

Estudio de sensibilidad de la precipitación mensual esperada en años El Niño

Vanesa C Pántano^{1,2}, Olga C Panalba^{1,2}

Resumen El análisis estadístico de la señal climática de un forzante remoto en una determinada región puede estar influenciado por el período de estudio, la base de datos utilizada, etc. En este trabajo se evalúa la sensibilidad del análisis de composites de las anomalías de precipitación en el Sudeste de Sudamérica según las distintas fases del fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur. Para ello se llevó a cabo un análisis comparativo a partir de distintas bases de datos; para la escala trimestral y mensual; y para distintas intensidades del índice El Niño Oceánico (ONI, por sus siglas en inglés). A su vez, se analizó la variabilidad año a año y la sensibilidad a la ocurrencia de algún evento extremo puntual. Entre los principales resultados se destaca que las regiones con mayor señal presentan mayor robustez en los composites, principalmente en cuanto a las bases de datos y el período utilizado. La diferencia entre el análisis a escala mensual y trimestral resulta de especial importancia para los sectores productivos en los que un cambio de anomalías durante el trimestre analizado puede cambiar las decisiones de los usuarios.

Palabras clave Composites, forzantes climáticos, sudeste de Sudamérica.

INTRODUCCIÓN

La respuesta de las variables climáticas frente a un forzante local o remoto se aborda desde el análisis estadístico y dinámico. En cuanto al primero, es común caracterizar la señal de un forzante a partir de la construcción del promedio de los casos bajo una determinada condición (composite). En la bibliografía se encuentran numerosos estudios que presentan los composites de las anomalías de precipitación en el Sudeste de Sudamérica (SESA) para las distintas fases del fenómeno El Niño-Oscilación Sur (ENOS), recopilados en la revisión realizada por [Cai et al. \(2020\)](#).

A partir del resultado esperado que presentan los composites, es habitual que se asocie la fase cálida del ENOS (El Niño) con anomalías positivas de precipitación y lo contrario para la fase fría (La Niña). Sin embargo, ciertos años particulares no se condicen con el patrón esperado. Esto tiene que ver principalmente con dos factores. Por un lado, el fenómeno ENOS no se presenta siempre con la misma intensidad, en la misma época del año o con el mismo patrón sobre el Océano Pacífico Tropical. Por otro lado, la respuesta de la precipitación en el SESA se ve influenciada también por otros factores, además del ENOS. Sumado a la representatividad del composite para los casos particulares, el resultado esperado podría estar también condicionado por la base de datos utilizada o por el período de estudio.

En este trabajo se evalúa la sensibilidad de los composites de las anomalías de precipitación en el Sudeste de Sudamérica a partir de las distintas fases del ENOS. Con la finalidad de responder a la demanda de los usuarios que se ven afectados en los sistemas productivos de la región, el análisis se llevará a cabo a escala mensual, significando esto un valor agregado para la literatura en la que predominan los estudios a escala trimestral. Por último, se considerarán los meses de septiembre a febrero por ser los más influenciados por el ENOS.

¹Departamento de Ciencias de la Atmósfera y Océanos (DCAO), Universidad de Buenos Aires (UBA), Buenos Aires, Argentina. Email: vanesapantano@gmail.com

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.

DATOS Y MÉTODOS

Este trabajo se llevó a cabo sobre el SESA en el período 1979-2023. Se utilizó como base de datos de referencia la precipitación diaria del Reanálisis ERA5 (Hersbach et al., 2020) y se cuantificó la precipitación acumulada mensual de los meses septiembre a febrero.

Para la caracterización del fenómeno ENSO, se consideró el Índice Oceánico de El Niño (ONI) de la National Oceanic and Atmospheric Administration (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>). Este índice se define a partir del promedio trimestral de las anomalías de temperatura de superficie del mar sobre la región Niño 3.4 (5°N–5°S, 170°O –120°O). La fase El Niño (La Niña) se identifica cuando al menos 5 trimestres consecutivos presentan valores de ONI mayores a 0,5°C (menores a -0,5 °C).

