



## Predictibilidad estacional de los extremos de temperatura en Argentina a partir de la circulación atmosférica de gran escala

S. Collazo<sup>1,2</sup>, M. Rusticucci<sup>1,2</sup> y M. Barrucand<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. [scollazo@at.fcen.uba.ar](mailto:scollazo@at.fcen.uba.ar)

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Argentina.

### Resumen

Las variaciones en la temperatura de la superficie del mar (SST), en particular del Océano Atlántico y Pacífico, tienen influencia sobre el sistema climático provocando cambios en los patrones de circulación atmosférica. El Niño – Oscilación del Sur (ENSO), es el mayor modo de variabilidad en el Pacífico Tropical, causando variaciones interanuales en el clima de todo el mundo. Sin embargo, existen otros modos de variabilidad que también son importantes ya que influyen sobre la temperatura y precipitación de Sudamérica. En el presente trabajo se analizó la habilidad para predecir extremos de temperatura en la Argentina al norte de 40°S de los siguientes modos de variabilidad climáticos: Modo anular del Sur (SAM), Dipolo del Océano Índico (IOD), Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) y la Oscilación Multidecádica del Atlántico (AMO). Para ello, se calcularon y testearon estadísticamente las correlaciones desfasadas entre cada uno de los modos climáticos y distintos índices representativos de los extremos de temperatura promediados trimestralmente en el periodo 1970-2015. Estos índices de extremos de temperatura, globalmente utilizados, son: noches frías (TN10), noches cálidas (TN90), días fríos (TX10), días cálidos (TX90) y el número de días con heladas (NDH).

Los principales resultados obtenidos para cada uno de los índices de circulación se resumen a continuación. El índice SAM presentó bajos porcentajes de estaciones correlacionadas significativamente con todos los índices de extremos de temperatura en todos los trimestres. El índice asociado al IOD tiene una mayor influencia sobre los extremos de la temperatura mínima (TN10, TN90 y NDH) principalmente en primavera. Durante esta estación del año, la fase positiva del IOD provoca un incremento en las temperaturas mínimas debido a la disminución de los extremos fríos y un aumento de los extremos cálidos en todo el norte y centro del país. Por otro lado, el índice PDO posee correlaciones positivas significativas con el índice TN90 en el verano y otoño, y con TX10 y TX90 en primavera y verano (aunque con este último en forma negativa). Por lo tanto, la fase positiva de la PDO favorece una disminución en la temperatura máxima principalmente en el este-sudeste de la región de estudio en primavera y verano debido a un incremento en la frecuencia de los extremos fríos y una reducción



de los cálidos. El impacto de la PDO sobre la temperatura mínima solo se da sobre los extremos cálidos provocando un aumento de los valores de TN90 cuando ocurre la fase positiva de la PDO en diferentes sectores del país según el trimestre. Por último, el índice AMO posee correlaciones significativas con varios índices de extremos; no obstante, la mayoría de estas correlaciones se deben a la presencia de tendencias significativas en ambas series correlacionadas. Al filtrar las tendencias, se observó que los porcentajes de estaciones correlacionadas significativamente tienden a reducirse notoriamente. Las excepciones más destacadas ocurren en los trimestres de invierno al correlacionar el AMO y los índices de extremos cálidos (TN90 y TX90) en los cuales los porcentajes se incrementan al filtrar las tendencias. Las correlaciones y su significancia, entre los extremos de temperatura y los índices de circulación del mes anterior sugieren la existencia de cierta predictibilidad sobre estos extremos.

**Palabras clave:** predictores, extremos de temperatura, circulación atmosférica.

## Introducción

Entre los factores que influyen el clima la circulación atmosférica de gran escala es uno de los más importantes. Uno de los forzantes climáticos de mayor influencia sobre el hemisferio Sur es el Modo Anular del Sur (SAM), ya que es el patrón de variabilidad climática más relevante en la región extratropical (Gong y Wang, 1999; Thompson y Wallace, 2000). La influencia del SAM es particularmente fuerte durante el invierno y la primavera. En particular, se encontró que la fase positiva del SAM provoca un calentamiento significativo sobre el sur de Argentina (Gillett y otros 2006).

Otro forzante es el Dipolo del Océano Índico (IOD) que se define a partir de la SST (Saji y otros 1999), donde la fase positiva corresponde al calentamiento de la región sudoeste y el enfriamiento del noreste del Índico. Saji y Yamagata (2003) sugirieron que los eventos IOD se correlacionan positivamente con anomalías de la temperatura superficial del aire (TAS) en las regiones subtropicales. Continuando con la investigación, Saji y otros (2005) encontraron correlaciones parciales significativas entre el IOD y la TAS durante SON en el norte de Argentina, Uruguay, Paraguay, Bolivia y Brasil.

La oscilación decadal del Pacífico (PDO) es un forzante climático que tiene una periodicidad de 15-25 años y 50-70 años y también se utilizó en este trabajo. Hay evidencias de que la fase positiva (negativa) de PDO está relacionada con Niños (Niñas) más intensos (Mantua y otros 1997). Mantua y Hare (2002) calcularon la correlación entre la PDO y la temperatura media de Noviembre-Abril, pero no encontraron correlaciones significativas en el centro-sur de Sudamérica.

