

MESES CÁLIDOS Y SECOS DE VERANO Y SU RELACIÓN CON EL ENSO: MODELADO ESTADÍSTICO A PARTIR DE REGRESIONES LOGÍSTICAS

Agustina Lopez Ramirez¹, Mariana Barrucand^{1,2}, Soledad Collazo¹
aguslopezramirez@gmail.com

¹Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (FCEyN, UBA)

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Palabras clave: eventos extremos compuestos, El Niño, La Niña, odd ratio.

1) INTRODUCCIÓN

El estudio de extremos climáticos multivariados, también llamados eventos compuestos, ha cobrado gran relevancia en el último tiempo en vista de los impactos que son capaces de generar. Si bien estos eventos pueden estar dados por extremos individuales no relacionados, un forzante externo en común puede influenciar su probabilidad de ocurrencia generando una correlación entre ellos (Seneviratne y otros, 2012). Por ejemplo, las oscilaciones de gran escala, como el fenómeno del ENSO, pueden influenciar significativamente la ocurrencia de extremos cálidos y secos (Hao y otros, 2018).

Debido a la relevancia del impacto negativo y la necesidad de una mejor comprensión de los mecanismos involucrados en la ocurrencia de eventos compuestos, este trabajo tiene como objetivo estudiar la relación entre las distintas fases del ENSO y la ocurrencia de extremos cálidos y secos durante los meses de verano (diciembre, enero y febrero) en Argentina, al norte de 40°S.

2) METODOLOGÍA

Se dispuso de los datos mensuales de temperatura máxima y precipitación acumulada de 52 estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional situadas en Argentina, al norte de 40° S. En particular, se consideraron los registros de los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero dentro del periodo 1979-2018.

A partir de los datos mensuales de temperatura máxima y precipitación, se definieron los extremos cálidos como aquellos meses con temperatura máxima superior al percentil 80 de su distribución empírica y como meses secos aquellos que no superasen el percentil 20 de la distribución empírica de precipitación. En base a esto, un evento compuesto cálido y seco estará dado por la ocurrencia simultánea (mes cálido y seco) o por la ocurrencia secuencial (mes cálido precedido por un mes seco) de ambos extremos.

Para caracterizar al ENSO se consideraron los valores del índice Oceanic Niño Index (ONI) en los trimestres noviembre-diciembre-enero (NDE) y diciembre-enero-febrero (DEF) a fin de representar la oscilación durante el verano. Además, se dispuso de los valores del índice ONI del trimestre septiembre-octubre-noviembre (SON) con el fin de evaluar la atribución de las condiciones previas del ENSO sobre la ocurrencia de los eventos durante el verano austral.

Con el objetivo de estudiar la relación entre la ocurrencia de eventos compuestos y el fenómeno del ENSO, se utilizó la técnica de regresión logística, que permite estimar la relación existente entre una variable dependiente no métrica, en particular dicotómica, y un conjunto de variables independientes. Teniendo en cuenta que los meses cálidos y secos pueden ser expresados en términos de una variable dicotómica (ocurrencia o no ocurrencia del evento compuesto), esta técnica permitió evaluar el efecto del ONI (variable independiente) sobre la probabilidad de ocurrencia del evento compuesto. El modelo de

regresión involucra coeficientes a partir de los cuales se puede derivar el parámetro *odd ratio*, que permite determinar el cambio que sufre la probabilidad condicional de ocurrencia de un evento compuesto dado por el aumento en una unidad del índice ONI. Un *odd ratio* mayor (menor) que 1 implica un incremento (disminución) de la probabilidad de ocurrencia de un evento compuesto a medida que aumenta el índice ONI. Los resultados fueron testeados estadísticamente utilizando el estadístico de Wald (Moore y otros, 2009).

3) RESULTADOS

En primer lugar, se aplicó el modelo de regresión logística para estudiar la relación entre la ocurrencia de meses cálidos y secos y las condiciones del ENSO durante el verano. Luego, se derivaron los *odd ratios* para todas las estaciones meteorológicas (Figura 1.a y 1.b).

Las estaciones que presentaron regresiones logísticas significativas están ubicadas predominantemente en la franja central del país (casos simultáneos) y la región centro-este y noreste (casos secuenciales). En todos los casos se encontraron valores de *odd ratio* menores a 1.

Esto indica que la probabilidad de ocurrencia de un mes cálido y seco disminuye a medida que aumentan los valores del índice ONI. Todas las estaciones presentaron *odds ratio* dentro del rango 0,2 y 0,6 para los casos simultáneos y 0 y 0,4 para los casos secuenciales. Notar que, por ejemplo, un *odd ratio* de 0,4 implica que por cada aumento en una unidad del valor del ONI se produce una disminución del 60% en la probabilidad de ocurrencia de estos eventos compuestos. Sin llegar a tener valores significativos, se destaca el comportamiento opuesto que tienen las estaciones del noroeste argentino respecto al resto del país, con valores de *odd ratio* mayores que 1. En este caso, el aumento del índice ONI estaría favoreciendo la mayor probabilidad de ocurrencia de condiciones cálidas y secas en la región.

Siguiendo esta línea, se aplicó nuevamente la técnica de regresión logística para analizar la relación entre los meses cálidos y secos y las condiciones previas del ENSO (Figura 1.c y 1.d). En este caso se utilizó el trimestre SON del índice ONI para representar el ENSO en los meses previos.

