

EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES ZONALMENTE SIMÉTRICOS Y ASIMÉTRICOS DEL MODO ANULAR SUR

Elio Campitelli^{1,2,3}, Leandro Díaz^{1,2,3}, Carolina Vera^{1,2,3}

elio.campitelli@cima.fcen.uba.ar. Elio Campitelli.

¹ Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos. Buenos Aires, Argentina.

² CONICET – Universidad de Buenos Aires. Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA). Buenos Aires, Argentina.

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

Palabras clave: modo anular del sur, circulación general

1) INTRODUCCIÓN

El Modo Anular del Sur (SAM, por sus siglas en inglés) es el principal modo de variabilidad de la circulación extratropical del hemisferio sur en escalas diaria, mensual y decadal (Fogt & Bromwich, 2006). El mismo influye significativamente en las anomalías de temperatura, precipitación y concentración del hielo marino (Fogt y Marshall, 2020).

Suele describirse al SAM como un patrón zonalmente simétrico de bajas presiones sobre el continente antártico rodeado por un anillo de altas presiones en latitudes medias-altas. Sin embargo, las anomalías de altura geopotencial asociadas al SAM se desvían notablemente de la simetría zonal, particularmente en la región del Pacífico. Estas anomalías zonales no fueron muy estudiadas, pero trabajos previos sugieren que modulan los impactos regionales del SAM (Rosso et al., 2018).

De estudios sobre los impactos del SAM y su relación con otros modos de variabilidad se puede inferir la relevancia de las anomalías zonales. Por ejemplo, el SAM positivo se asocia con anomalías frías sobre la Antártida y cálidas en latitudes más bajas (y viceversa para el SAM negativo) (Jones et al., 2019), pero la respuesta en la Península Antártica y el Atlántico Sur se desvían de esta simetría zonal. En el Sudeste de Sudamérica (SESA, por sus siglas en inglés), el SAM está asociado a anomalías de precipitación que no siguen un patrón zonalmente simétrico y que pueden ser explicadas por la circulación zonalmente asimétrica similar al Patrón Pacífico-Sudamérica (PSA, por sus siglas en inglés) (Silvestri & Vera, 2009; Rosso et al., 2018).

El objetivo de este trabajo es describir la variabilidad de las componentes simétrica y asimétrica del SAM. Con ese fin, generamos, para cada nivel, dos índices que capturan la variabilidad asimétrica y simétrica del SAM respectivamente y cuyo comportamiento presentamos a continuación.

2) MÉTODOS

Utilizamos datos de altura geopotencial con 2,5° de resolución horizontal y 37 niveles verticales y temperatura a 2 metros de ERA5 (Hersbach et al., 2020) para el período 1979 – 2018. Los datos mensuales de precipitación provienen del CPC Merged Analysis of Precipitation (Xie & Arkin, 1997), con una resolución horizontal de 2,5°. Para caracterizar el ENSO se utilizó el Índice Oceánico de El Niño (ONI; Bamston et al., 1997).

Definimos los índices de SAM computando la media zonal y sus anomalías de la parte espacial de la primera Función Ortogonal Empírica (EOF) de la altura geopotencial. Luego proyectamos los campos de geopotencial sobre cada uno de estos dos campos para obtener los índices de SAM simétrico (S-SAM) y asimétrico (A-SAM) respectivamente. El índice de SAM tradicional se obtuvo proyectando el patrón completo. Para que las magnitudes sean comparables, estandarizamos los tres índices con el desvío estándar del índice de SAM tradicional en cada nivel.

Para evaluar la significancia estadística de los campos de regresión de diversas variables con las componentes del SAM, los p-valores se ajustaron para controlar la Tasa de Falsa Detección (Wilks, 2016).

3) RESULTADOS

La Figura 1 muestra el campo de regresión de altura geopotencial en 700 hPa asociada a los tres índices. La regresión asociada con el índice SAM tradicional muestra la conocida mezcla de patrón anular con sus asimetrías zonales (Fogt y Marshall, 2020). En contraste, el índice A-SAM está asociado al patrón de onda 3 característico de las asimetrías zonales del SAM mientras que el S-SAM está asociado a un patrón anular mucho más simétrico. De esta manera, la construcción de los índices separa la variabilidad asimétrica y simétrica del SAM.

El patrón de onda 3 asociado al A-SAM es muy similar al patrón PSA (Mo y Ghil, 1987; Kidson, 1988) que representa el patrón de teleconexión asociado al ENSO (Karoly, 1989). Esto sugiere una fuerte relación entre el A-SAM y el ENSO. Esta relación se evidencia en la Tabla 1, donde se muestra la correlación entre el ONI para los tres trimestres del año y para la media anual. La correlación entre SAM y ENSO es significativa en los trimestres de Diciembre-Enero-Febrero y Septiembre-Octubre-Noviembre. Esta

correlación es capturada únicamente por el A-SAM, dado que este índice mantiene las mismas correlaciones parciales significativas mientras que las correlaciones parciales con el S-SAM son pequeñas y no significativas. En Marzo-Abril-Mayo, el índice ONI no está correlacionado significativamente con el índice SAM, pero sí con el índice A-SAM.

