-1999, 1999-2015 para los datos satelitales y 1967-1983, 1983-1999, 1999-2015 para los datos de superficie) para las series de nubosidad media mensual en octas agrupadas en 0, 1-2, 3-4, 5-6 y 7-8.

3) RESULTADOS

La CN sobre SA está caracterizada por una variabilidad estacional relacionada con el monzón de SA, con máximos (mínimos) en Brasil en la estación húmeda -DEF- (seca -JJA-) (Figura 1 y 2). La mayor CN sobre el continente es explicada por la nubosidad alta (Figura 1b).

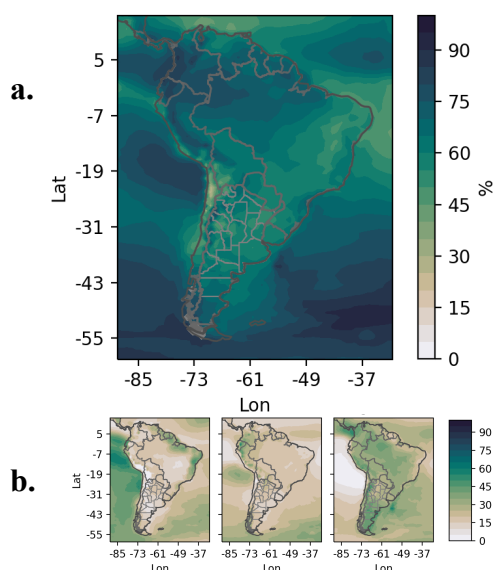


Figura 1 : Media anual de CN (dic. 1983 - nov. 2016) total (a) y por altura (b): nubes bajas (izq.), medias (centro) y altas (der.)

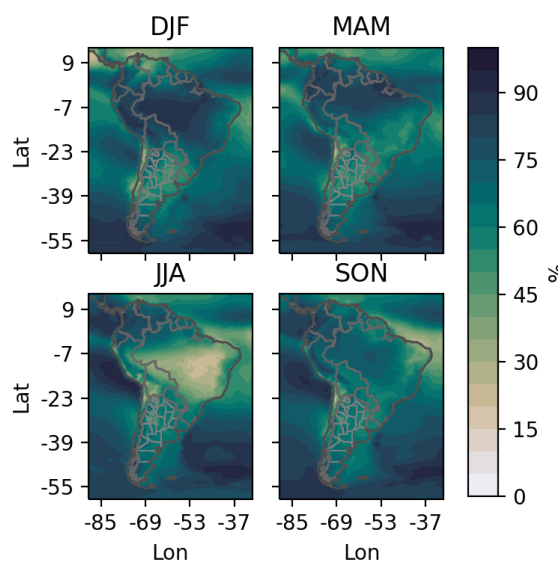


Figura 2 : Media estacional de CN total (dic. 1983 - nov. 2016)

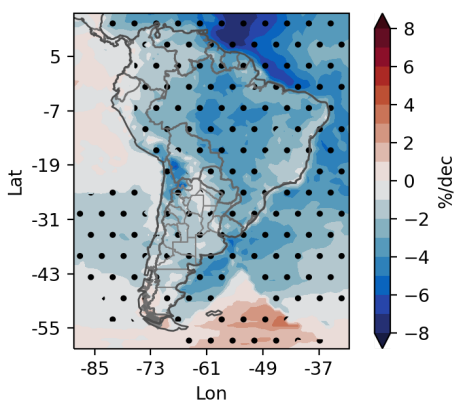


Figura 3 : Tendencia lineal de CN (dic. 1983 - nov. 2016) en % por década. En las áreas punteadas las tendencias son significativas ($\alpha = 0.05$).

La CN sobre SA está caracterizada por tendencias negativas significativas que toman valores menores a -1% por década en la mayor parte del continente. Estas tendencias son más intensas sobre Brasil (Figura 3).

Los resultados de la comparación entre los datos de nubosidad en superficie en estaciones meteorológicas del NEA y los satelitales son consistentes. Por ejemplo, para la estación Oberá (SMN) y el punto de grilla de ISCCP-H más cercano se observa que para ambas bases de datos, mayores (menores) octas son menos (más) frecuentes en los períodos más cercanos. Este comportamiento se puede ver anual-

mente y para todas las estaciones del año. A su vez, la CN mensual está desplazada hacia octas mayores en la base de datos de ISCCP-H comparado con los datos de la estación en superficie. Esto es coherente con los resultados del análisis de la tabla de contingencia en la que, por sobre 382 observaciones, ambas bases de datos dan la misma CN (octas) el 22.3% de los casos, hay una (dos) octa de diferencia en el 56.3% (19.6%) de los casos y en el 1.8% de los casos ISCCP-H sobreestima a las mediciones del SMN en más de 3 octas.

4) CONCLUSIONES

La CN de la base de datos satelitales ISCCP-H sobre SA está caracterizada por una variabilidad estacional relacionada con el monzón de SA y la mayor CN sobre el continente es explicada por la nubosidad alta. A su vez, se observan cambios a largo plazo de la CN sobre SA, con tendencias negativas y significativas sobre la mayor parte del continente.

Aunque la nubosidad observada en superficie es una medición influenciada por la subjetividad del observador u observadora, se encuentran resultados consistentes entre estas mediciones y la nubosidad satelital en el NEA. Esto sugiere que los datos satelitales estudiados podrían, aún con sus limitaciones, utilizarse para estudiar cambios a largo plazo en la nubosidad en esta región.

5) 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.

6) BIBLIOGRAFÍA

- Boers, R., De Haij, M. J., Wauben, W. M. F., Baltink, H. K., Van Ulf, L. H., Savenije, M., & Long, C. N. (2010). Optimized fractional cloudiness determination from five ground-based remote sensing techniques. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 115(D24).
- 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.
- Sanchez-Lorenzo A, Calbó J, Wild M. 2012. Increasing cloud cover in the 20th century: review and new findings in Spain. *Clim. Past* 8: 1199–1212, doi: 10.5194/cp-8-1199-2012.
- 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.
- Young, A. H., Knapp, K. R., Inamdar, A., Hankins, W., and Rossow, W. B.: The International Satellite Cloud Climatology Project H-Series climate data record product, *Earth Syst. Sci. Data*, 10, 583–593, doi.org/10.5194/essd-10-583-2018. <https://essd.copernicus.org/articles/10/583/2018/essd-10-583-2018.html>