

RELACIÓN ENTRE LA VARIABILIDAD DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR Y LA VARIABILIDAD DEL CLIMA REGIONAL EN SUDAMÉRICA

Inés M. Leyba^{1,2,3}, Silvina A. Solman^{1,2,3}, Martín Saraceno^{1,2,3}
ines.leyba@cima.fcen.uba.ar.

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

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

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

Palabras clave: Interacción mar-atmósfera, temperatura superficial del mar, Atlántico Sur.

1) INTRODUCCIÓN

El estudio de la interacción mar-atmósfera es fundamental para entender nuestro sistema climático global. Los océanos son enormes reservorios de energía, y la liberación de calor es importante en la regulación del clima tanto a escala regional como global. Estudios previos muestran que el clima de Sudamérica está influenciado por forzantes locales y remotos, siendo la temperatura superficial del mar (TSM) de los océanos circundantes uno de los forzantes remotos más relevantes.

La región del Atlántico Sur (AS) se caracteriza por un acoplamiento entre el océano y la atmósfera que se observa por la correspondencia entre los campos de la TSM y la presión al nivel del mar (Venegas y otros, 1997). El AS también se caracteriza por una estructura dipolar en las anomalías de la TSM (Nnamchi y otros, 2011), que representa el modo dominante de las fluctuaciones océano-atmósfera en la cuenca. El origen del dipolo se ha asociado a las interacciones de la capa mixta del océano con las fluctuaciones atmosféricas a través de los flujos de calor superficiales (Sterl y Hazeleger, 2003). Según Venegas y otros (1997), el fortalecimiento/debilitamiento del Anticiclón Subtropical semipermanente puede forzar fluctuaciones del dipolo norte-sur de la TSM y esto puede tener implicancias en el clima de Sudamérica.

Varios estudios han identificado que, en diferentes escalas de tiempo (interanual - interdecadal), las anomalías de la TSM en el AS influyen en las anomalías de precipitación en el Sudeste de Sudamérica, SESA (Diaz y otros, 1998; Barros y otros, 2000, Barreiro y otros, 2014). Sin embargo, aún queda por explorar e identificar los procesos por los que se producen las relaciones entre las anomalías de TSM y las variables atmosféricas, y estudiar el rol de los diferentes procesos que regulan la interacción entre el océano y la atmósfera. Este trabajo tiene como objetivo analizar la interacción mar-atmósfera en el AS y su relación con la variabilidad de la precipitación observada en el SESA a escala interanual. La hipótesis es que las anomalías de las anomalías en la TSM pueden afectar los patrones de circulación en capas bajas, modificando los forzantes que dan lugar a anomalías de precipitación en la región.

2) DATOS Y METODOLOGÍA

El análisis realizado en este estudio se basa en el período comprendido entre 1982-2015, centrado en el verano austral, descrito por la media estacional de diciembre-enero-febrero (DEF). Los campos atmosféricos utilizados en este estudio provienen del Reanálisis Interino del Centro Europeo de Predicción Meteorológica a Medio Plazo (ERA-Interim; Dee y otros, 2011). Se analizaron las variables viento, humedad específica (q_{850hPa}) en el nivel de 850 hPa, flujo de humedad integrado en la vertical (VIMF) y su divergencia. A su vez, se estimó el transporte de humedad ($V \cdot q_{850 hPa}$) y la divergencia del transporte de humedad en el nivel en 850 hPa ($\nabla \cdot (V \cdot q_{850hPa})$). Se utilizaron los productos

mensuales de ERA-Interim con resolución espacial horizontal de 0,75°. Por último, los datos de precipitación se obtuvieron del Global Precipitation Climatology Project (GPCP, Adler y otros, 2003).

Los datos mensuales de la TSM provienen del Optimum Interpolation SST Analysis Version 2 (OISSTv2) con una resolución espacial horizontal de 0,5° (Reynolds y otros, 2007). El modo dominante de la variabilidad de la TSM (EOF1) fue obtenido a partir del análisis de Funciones Ortogonales Empíricas (Preisendorfer y Mobley, 1988). Los EOF son calculados sobre las anomalías estacionales de la TSM en el AS a las cuales se le removió la tendencia lineal. La variabilidad del EOF1 se describe a través de la correspondiente serie temporal estandarizada de la componente principal (PC1) que se utiliza para caracterizar la variabilidad del AS.