El impacto del SAM en la precipitación de Sudamérica se observa en la Figura 2. Se observa que la fase positiva del SAM está asociada a anomalías de precipitación negativas en el SESA

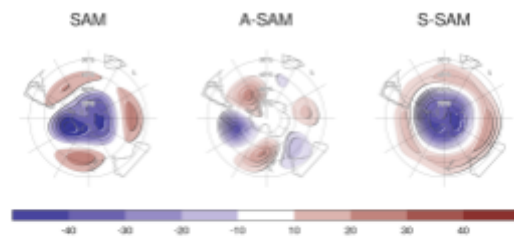


Figura 1: Regresión de altura geopotencial (metros) con el índice SAM, A-SAM y S-SAM.

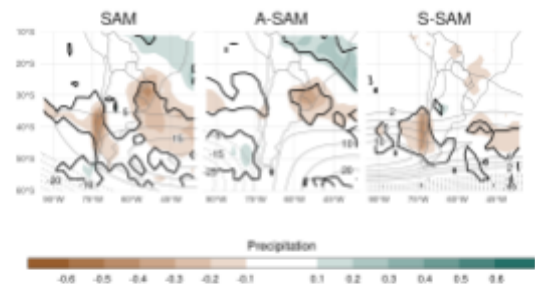


Figura 2: Regresión de precipitación media (mm/día, sombreado) y altura geopotencial en 700 hPa (contornos finos, valores positivos con líneas llenas y valores negativos con líneas cortadas) con el índice SAM, A-SAM y S-SAM.

y Patagonia y anomalías positivas (no significativas estadísticamente) en el sur de Brasil. Las regresiones con A-SAM y S-SAM muestran que la señal en SESA y norte de Brasil están asociadas a la variabilidad del SAM asimétrico, mientras que la la señal en Patagonia está asociada al SAM simétrico. De este modo, considerar separadamente las componentes simétrica y asimétrica del SAM, nos permite lograr un mayor entendimiento sobre la variabilidad del SAM y su impacto regional.

	Correlación	Correlación Parcial	
	SAM	A-SAM	S-SAM
Anual	-0,17 (0,001)	-0,26 (<0,001)	0,02 (0,775)
DJF	-0,31 (0,002)	-0,30 (0,003)	-0,17 (0,115)
MAM	-0,07 (0,530)	-0,26 (0,011)	0,14 (0,192)
JJA	0,01 (0,900)	-0,14 (0,192)	0,11 (0,300)
SON	-0,25 (0,014)	-0,42 (<0,001)	0,05 (0,686)

Agradecimientos

Este estudio fue financiado por UBACyT20020170100428BA, CONICET-PIP11220200102038CO, PICT-2020-SERIEA-I-INVI-00540, Proyecto CLIMAX de Belmont Forum/ANR-15-JCL/-0002-01. Elio Campitelli cuenta con una beca doctoral CONICET, Argentina.

Tabla 1: Correlación entre los índice de SAM y el Índice Oceánico del ENSO (ONI). En negrita correlaciones con p-valores menores a 0.05.

REFERENCIAS

- Bamston, A. G., Chelliah, M., & Goldenberg, S. B., 1997:** Documentation of a highly ENSO-related sst region in the equatorial pacific: Research note. *Atmosphere-Ocean*, 35(3), 367–383.
- Fogt, R. L., & Bromwich, D. H., 2006:** Decadal Variability of the ENSO Teleconnection to the High-Latitude South Pacific Governed by Coupling with the Southern Annular Mode. *Journal of Climate*, 19(6), 979–997.
- Fogt, R. L., & Marshall, G. J., 2020:** The Southern Annular Mode: Variability, trends, and climate impacts across the Southern Hemisphere. *WIREs Climate Change*, 11(4), e652.
- Hersbach, Hans et al., 2020:** “The ERA5 Global Reanalysis”. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 146(730): 1999–2049.
- Jones, M. E., Bromwich, et al., 2019:** Sixty Years of Widespread Warming in the Southern Middle and High Latitudes (1957–2016). *Journal of Climate*, 32(20), 6875–6898.
- Karoly, D. J., 1989:** Southern Hemisphere Circulation Features Associated with El Niño-Southern Oscillation Events. *Journal of Climate*, 2(11), 1239–1252.
- Kidson, J. W., 1988:** Interannual Variations in the Southern Hemisphere Circulation. *Journal of Climate*, 1(12), 1177–1198.
- Mo, K. C., & Ghil, M., 1987:** Statistics and Dynamics of Persistent Anomalies. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 44(5), 877–902.
- Rosso, F. V., Boiaski, N. T., Ferraz, S. E. T., & Robles, T. C., 2018:** Influence of the Antarctic Oscillation on the South Atlantic Convergence Zone. *Atmosphere*, 9(11), 431.
- Silvestri, G., & Vera, C., 2009:** Nonstationary Impacts of the Southern Annular Mode on Southern Hemisphere Climate. *Journal of Climate*, 22(22), 6142–6148.
- Wilks, D. S., 2016:** “The Stippling Shows Statistically Significant Grid Points”: How Research Results are Routinely Overstated and Overinterpreted, and What to Do about It. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 97(12), 2263–2273.
- 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.