

Relación entre patrones de temperatura superficial del mar y altura geopotencial en capas bajas en el océano Atlántico Sur

Eugenia M. Garbarini^{1,2}, *Marcela H. González*^{1,2,3}

¹Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, FCEN- UBA

²CONICET-UBA

³Centro de Investigaciones del Mar y de la Atmósfera, UMI-IFAECI/CNRS

E-mail: Eugenia.mg23@gmail.com

RESUMEN:

El objetivo del presente trabajo es estudiar la inter-relación entre la temperatura superficial del mar (TSM) y la acción del anticiclón semipermanente en el océano Atlántico Sur. Para ello se utilizaron datos estacionales de TSM y altura geopotencial en el nivel de 1000hPa (HGT1000) provenientes del reanálisis NCEP/NCAR para el período 1981-2016 y para el dominio 65°O – 20°E, 50°S – 0°. Aplicando componentes principales en modo T a las anomalías estacionales de ambas variables, se obtuvieron los distintos modos independientes de variabilidad que las caracterizan. Luego se correlacionaron entre sí los patrones que mayor varianza explican para poder analizar el acople entre ambas variables. Los resultados mostraron que en verano hay una correlación significativa negativa entre un patrón de máxima variabilidad de HGT1000 en el centro del área de estudio y sobre las bajas subpolares y un patrón de TSM con dos centros de máxima variabilidad, ubicados al norte y sur del área. En otoño, se observó un patrón de TSM opuesto entre el centro y el norte y sur del área de estudio correlacionado negativamente con un campo de HGT1000 con dos centros de máxima variabilidad opuestos en el sudoeste y sudeste. Por otra parte, en invierno, la máxima variabilidad de TSM en las costas de ambos continentes y el centro del océano, se correlacionaron con un patrón de máxima variabilidad de HGT1000 en el noroeste y sudeste opuesta al noreste y sur de la región. Por último, durante la primavera, se observó una correlación negativa entre el campo de TSM con máxima variabilidad en la costa sudamericana opuesta a aquella en el centro y sudoeste de la región, y el patrón de HGT1000 con un centro de máxima variabilidad sobre la región de las bajas subpolares y el noroeste del país opuesto a la variabilidad al este de Argentina.

INTRODUCCIÓN

Argentina está localizada al sudeste de Sudamérica y ocupa un área total de 2,791,810 km². Debido a su extenso territorio se pueden encontrar regiones con variadas características climáticas y la precipitación puede estar relacionada a distintos factores. La predictibilidad de la variabilidad estacional de la precipitación en Argentina y Sudamérica subtropical parece ser un resultado, en primera instancia, de la influencia remota de forzantes como El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). Barros et al. (2008) analizaron las tendencias de precipitación en Sudamérica subtropical para el período 1960-1999 en relación al ENOS y la circulación de capas bajas utilizando medias mensuales de presión sobre el nivel del mar (SLP). Ellos encontraron que en la mayor parte de Sudamérica subtropical, la mayoría de las tendencias anuales de precipitación se dieron durante el semestre cálido y en una fase neutral del ENOS. Luego de aplicar la metodología de Análisis de Componentes Principales (ACP) a los campos mensuales de SLP, establecieron que las tendencias positivas de precipitación al sur de 32°S están relacionadas con las tendencias de los dos primeros modos de variabilidad de SLP. El segundo modo, cuya influencia ha estado creciendo a expensas del primero, está asociado con una circulación de capas bajas advectando vapor de agua desde el océano Atlántico hacia Argentina, lo cual muestra la importancia de estudiar cómo la presión y la temperatura superficial del mar pueden influenciar la circulación y, consecuentemente, la precipitación.

Según Cabos et al. (2017) la ubicación del anticiclón semipermanente del Atlántico Sur (AA) al sur de 20°S mejora la simulación del ciclo estacional sobre el atlántico tropical, revelando el rol fundamental del AA en dar forma al clima sobre esta región. Sun et al. (2017) analizaron el ciclo anual del AA y su variabilidad interanual en conexión con la variabilidad climática regional y a gran escala. Ellos encontraron que AA tiene un ciclo anual de dos picos en intensidad y tamaño, encontrándose más hacia el polo y en el centro del océano Atlántico Sur durante el verano austral y menos intenso y cercano al Ecuador en invierno.