A partir de estas fases se construyeron los composites de las anomalías de precipitación acumulada trimestral y mensual y se llevaron a cabo 5 análisis comparativos de la sensibilidad de las anomalías de precipitación según se detalla a continuación:

a) *Sensibilidad a la base de datos*

A fin de identificar si los resultados están sesgados por considerar información de reanálisis, se construyeron también los composites a partir de la precipitación mensual de CMAP (Xie & Arkin, 1997) y de la Universidad de Delaware (Willmott et al., 1998) y la precipitación diaria del Global Precipitation Climatology Centre (GPCC) (Schneider et al., 2008) y del CPC (Chen et al., 2008). Las bases de datos reticuladas fueron provistas por la NOAA PSL desde su sitio <https://psl.noaa.gov>. También se utilizó la precipitación diaria de estaciones meteorológicas de la Argentina provista por el Servicio Meteorológico Nacional. La información diaria se llevó a escala mensual y se consideró el período común 1979-2024.

b) *Escala trimestral vs escala mensual*

En esta instancia se compararon los resultados a escala trimestral que son conocidos en la comunidad científica, con los correspondientes a escala mensual, que se han presentado en escasos trabajos. En este análisis también se compararon los resultados de las anomalías de precipitación obtenidas con respecto a la climatología de todo el período y con respecto a la fase Neutra.

c) *Representatividad del composite*

Seguidamente, se comparó el composite con el resultado año a año para evaluar si el valor esperado que indica el promedio del período es representativo de lo ocurrido en los eventos particulares.

d) *Sensibilidad al evento extremo*

A partir de la variabilidad inter-anual dentro de la misma fase, se consideraron todos los composites posibles en el período de estudio, restando un año a la vez. De esta manera se compara el resultado del período completo con aquellos composites que excluyen algún año particular que haya presentado anomalías extremas.

e) *Sensibilidad al ONI extremo*

Finalmente, se construyeron los composites clasificando el índice en El Niño extremo ($\text{ONI} > 1,5$), El Niño moderado ($0,5 \leq \text{ONI} \leq 1,5$), La Niña extrema ($\text{ONI} < -1,5$) y La Niña moderada ($-1,5 \leq \text{ONI} \leq -0,5$). Las categorías fueron obtenidas de Santoso et al. (2017): extremo a muy extremo (como extremo) y débil a moderado (como moderado).

RESULTADOS

El análisis de sensibilidad de los composites de anomalías de precipitación se llevó a cabo para los meses de estudio y las dos fases del ENOS. A modo de resumen, en la Figura 1 se muestran algunos