Las estaciones meteorológicas con regresiones significativas coincidieron con las que se obtuvieron para el análisis considerando las condiciones del ENSO durante el verano,

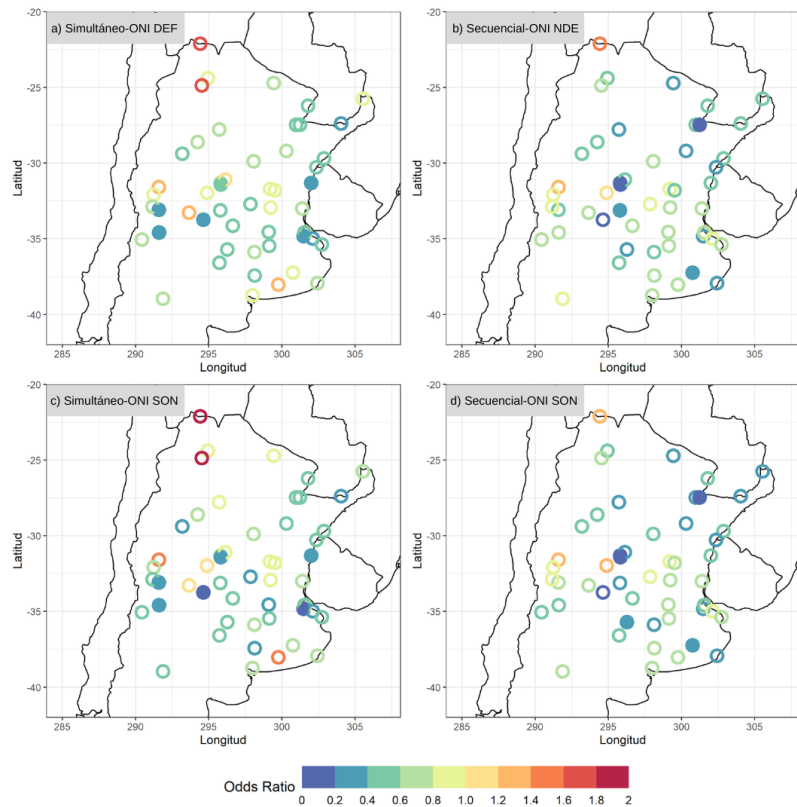


Figura 1: *Odd ratio* de las regresiones logísticas entre meses cálidos y secos simultáneos y los trimestres DEF (a) y SON (c) del índice ONI. *Odd ratio* de las regresiones logísticas entre los meses cálidos y secos secuenciales y los trimestres NDE (b) y SON (d) del índice ONI. Los puntos llenos muestran los *odd ratio* de las regresiones logísticas significativas con un 5% de significancia.

excepto en una estación para los casos secuenciales. En cuanto a los *odds ratio*, todos los valores significativos resultaron menores a 1. Las condiciones del ENSO de primavera, por tanto, ya anticipan el mismo tipo de relación que se encuentra entre los eventos cálidos y secos y la fase del ENSO del verano.

4) CONCLUSIÓN

Los extremos cálidos y secos se encuentran inmersos en un sistema donde preexisten distintos fenómenos y mecanismos que pueden afectarlos, por lo tanto, resulta de gran interés estudiar el rol que ocupan diversos forzantes sobre su ocurrencia. En este trabajo se buscó estudiar la relación entre las distintas fases del ENSO (representadas por el índice ONI) y la ocurrencia de meses cálidos y secos durante el verano en Argentina, al norte de 40°S. Para llevarlo a cabo, se aplicó la técnica de regresión logística que permitió modelar y cuantificar dicha relación.

Basándose en el parámetro *odd ratio*, la probabilidad de ocurrencia de un mes cálido y seco se reduce entre un 40 y 80% para los casos simultáneos y en más del 60% para los casos secuenciales (mes seco seguido de mes cálido) a medida que aumenta el índice ONI en una unidad. Estos resultados se observaron para el verano, resultando estadísticamente significativos al 5% en distintas estaciones del centro de Argentina. La región noroeste muestra un comportamiento opuesto, aunque los valores de *odd ratio* encontrados no llegaron a ser significativos. Del mismo modo, se analizó la relación entre los meses cálidos y secos y las condiciones previas del ENSO (representadas por el trimestre SON del índice ONI). Resulta de gran interés realizar este tipo de análisis ya que brinda información sobre el rol que puede ocupar el ENSO en la predicción de extremos cálidos y secos en la región de estudio. Se determinó que la probabilidad de ocurrencia disminuye en más del 60% a medida que el índice ONI de primavera aumenta en una unidad.

En conclusión, este trabajo sugiere que la ocurrencia simultánea o secuencial de meses cálidos y secos se ve favorecida bajo las condiciones generadas durante La Niña tanto en los meses de verano (DEF) como en los meses previos (SON), excepto en el noroeste argentino. La técnica de regresión logística permitió cuantificar el cambio de probabilidad de ocurrencia de los eventos compuestos en función del índice ONI. Los resultados más significativos se encontraron para la región central del país.

REFERENCIAS

Hao, Z., Hao, F., Singh, V.P., Zhang, X., 2018: Quantifying the relationship between compound dry and hot events and El Niño–Southern Oscillation (ENSO) at the global scale, *J. Hydrol.* 567, 332–338. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.10.022>

Moore, D.S., G.P. McCabe, B.A.Craig, 2009: Introduction to the practice of statistics. New York: W.H. Freeman.

Seneviratne, S.I., N. Nicholls, D. Easterling, C.M. Goodess, S. Kanae, J. Kossin, Y. Luo, J. Marengo, K. McInnes, M.Rahimi, M. Reichstein, A. Sorteberg, C. Vera, and X. Zhang, 2012: Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment. In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 109-230

Wilks, D.S., 2011: Statistical Methods in the Atmospheric Sciences. 3rd Edition, Academic Press, Oxford.