El Océano Atlántico Norte presenta un modo de variabilidad de la SST de baja frecuencia, llamado la Oscilación Multidecadal del Atlántico (AMO) (Kerr, 2000), con



una periodicidad de 60-80 años. La correlación entre el AMO y las anomalías de temperatura son positivas sobre gran parte del globo entre 40°S y 50°N (Alexander y otros 2014).

Todos estos modos de variabilidad atmosféricos presentan correlación con la precipitación en algún sector de Argentina y en algún momento del año (Domínguez y González, 2013 y 2015; Kayano y Andreoli, 2007; Kayano y Capistrano, 2014; entre otros). Sin embargo, la relación de estos modos con los extremos de temperatura ha sido menos estudiada. En el presente trabajo se propone analizar la habilidad para predecir extremos de temperatura en la Argentina al norte de 40°S de los modos de variabilidad climáticos: SAM, IOD, PDO y AMO. Para ello, se calcularon correlaciones desfasadas entre cada uno de los modos y distintos índices representativos de los extremos de temperatura promediados trimestralmente que fueron testeadas estadísticamente y representadas gráficamente.

### **Materiales y métodos**

Para representar los modos de variabilidad atmosférica se emplearon distintos índices previamente construidos por otros autores: SAM (Marshall, 2003), el índice del dipolo del Índico (DMI, °C) definido por Saji y otros (1999), PDO (Mantua, 1999) y el AMO (Enfield y otros, 2001) Estos índices son mensuales y se consideraron en el periodo 1970-2015.

Por otra parte, se calcularon cinco índices de extremos de temperatura: noches frías (TN10), noches cálidas (TN90), días fríos (TX10), días cálidos (TX90) y el número de días con heladas (NDH) a partir de datos diarios de temperatura máxima y mínima de estaciones meteorológicas ubicadas en Argentina al norte de 40°S provistos por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y el INTA. Luego, se cálculo las correlaciones de Spearman desfasadas entre los índices de extremos promediados trimestralmente y los índices de circulación, adelantando estos últimos en un mes a los índices de extremo.

### **Resultados y discusión**

Se encontró que el índice SAM no es un buen predictor de los extremos de temperatura ya que se obtuvieron escasas correlaciones significativas. Este hallazgo resulta consistente con Gillet y otros. (2006) quienes observaron que la mayoría de las estaciones al norte de 40°S no mostraron una respuesta significativa de la temperatura al SAM.

El índice asociado al IOD tiene una mayor influencia sobre los extremos de la temperatura mínima. En primavera, se encontraron correlaciones negativas significativas entre el IOD y TN10, y positivas entre el IOD y TN90 en todo el norte y centro del país (Figura 1). Es decir, la fase positiva del IOD provoca un incremento en



las temperaturas mínimas con una disminución de los extremos fríos y un aumento de los extremos cálidos. Además, se halló que la fase positiva del IOD en Febrero produce una reducción de TN10 y NDH en el trimestre MAM. Por último, se encontró un aumento de TN90 en el trimestre DJF cuando está precedido por la fase positiva del IOD.

El índice PDO resultó ser un buen predictor de TN90 desde JFM hasta MAM inclusive (Figura 1), y de TX10 y TX90 en primavera y verano (Figura 2). Se observó que la fase positiva de la PDO favorece a un incremento en la frecuencia de los días fríos y una reducción de los cálidos. El impacto de la PDO sobre la temperatura mínima solo se da sobre los extremos cálidos provocando un aumento de los valores de TN90 cuando ocurre la fase positiva de la PDO en verano y otoño en diferentes sectores del país según el trimestre.

El índice AMO posee correlaciones significativas con varios índices de extremos; sin embargo, la mayoría de estas correlaciones se deben a la presencia de tendencias significativas en ambas series correlacionadas. Las tendencias en el índice AMO se deben fundamentalmente al periodo utilizado, ya que el AMO presentó una fase negativa entre 1970-1994 y una fase positiva entre el 1995-2015 que produjo las tendencias positivas encontradas. Al filtrar las tendencias, se observó que los porcentajes de estaciones correlacionadas significativamente tienden a reducirse notoriamente. Las excepciones más destacadas ocurren en los trimestres de invierno al correlacionar el AMO y los índices de extremos cálidos (TN90 y TX90) en los cuales los porcentajes se incrementan al filtrar las tendencias.

### Conclusiones

En el presente trabajo se estimaron las correlaciones desfasadas entre diversos índices representativos de patrones atmosféricos y oceánicos de gran escala (ellos son el SAM, IOD, PDO y AMO) y distintos índices asociados a extremos de temperatura (TN10, TN90, TX10, TX90, NDH) calculados a partir de datos diarios de temperatura mínima y máxima de estaciones meteorológicas ubicadas al norte de

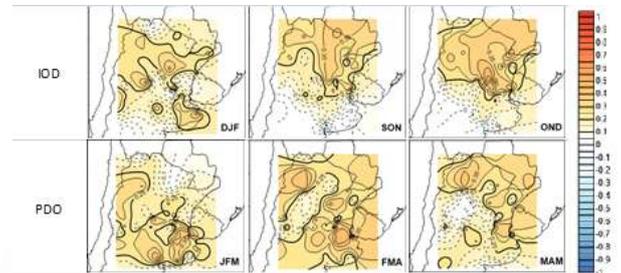


Figura 1: Correlación entre el índice TN90 y el índice IOD (arriba) y PDO (abajo) en el mes previo a cada trimestre. Las líneas punteadas indican correlaciones no significativas. Contornos cada 0.05.