Di Luca et al. (2006) aplicaron un análisis de componentes principales en modo T a las medias mensuales de (SLP) y determinaron tres patrones predominantes. El primer patrón representa la circulación superficial de verano con el AA en su posición más al sur. El segundo y tercer patrón representan la circulación de invierno con el AA en su posición más al norte y un esquema superficial que caracteriza la actividad frontal durante esta estación, respectivamente. Además, otros resultados muestran un desplazamiento de AA hacia el sur (Camilloni, 1999; Camilloni et al. 2005) y un desplazamiento de la circulación atmosférica sobre el sudeste de Sudamérica hacia el sur (Barros et al. 2000).

Además, los grandes océanos que cubren el planeta actúan como importantes reservorios de calor y por lo tanto son esenciales al estudiar los forzantes climáticos de la precipitación. En particular, el océano Atlántico es un importante condicionante de la lluvia ya que su temperatura superficial (TSM), y la variabilidad de la

misma, se puede asociar a la disponibilidad e ingreso de humedad a la región del sur de Sudamérica. La TSM del Océano Atlántico Sur y la circulación que establece el AA, regulan la advección de aire húmedo que se produce hacia Argentina y, además, especialmente en primavera y verano, influyen la intensidad del monzón sudamericano que genera advección de aire húmedo desde la selva brasilera hacia el norte de Argentina.

El objetivo de este trabajo es estudiar la inter-relación entre la temperatura de la superficie del mar en el océano Atlántico sur y la acción del anticiclón semipermanente. Este análisis preliminar permitirá eventualmente determinar la influencia que estas variables ejercen sobre las anomalías estacionales de precipitación en Argentina con fines de pronóstico estacional.

DATOS Y METODOLOGÍA

Se utilizaron datos estacionales de temperatura superficial del mar (TSM) y altura geopotencial en el nivel de 1000hPa (HGT1000) provenientes del reanálisis NCEP/NCAR para el período 1981-2016 con una resolución espacial de $2,5^\circ \times 2,5^\circ$. Los datos fueron restringidos para el dominio $65^\circ\text{O} - 20^\circ\text{E}$, $50^\circ\text{S} - 0^\circ$ con el fin de estudiar el océano Atlántico Sur. A partir de estos datos, se calcularon las anomalías estacionales de TSM y HGT1000 respecto del período 1981-2016 para las estaciones de verano (DEF), otoño (MAM), invierno (JJA) y primavera (SON). Luego, se procedió a calcular los modos de variabilidad teóricos de ambas variables aplicando el Análisis de Componentes Principales (ACP) en modo T. Se retuvieron aquellas componentes principales que, en conjunto, explicaran más de un 50% de la varianza total original.

Con el fin de analizar la persistencia de los patrones en el tiempo, se calculó la tendencia de las series temporales de autovectores de las componentes principales retenidas para cada variable y cada estación del año. Estas tendencias fueron testeadas con una significancia del 95% utilizando un test de distribución Normal.

Además, se calculó la inter-relación entre los distintos patrones de TSM y HGT1000 mediante la correlación lineal entre las series temporales de los autovectores correspondientes a cada componente principal retenida. Estas correlaciones fueron testeadas con una significancia del 95% utilizando un test de distribución Normal.

RESULTADOS

Se analizaron los patrones de HGT1000, representados por sus componentes principales, en relación a aquellos representados por las componentes principales de TSM. Este análisis se realizó para las cuatro

estaciones del año, utilizando el método de correlación lineal. Las figuras 1 a 4 muestran la correlación más alta y significativa de cada estación del año entre estas variables.

En la Figura 1 muestra el par de patrones con máxima correlación hallada en verano entre ambas variables. En estos meses puede verse un patrón de HGT1000 con máxima variabilidad en la zona de las bajas subpolares y un patrón de anomalías de TSM compuesto por dos centros de máxima variabilidad opuestos, ubicados al norte y sur del área de estudio. En este caso, ambos patrones se relacionan mediante un coeficiente de correlación de $-0,67$ significativo al 95%; lo cual indica que cuando uno de los patrones se encuentra presente, el otro se presenta de manera opuesta.