Luego, para ver la relación entre la variabilidad de la TSM y cada una de las variables previamente descritas, se calcularon mapas de regresión entre la PC1 y las anomalías de las variables estudiadas en cada punto de retícula. Por otro lado, este análisis se realizó también para las series sin considerar el efecto del fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). Para ello, se removió en cada punto de retícula la regresión lineal que se obtuvo entre las anomalías de cada una de las variables y el índice Niño Oceánico. Luego, se repitieron todos los cálculos previamente mencionados para las series resultantes, es decir una vez filtrada la señal del ENOS.

3) RESULTADOS Y DISCUSIONES

En un comienzo, se evaluó la relación entre la variabilidad del patrón dominante de la TSM y la variabilidad de las anomalías de los patrones de circulación y de precipitación en el SESA durante el verano, a través de un análisis de regresión lineal durante el período de estudio. Se obtuvo que el patrón dominante de la variabilidad interanual de la TSM del AS presenta un dipolo caracterizado por una fase positiva con anomalías cálidas en la zona norte y anomalías frías en la zona sudoeste del AS (Fig. 1).

En verano, se obtuvo que este modo de variabilidad en su fase positiva está asociado a anomalías positivas de precipitación en la región del SESA, y anomalías negativas en el noreste de Brasil y en la región oceánica de la Zona de Convergencia del Atlántico Sur (Fig 2a). Las anomalías positivas de precipitación en el SESA resultaron consistentes con este modo de variabilidad, ya que también mostró tener asociado un aumento del transporte de humedad proveniente del Atlántico tropical al norte de Sudamérica, así como a una intensificación de la corriente en chorro de capas bajas de Sudamérica que favorece tanto el aumento del flujo de humedad hacia el sur como la convergencia del flujo de humedad en el SESA (Fig. 2 b y c).

Dado que el impacto de la señal del ENOS sobre la precipitación de Sudamérica ha sido estudiado ampliamente (Garreaud y otros, 2009 y referencias allí citadas) se analizó la relación entre la variabilidad de la TSM en la precipitación, pero una vez removida la señal del ENOS (no se muestra). No se observaron diferencias al comparar los mapas de regresión entre las variables a las cuales se les removió la señal de ENOS de las que no. En verano, la mayor diferencia se encuentra en el noreste de Brasil donde el efecto de la señal del ENOS es muy

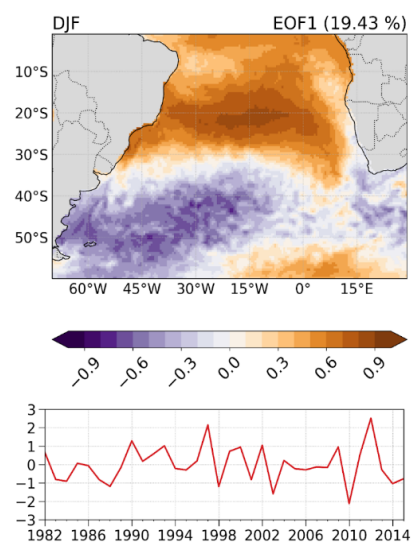


Figura 1: Primera componente EOF [°C] y su correspondiente PC estandarizada para verano. En la parte superior se indica la varianza explicada por el modo.

relevante. Por ejemplo, en el nordeste de Brasil, cuando se mantiene la señal del ENOS se observan anomalías negativas y no significativas de precipitación, mientras que al remover la señal del ENOS, las anomalías de precipitación son positivas y significativas. Los resultados de este análisis remarcan la relevancia intrínseca del dipolo del AS que proporciona un marco interesante para investigar la variabilidad climática en esta región.

Los resultados obtenidos en este trabajo evidencian el vínculo entre la variabilidad de la TSM en el AS y la variabilidad de la precipitación en el SESA. Las anomalías de la TSM muestran un efecto en las variables que caracterizan a los patrones de circulación en niveles bajos como flujo de calor latente, q_{850hPa} , transportes y convergencia de humedad, que a su vez se ve reflejado en anomalías en la precipitación en el SESA. En particular, es relevante el resultado que sugiere en qué medida la variabilidad de la TSM en el AS está asociado a anomalías de flujo de calor latente y de circulación que condicionan el ingreso de humedad desde el océano hacia el continente.

