

Impactos del Dipolo de Océano Índico en SESA y su acción combinada con El Niño Oscilación del Sur sobre el clima de Sudamérica durante la primavera

Luciano G. Andrian^{1,2}, Marisol Osman^{1,2,3}, Carolina S. Vera^{1,2,3}

luciano.andrian@cima.fcen.uba.ar.

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: Teleconexiones, precipitación, Predictibilidad Estacional

1) INTRODUCCIÓN

Los impactos y la predictibilidad estacional del El Niño Oscilación del Sur (ENSO, por sus siglas en inglés) en el clima del Sudeste de Sudamérica (SESA) son bien conocidos por la comunidad científica (Cai et al. 2020). Sin embargo, los cambios en la señal, resultantes de la combinación de ENSO con otros patrones climáticos de gran escala como el Dipolo del Océano Índico (IOD, por sus siglas en inglés) (Saji et al. 1999), han recibido menos atención. La actividad del IOD, cuyo patrón espacial está caracterizado por anomalías de signo opuesto de la temperatura superficial del mar (TSM) al este y oeste del océano Índico tropical, puede generar trenes de onda de Rossby que impacten en el clima estacional en Sudamérica (Saji y Yamagata 2003a; Saji et al. 2005; Chan et al. 2008).

En este trabajo estudiamos los impactos por separado y en conjunto de los eventos IOD y ENSO en la precipitación (PP) en SESA ocurridos en el trimestre septiembre, octubre y noviembre (SON), utilizando composiciones y regresión parcial.

2) DATOS Y METODOLOGÍAS

Para identificar los eventos ENSO y IOD se utilizó la base de datos de TSM NOAA Extended Reconstructed SST v5 (ERSSTv5). Para caracterizar la atmósfera se utilizaron datos de reanálisis ECMWF Reanalysis v5 (ERA-5) y para describir los cambios en la precipitación se utilizó la base de datos Global Precipitation Climatology Centre v2018 (GPCC). Se consideró el período de estudio 1950-2019 y el promedio trimestral de anomalías mensuales en SON.

Se utilizaron los índices Niño 3.4 (CPC) y Dipole Mode Index (DMI, Saji y Yamagata 2003a) construidos a partir de la base de datos ERSSTv5 para identificar los eventos ENSO e IOD, respectivamente ocurridos en el período considerado. A partir de estos índices se identificaron aquellos eventos que ocurrieron de manera simultánea (Simultáneos) o de manera separada (Puros), se clasificaron según el signo del índice (Niño, Niña, IOD positivo y negativo). A partir de estos eventos se realizaron composiciones de anomalías de variables atmosféricas sobre el hemisferio sur y de PP sobre SESA. También se realizó una regresión lineal parcial entre las variables antes mencionadas y los índices Niño 3.4 y DMI. La significancia de los resultados fue evaluada mediante un test t-student en el caso de las regresiones lineales y a partir del método de bootstrapping de las observaciones con 10000 repeticiones en el caso de las composiciones.

3) RESULTADOS

A partir del cálculo de los índices observados Niño 3.4 y DMI se encontró que los eventos correlacionan positivamente ($r = 0.59$ con un 99% de confianza), en acuerdo con trabajos previos (Saji y Yamagata 2003a). En general, en los casos donde se cumplen los criterios de

cada índice para ser considerados como eventos ENSO e IOD, ambos eventos ocurren en simultáneo y en fase, en menor cantidad se encuentran eventos puros y en ningún caso se encontraron eventos simultáneos en fase opuesta.

Del análisis de las composiciones de altura geopotencial en 200 hPa (hgt200) se observó que en los eventos IOD positivos puros se desarrollan trenes de onda de Rossby significativos que se propagan hacia el este desde el océano Índico tropical hacia latitudes más altas y arriban finalmente a Sudamérica. Estos trenes de onda poseen similitudes en la ubicación y la fase de las anomalías con aquellos asociados a eventos El Niño en latitudes medias y subpolares sobre el océano Pacífico sur y Sudamérica. Cuando El Niño e IOD positivo ocurren en simultáneo se encontró un aumento en la intensidad de los trenes de onda con un patrón tipo PSA (Pacific-South American Pattern) significativo. Por otro lado, las composiciones de los eventos IOD negativos puros mostraron anomalías de hgt200 con poca significancia confinadas a latitudes medias sin una propagación coherente, mientras que eventos La Niña presentan anomalías asociadas a un patrón tipo PSA opuesto al de El Niño. A diferencia de lo obtenido en los eventos positivos, cuando ocurren en simultáneo La Niña con un IOD negativo, no se observa una intensificación de la señal de La Niña en la circulación, sino dos trenes de ondas diferentes, uno que se propaga zonalmente en latitudes medias y otro que lo hace además con una componente meridional.

Para entender los mecanismos que explicarían las diferencias entre las señales observadas para eventos IOD positivos y negativos puros, se analizó las condiciones de generación y propagación de las ondas planetarias. El análisis del número de onda estacionario y de la fuente de onda de Rossby (calculados siguiendo a Osman et al. 2022) revelaron que no existe un impedimento para la propagación de ondas con componente meridional en los eventos IOD negativos, pero que la magnitud de la fuente es mucho menor que en el caso de los eventos positivos puros. Esto es coherente con la menor intensidad que suelen presentar los eventos IOD negativos (Saji 2018) lo que podría explicar que la señal observada en eventos negativos simultáneos no resulta en un refuerzo de la señal de La Niña, como se observó en el caso de El Niño.