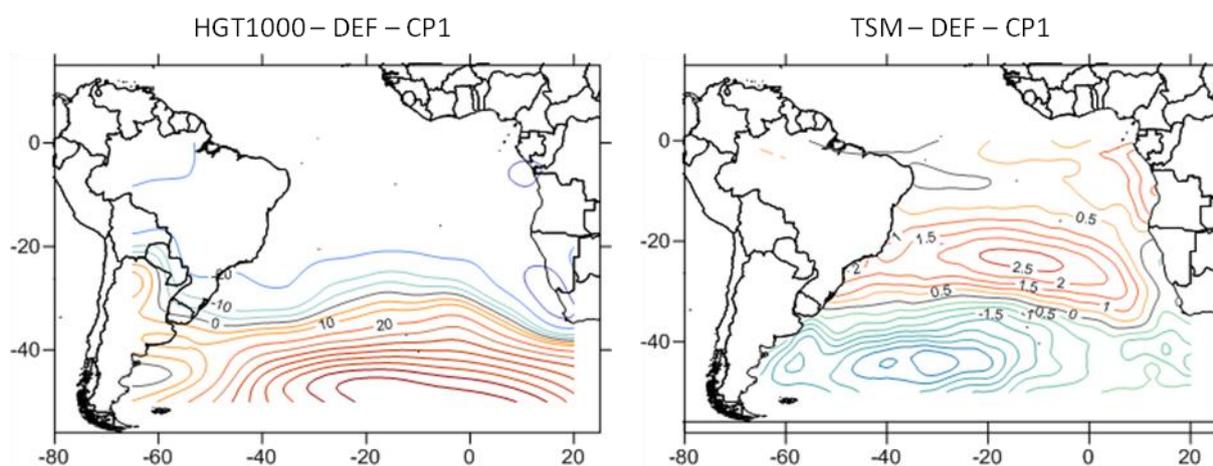


Figura 1.- A la izquierda el campo correspondiente a la primera componente principal de anomalías de HGT1000 (mgp) y a la derecha el campo perteneciente a la primera componente principal de anomalías de TSM ($^{\circ}\text{C}$) para los meses de verano.

En otoño (Fig.2), se obtuvo la máxima correlación entre las segundas componentes principales de ambas variables. El campo de HGT1000 muestra dos centros marcados de máxima variabilidad, opuestos entre sí, al sudeste y sudoeste del área de estudio; mientras que el campo de TSM representa un patrón de máxima variabilidad en el centro y oeste de la región, y otros dos de signo contrario al sur y noreste de la cuenca del océano Atlántico. Ambos campos se relacionan mediante un coeficiente de correlación de $-0,52$ significativo al 95%; lo cual, nuevamente, indica que cuando uno de los patrones se encuentra presente, el otro se presenta de manera opuesta.

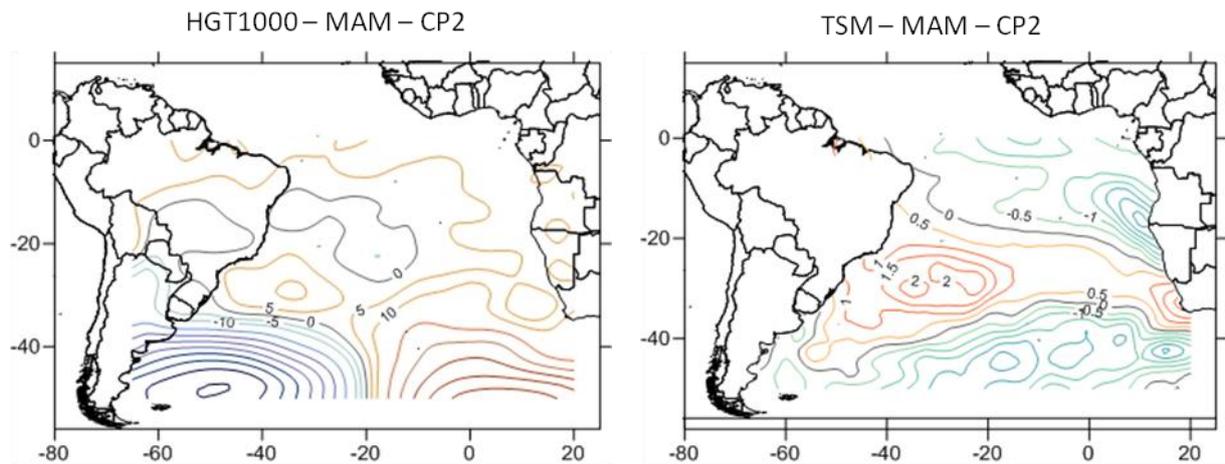


Figura 2.- A la izquierda el campo correspondiente a la segunda componente principal de anomalías de HGT1000 (mgp) y a la derecha el campo perteneciente a la segunda componente principal de anomalías de TSM (°C) para los meses de otoño.