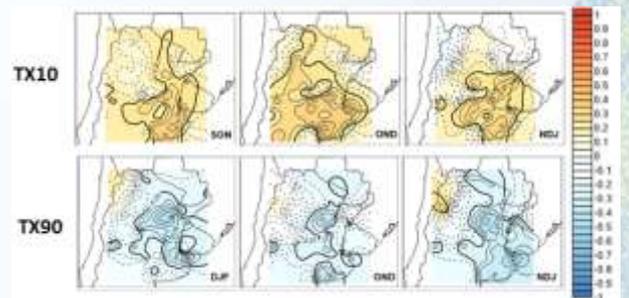


Figura 2: Correlación desfasada entre el índice TX10 y el índice PDO (arriba) y entre el índice TX90 y la PDO (abajo). Las líneas punteadas indican correlaciones no significativas. Contornos cada 0.05.



40°S; con el objetivo de evaluar la potencialidad de estos índices de circulación como predictores de los extremos de temperatura.

Se encontró que los índices de circulación con mayor potencial para actuar como predictores de los extremos de temperatura son el IOD y la PDO, el primero de los índices está correlacionado en gran medida con los extremos de la temperatura mínima y el segundo de la máxima, y ambos en primavera fundamentalmente. Las correlaciones y su significancia, entre los extremos de temperatura y los índices de circulación del mes anterior sugieren la existencia de cierta predictibilidad sobre estos extremos. Estos resultados animan a seguir trabajando con el fin de definir modelos estadísticos de predicción de extremos basados en estos indicadores.

### **Agradecimientos**

Proyectos UBACyT 20020130200142BA y 20020130100263BA.

### **Referencias**

- Alexander MA, KH. Kilbourne, JA. Nye. 2014. Climate variability during warm and cold phases of the Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO) 1871–2008, *J. Mar. Syst.* Vol 113: 14-26.
- Dominguez, D.y González, M.H., 2013. Variabilidad de la precipitación en el centro oeste de argentina y un modelo de predicción estadística, *Meteorologica*, 37, 2, 105-120.
- Dominguez, D., González, M.H., 2015. Previsão estatística da precipitação de verão no centro-oeste da Argentina, *Revista Ciencia e Natura*, 37, 75-82.
- Enfield, DB, AM. Mestas-Nunez, PJ. Trimble, 2001. The Atlantic multidecadal oscillation and its relation to rainfall and river flows in the continental U.S. *Geophys. Res. Lett.* 28 (10), 2077–2080.
- Gillett, NP, TD. Kell, and PD. Jones, 2006. Regional climate impacts of the Southern Annular Mode, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L23704.
- Gong, D., S. Wang, 1999. Definition of Antarctic Oscillation index. *Geophys. Res. Lett.* 26: 459–462.
- Kayano, MT., Andreoli, RV., 2007. Relations of South American summer rainfall interannual variations with the Pacific Decadal Oscillation. *Int. J. Climatol.* 27, 531–540.



Kayano MT, Capistrano VB. 2014. How the Atlantic multidecadal oscillation (AMO) modifies the ENSO influence on the South American rainfall. *International Journal of Climatology*. Vol 34: 162-178.

Kerr, R.A., 2000. A North Atlantic climate pacemaker for the centuries. *Science* 288 (5473), 1984–1986.

Mantua, N.J., S.R. Hare, Y. Zhang, J.M. Wallace and R.C. Francis, 1997. A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 78, 1069-1079.

Mantua N.J. and S.R. Hare. 2002. The Pacific Decadal Oscillation. *Journal of Oceanography*. Vol 58: 35-44.

Marshall, G. 2003. Trends in the Southern Annular Mode from observations and reanalyses, *J. Clim.*, 16, 4134 – 4143.

Saji, N.H., B.N. Goswami., P.N. Vinayachandran and T. Yamagata, 1999. A Dipole Mode in the tropical Indian Ocean. *Nature*, 401, 23, 360–363.

Saji, N.H. and T. Yamagata, 2003. Possible impacts of Indian Ocean dipole mode events on global climate. *Climate Res.* 25 2, 151–169.

Saji, N.H., T. Ambrizzi, and S.E.T. Ferraz, 2005. Indian Ocean Dipole Mode events and austral surface temperature anomalies, *Dyn. Atmos. Oceans*, 39, 87– 102.

Thompson, D.W.J. and J.M. Wallace, 2000. Annular modes in the extratropical circulation. Part I: Month-to-Month variability. *Journal of Climate*. Vol 13: 1000-1016.