En cuanto a los impactos en la PP en SESA asociados a eventos IOD positivos puros, a partir de las composiciones se encontraron anomalías significativas positivas de PP sobre centro-norte de Uruguay y noreste de Argentina, y anomalías significativas negativas sobre el sudeste de Brasil (hasta 20°S) y este de Paraguay. La señal de anomalías positivas de PP se ve reforzada en eventos simultáneos IOD positivos y El Niño, y su región de impacto se extiende hacia el oeste hasta el centro-norte de Argentina. Los eventos IOD negativos no poseen una señal clara en la PP, lo que es consistente con lo encontrado para las anomalías de circulación de gran escala. Las composiciones revelan anomalías significativas y positivas de PP en el noreste de Argentina, norte de Uruguay, sudeste de Paraguay y sudeste de Brasil (hasta 20°S) y son negativas en eventos IOD negativos en simultáneo con La Niña.

El análisis de las regresiones parciales, al asumir una relación lineal entre los índices y las variables, muestran la misma respuesta en hgt200 y en PP que la observada en las composiciones para eventos IOD positivos. Esto no se observa en los eventos IOD negativos para ninguna de las dos variables, contrario a lo que señalan Cai et al. (2011) que afirman una respuesta lineal de la circulación para ambas fases del evento.

4) CONCLUSIONES

El análisis de influencia por separado y conjunto de los eventos ENSO y IOD en SON dió

evidencia de sus impactos tanto en la circulación del hemisferio sur como en la PP en SESA y de cómo estos eventos pueden modular los impactos de los eventos ENSO. Nuestros resultados muestran una no linealidad en la respuesta atmosférica entre ambas fases del IOD como así también una diferencia importante en sus impactos en SESA. La fase positiva del IOD es la que presenta la señal más robusta sobre SESA tanto para la circulación de gran escala como para la PP. Además, se confirmó que los eventos IOD positivos pueden reforzar los patrones de circulación típicos de eventos El Niño y modular sus impactos en intensidad y ubicación sobre SESA. Por otro lado, los eventos IOD negativos presentan resultados con menor significancia y anomalías más débiles quizás asociados a la menor intensidad de estos eventos y por lo tanto un impacto menor en la circulación a gran escala. Dado que el registro observacional es limitado, es difícil establecer relaciones estadísticas significativas. Para superar esta dificultad, utilizaremos un ensamble grande de pronósticos del modelo climático global CFSv2 (Saha et al. 2014) en el período 1982-2011 de pronósticos retrospectivos (hindcast) en combinación con el período 2011-2020 de pronósticos en tiempo, resultando un aproximado de 3788 simulaciones en total. A partir de estas simulaciones, estudiaremos si las señales observadas para eventos ENSO y IOD, ya sea actuando de manera separada o combinada, son robustas. Y además estudiar la predictibilidad de los impactos en la circulación y en PP.

REFERENCIAS

- Cai W., Cowan T, Hendon H., y Rensch P., (2011):** Teleconnection Pathways of ENSO and the IOD and the Mechanisms for Impacts on Australian Rainfall. *Journal of Climate - J CLIMATE*. 24. 3910-3923. 10.1175/2011JCLI4129.1.
- Cai, W., Alves L., Anderson W., Dewitte B., Garreaud R. D., Geng T., Grimm A. M., Ham Y., Jo H., Karamperidou K., Li S., Marengo J. A., McPhaden M. J., Ng B., Osman M., Povedal G., Rodrigues R., Santoso A., R., Taschetto A. S., Wang G., y Vera C., and Wu L., 2020:** Climate impacts of the El Niño–Southern Oscillation on South America. *Nat Rev Earth Environ* 1, 215–231.
- Chan S., Behera S. y Yamagata T., (2008):** Indian Ocean Dipole influence on South American rainfall. *Geophysical Research Letters*. 35. 10.1029/2008GL034204.
- Osman, M., Shepherd, T.G. & Vera, C.S. (2022)** The combined influence of the stratospheric polar vortex and ENSO on zonal asymmetries in the southern hemisphere upper tropospheric circulation during austral spring and summer. *Clim Dyn*(2022). <https://doi.org/10.1007/s00382-022-06225-0>
- Saha S., vMoorthi S., Wu X., Wang J., Nadiga S., Tripp P., Behringer D., Hou Y., Chuang H., Iredell M., Ek M., Meng J., Yang R., Peña Mendez M., van den Dool H., Zhang Q., Wang W., Chen M., and Becker E.. (2014):** The NCEP Climate Forecast System Version 2", *Journal of Climate* 27, 6: 2185-2208
- Saji H., Goswami, B. N., Vinayachandran Pn y Yamagata T., (1999):** A dipole mode in the Tropical Indian Ocean. *Nature*. 401. 360-3. 10.1038/43854.
- Saji H. y Yamagata T. (2003a):** Structure of SST and Surface Wind Variability during Indian Ocean Dipole Mode Events: COADS Observations. *Journal of Climate*. 16. 2735-2751.. 10.1175/1520-0442(2003)016<2735:SOSASW>2.0.CO;2.
- Saji H., Ambrizzi T. y Ferraz. S. (2005):** Indian Ocean Dipole mode events and austral surface air temperature anomalies. *Dynamics of Atmospheres and Oceans - DYNAM ATMOS OCEANS*. 39. 87-101. 10.1016/j.dynatmoce.2004.10.015.
- Saji H. (2018):** The Indian Ocean Dipole