Por otro lado, en invierno (Fig.3), la máxima correlación se detectó entre la cuarta componente principal de anomalías de HGT1000 y la tercera componente principal de anomalías de TSM. Esta correlación está dada por un coeficiente de correlación de 0,49 significativo al 95%. En este caso puede observarse un patrón con dos centros de máxima variabilidad de HGT1000 sobre el mar Argentino y el sudeste del océano Atlántico, opuestos a la variabilidad presente al sudoeste del océano y sobre las costas africanas. El patrón de anomalías de TSM de invierno muestra un centro de máxima variabilidad ubicado en el centro del área de estudio y opuesto a la variabilidad presente en las costas de ambos continentes.

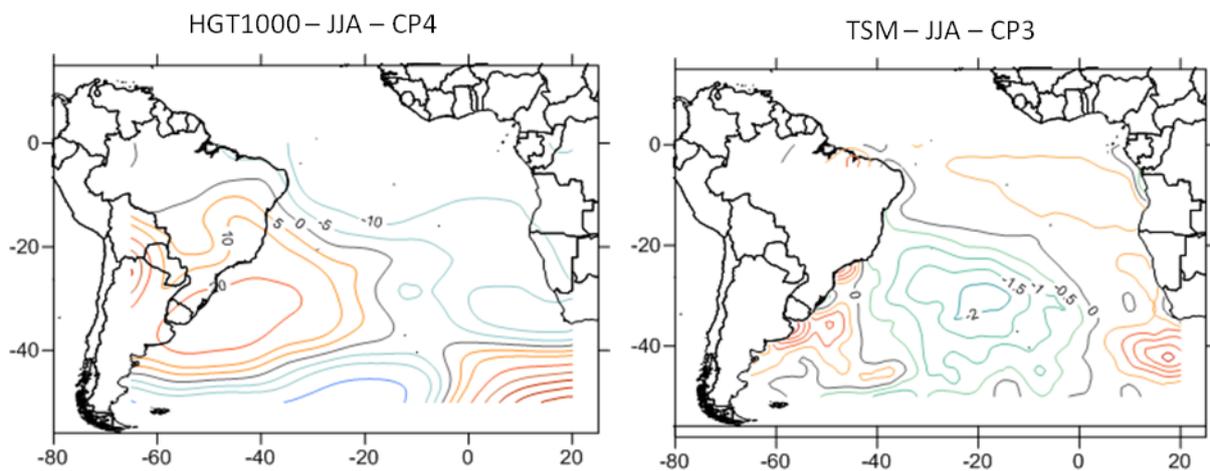


Figura 3.- A la izquierda el campo correspondiente a la cuarta componente principal de anomalías de HGT1000 (mgp) y a la derecha el campo perteneciente a la tercera componente principal de anomalías de TSM (°C) para los meses de invierno.

Por último, durante la primavera (Fig.4), se obtuvo una correlación negativa de $-0,57$ significativa al 95% entre la primera componente principal de anomalías de HGT1000 y la segunda componente principal de anomalías de TSM. Se puede observar, en estos meses, un patrón de HGT1000 con un centro marcado de máxima variabilidad al sur del océano Atlántico abarcando la región de las bajas subpolares y sobre el noroeste de nuestro país y centros de signo contrario sobre el este de Argentina y las costas del sur de África. Por otra parte, el patrón de TSM muestra máxima variabilidad sobre la costa argentina, en particular sobre la cuenca del Plata, la cual se opone a la variabilidad presente en el centro de la región de estudio.