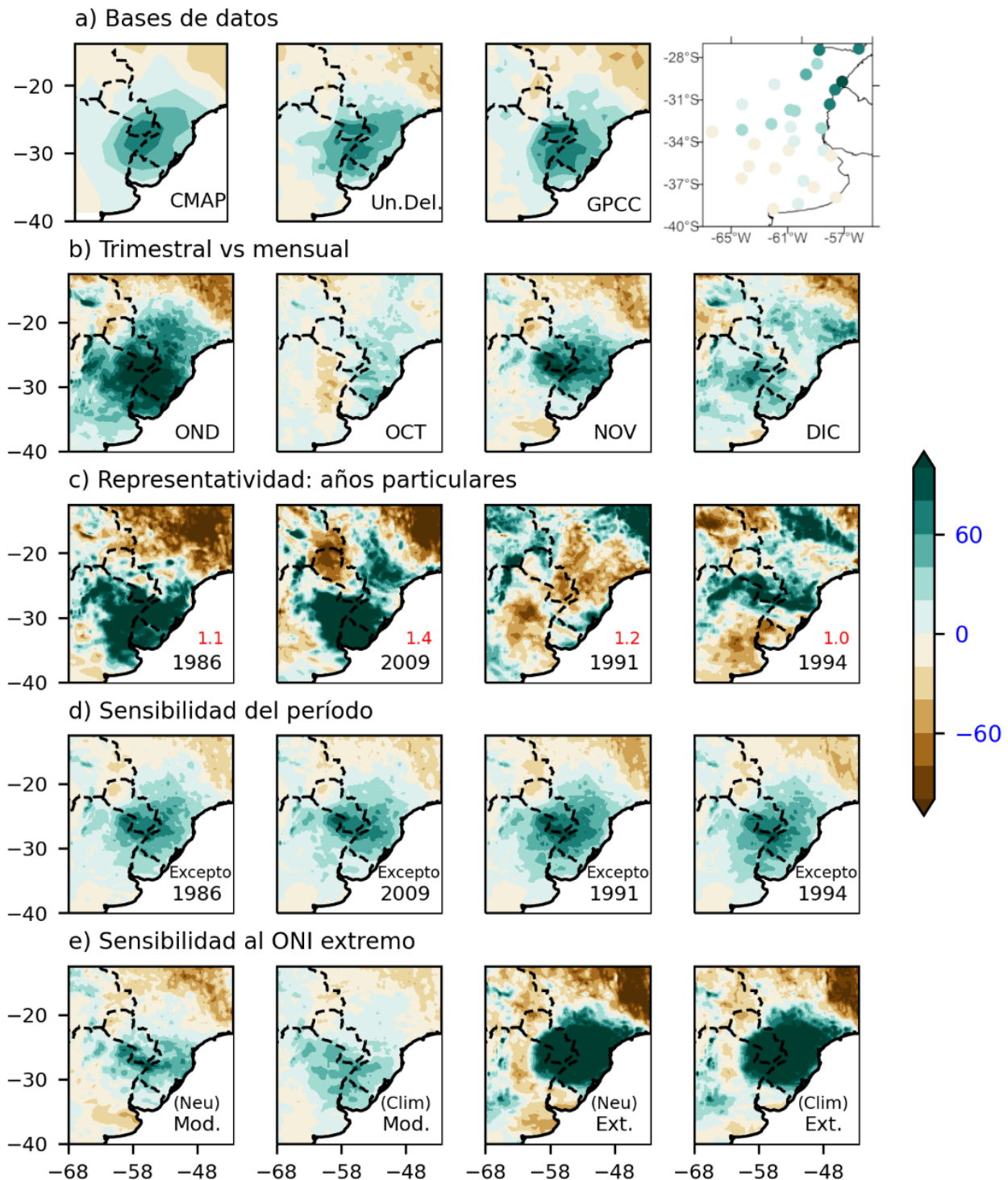


Figura 1. Composite de anomalía de precipitación en fase El Niño para: a) noviembre utilizando distintas bases de datos; b) el trimestre (OND) y los meses de octubre (oct), noviembre (nov) y diciembre (dic); c) noviembre en los años que se indican en cada mapa (el valor del índice ONI en rojo); d) noviembre exceptuando el año que se indica en cada mapa; e) noviembre con respecto a la fase Neutra (Neu.) y a la climatología (Clim.) en los años El Niño moderado (Mod.) y extremo (Ext.).

resultados para el mes de noviembre, y solamente para la fase El Niño.

En la comparación entre bases de datos (Figura 1a) se destaca que las anomalías son más intensas para ERA5 que las otras bases reticuladas. Este resultado puede deberse a que su resolución es mayor. Con respecto a los puntos de estación, se destaca la coincidencia en el signo de las anomalías.

Debido a que esta información es local mientras que el dato de reanálisis está promediado sobre el área de la retícula, el valor de las anomalías es mayor.

Los trimestres octubre-noviembre-diciembre -OND- (Figura 1b) y noviembre-diciembre-enero -NDE- (resultado no mostrado) presentan la señal más fuerte del ENOS. Sin embargo, al comparar las anomalías asociadas a escala mensual, se destaca que la señal más intensa corresponde al mes de noviembre (Figura 1b). Para este mes, se observa la mayor señal hacia el noreste de Argentina, sur de Brasil y sudeste de Paraguay con un centro de anomalías positivas que superan los 60mm mensuales.

Para el análisis de años particulares (Figura 1c), se presentan a modo de ejemplo los dos años más húmedos y los dos más secos sobre regiones cercanas a la de máxima señal que presenta el composite. Estos resultados evidencian la gran variabilidad entre eventos El Niño en cuanto a la respuesta de la precipitación en la región de estudio.

A partir de este análisis, se presentan los composites del período completo exceptuando las fechas mencionadas de mayor y menor anomalías a fin de evaluar la sensibilidad frente a años particulares extremos (Figura 1d). En todos los casos el centro de máxima anomalía se ubica en el mismo lugar, ocupando una mayor extensión al exceptuar los años más secos. Sin embargo, se puede considerar que el composite es robusto.