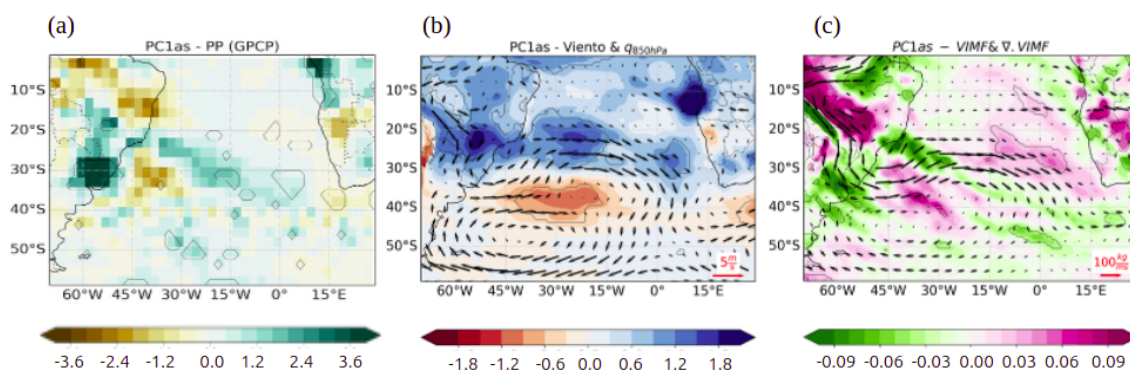


Figura 2: Mapas de regresión lineal entre la PC1 estandarizada y las anomalías de (a) PP [mm día⁻¹], (b) viento [m s⁻¹] y humedad específica [g Kg⁻¹] en el nivel de 850 hPa y (c) VIMF [Kg m⁻¹ s⁻¹] y $\nabla \cdot (VIMF)$ [Kg m⁻² s⁻¹] para el verano. Las líneas finas indican valores estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95 %.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue parcialmente financiado por los proyectos UBACYT2018 Grant 20020170100117BA 30 y FONCYT PICT2018-02496. Este estudio es una contribución a los proyectos EUMETSAT/CNES OSTST SABIO y al PICT 2018-2433.

REFERENCIAS

- Adler, R. F., Huffman, G. J., Chang, A., Ferraro, R., Xie, P. P., Janowiak, J., ... & Nelkin, E., 2003. The version-2 global precipitation climatology project (GPCP) monthly precipitation analysis (1979–present). *Journal of hydrometeorology*, 4(6), 1147-1167.
- Barros, V., Gonzalez, M., Liebmann, B., y Camilloni, I., 2000. Influence of the south atlantic convergence zone and southatlantic sea surface temperature on interannual summerrainfall variability in southeastern south america. *Theoretical and Applied Climatology*, 67(3-4):123–133.
- Barreiro, M., Díaz, N., y Renom, M., 2014. Role of the global oceans and land–atmosphere interaction on summertime interdecadal variability over northern argentina. *Climate dynamics*, 42(7-8):1733–1753.
- Dee, D. P., Uppala, S. M., Simmons, A. J., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, S., ... & Vitart, F., 2011. The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system. *Quarterly Journal of the royal meteorological society*, 137(656), 553-597.
- Díaz, A. F., Studzinski, C. D., y Mechoso, C. R., 1998. Relationships between precipitation anomalies in uruguay and southern brazil and sea surface temperature in the pacific and atlantic oceans. *Journal of Climate*, 11(2):251–271.
- Garreaud, R. D., Vuille, M., Compagnucci, R., y Marengo, J., 2009. Present-day south american climate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 281(3-4):180–195.
- Nnamchi, H. C., Li, J., y Anyadike, R. N., 2011. Does a dipole mode really exist in the south atlantic ocean? *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 116(D15).
- Preisendorfer, R. W., & Mobley, C. D., 1988. Principal component analysis in meteorology and oceanography. *Developments in atmospheric science*, 17.
- Reynolds, R. W., Smith, T. M., Liu, C., Chelton, D. B., Casey, K. S., y Schlax, M. G., 2007. Daily high-resolution-blended analyses for sea surface temperature. *Journal of Climate*, 20(22):5473–5496.
- Sterl, A. y Hazeleger, W., 2003. Coupled variability and air-sea interaction in the south atlantic ocean. *Climate Dynamics*, 21(7-8):559–571.
- Venegas, S., Mysak, L., y Straub, D., 1997. Atmosphere–ocean coupled variability in the south atlantic. *Journal of Climate*, 10(11):2904–2920.