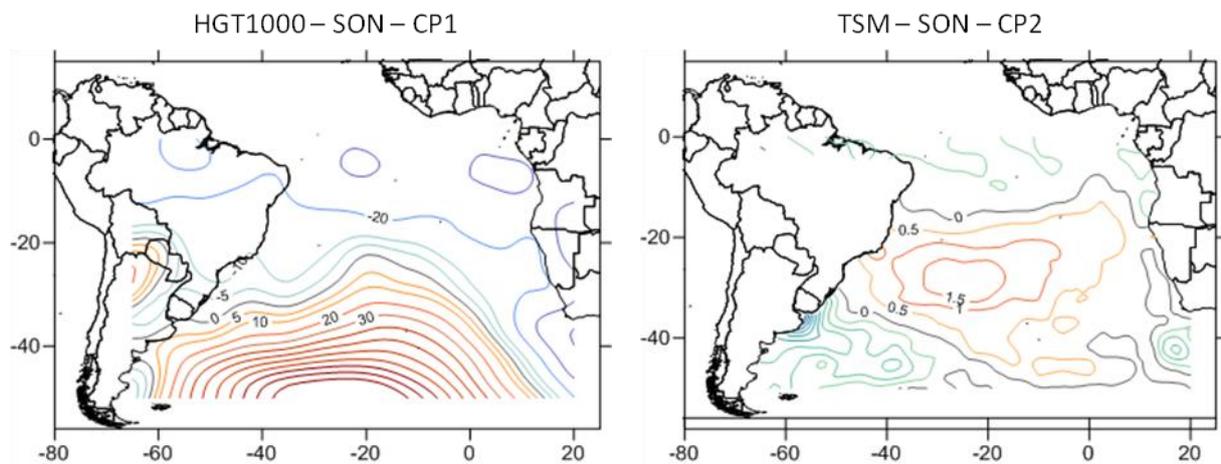


Figura 4.- A la izquierda el campo correspondiente a la primera componente principal de anomalías de HGT1000 (m gp) y a la derecha el campo perteneciente a la segunda componente principal de anomalías de TSM ($^{\circ}\text{C}$) para los meses de primavera.

CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo es analizar la inter-relación entre la temperatura superficial del mar (TSM) y la acción del anticiclón semipermanente en el océano Atlántico Sur. Al estudiar las máximas correlaciones significativas entre las componentes principales de cada variable, se pudo observar un comportamiento similar entre los patrones de verano y primavera. Ambos muestran que una intensificación de las bajas subpolares se ven asociadas a temperaturas más cálidas en el centro y norte de la cuenca del océano Atlántico y más frías hacia el sur. En el otoño se identifica un patrón opuesto ya que una intensificación de las bajas subpolares al sudoeste de la región se ve asociada a temperaturas más frías en el centro de la cuenca atlántica, y más cálidas al norte y sur de la misma. Por último, en invierno, la presencia de anomalías positivas de altura geopotencial en 1000hPa sobre la costa argentina se asocia a temperaturas más frías en el centro de la cuenca atlántica, y más cálidas sobre las costas de ambos continentes.

REFERENCIAS

Barros, V., Doyle, M. y Camilloni, I., 2008. Precipitation trends in southeastern South America: relationship with ENSO phases and the low-level circulation. *Theoretical and Appl. Climatology*. 93, 1-2: 19-33.

Barros V., Castañeda M.E. y Doyle, M., 2000. Recent precipitation trends in Southern South America to the East of the Andes: an indication of a mode of climatic variability. In: *Smolka P, Wolkheimer W (eds) Southern hemisphere Paleo and Neoclimates Concepts, Methods, Problems. Springer, Berlin*, 187- 206.

Cabos, W., Sein, D.V., y Pinto, J.G. et al., 2017. The South Atlantic Anticyclone as a key player for the representation of the tropical Atlantic climate in coupled climate models. *ClimDyn*. 48: 4051.

Camilloni, I., 1999. Temporal variability of the Buenos Aires' urban heat island intensity. *International Conference on Urban Climatology ICUC'99, Sydney, Australia*.

Camilloni, I., Barros, V. y Di Luca, A., 2005. Trends in the position of the South Atlantic high and its representation by Global Climate Models: impacts over the Río de la Plata estuary and adjacent ocean (in Spanish). *Preprints of IX Congreso Argentino de Meteorología (CD-ROM)*. Buenos Aires, Argentina.

Di Luca, A., Camilloni, I. y Barros, V., 2006. Sea-level pressure patterns in South America and the adjacent oceans in the IPCC-ar4 models, *Proceedings of 8 ICSHMO, Foz do Iguaçu, Brazil*, April 24-28, 2006, INPE, p. 235-243.

Sun, X., Cook K. H., y Vizy E. K., 2017. The South Atlantic Subtropical High. *Climatology and Interannual Variability*. Department of Geological Sciences, Jackson School of Geosciences, The University of Texas at Austin, Austin, Texas.