Al clasificar los eventos El Niño en moderado y extremo, se obtiene que las anomalías positivas de precipitación son mayores y se ubican más al norte en el segundo caso. Cabe destacar que al calcular las anomalías con respecto a la Climatología o a la fase Neutral, la respuesta en la región de máxima señal es similar. Sin embargo, sobre la provincia de Buenos Aires, donde las anomalías son más pequeñas debido a la misma climatología de la región, el resultado difiere incluso en el signo de la anomalía. Por lo tanto, para análisis más regionales sobre sectores donde la señal del ENSO es más débil, es conveniente considerar rigurosamente el patrón de referencia.

En cuanto a los demás meses analizados (no se muestran), cabe destacar que noviembre y diciembre son los meses que presentan mayor señal en la precipitación mensual y menor variabilidad entre eventos, mientras que los composites de los meses de septiembre, octubre y febrero tienen una menor señal. Es interesante mencionar que el mes de enero presenta una señal opuesta a los meses anteriores, que debe ser tenido en cuenta al considerar la respuesta de la precipitación en los meses de verano.

En términos generales, las mayores diferencias entre los composites se encontraron al calcular las anomalías con respecto a la fase Neutra o a la climatología. Las variaciones entre las distintas bases de datos son muy sutiles y la sensibilidad a algún evento extremo es baja.

CONCLUSIONES

En este trabajo se evaluó la sensibilidad de los composites de las anomalías de precipitación en el Sudeste de Sudamérica en las fases El Niño y La Niña para los meses de septiembre a febrero, desde distintos enfoques. A modo de resumen se mostraron los resultados para el mes de noviembre en fase El Niño.

A partir del análisis realizado, se destacan tres conclusiones principales. En primer lugar, se destaca que la señal de El Niño en la región de estudio es lo suficientemente robusta en cuanto a las bases de datos y el período utilizado. En segundo lugar, la diferencia entre el análisis a escala mensual y trimestral resulta de especial reunión importancia para los sectores productivos en los que un cambio de anomalías durante el trimestre analizado puede cambiar las decisiones de los usuarios. Por último, se recomienda separar las fases según su intensidad ya que difieren las regiones de impacto. Sin embargo, este análisis más detallado puede presentar limitaciones debido a la reducción de casos de la muestra analizada.

Agradecimientos Este trabajo fue realizado con apoyo de los proyectos de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (PICT 2018/03589 y 2019/02933), el Consejo Nacional de Investigaciones Científica y Técnicas (PIP 0333) y la Universidad de Buenos Aires (UBACyT 20020220200111BA).

REFERENCIAS

- Cai, W., McPhaden, M. J., Grimm, A. M., Rodrigues, R. R., Taschetto, A. S., Garreaud, R. D., Dewitte, B., Poveda, G., Ham, Y. G., & Santoso, A. (2020). Climate impacts of the El Niño-Southern Oscillation on South America. *Nature Reviews Earth and Environment*, 1, 215–231. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0040-3>
- Chen, M., Shi, W., Xie, P., Silva, V. B., Kousky, V. E., Higgins, R. W., & Janowiak, J. E. (2008). Assessing objective techniques for gauge-based analyses of global daily precipitation. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 113(D4). <https://doi.org/10.1029/2007JD009132>
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Dahlgren, P., Horányi, A., Muñoz-Sebatier, J., Nicolas, J., Radu, R., Schepers, D., Simmons, A., & Soci, C. (2020). The ERA5 global reanalysis: achieving a detailed record of the climate and weather for the past 70 years. *European Geophysical Union General Assembly*, 3–8.
- Santoso, A., McPhaden, M. J., & Cai, W. (2017). The defining characteristics of ENSO extremes and the strong 2015/2016 El Niño. *Reviews of Geophysics*, 55(4), 1079–1129. <https://doi.org/10.1002/2017RG000560>
- Schneider, U., Fuchs, T., Meyer-Christoffer, A., & Rudolf, B. (2008). Global precipitation analysis products of the GPCC. *Global Precipitation Climatology Centre (GPCC), DWD Internet Publikation*, 112.
- Willmott, C. J., Matsuura, K., & Legates, D. R. (1998). Global air temperature and precipitation: regrided monthly and annual climatologies (version 2.01). Reporte técnico, Center for Climatic Research, University of Delaware, Newark.
- Xie, P. & Arkin, P. A. (1997). Global precipitation: A 17-year monthly analysis based on gauge observations, satellite estimates, and numerical model outputs. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78(11), 2539–2558. <https://doi.org/10.1175/1520-0477-78.11.2539>