

OLAS DE CALOR COMPUESTAS EN EL SUR DE SUDAMÉRICA Y SU MODULACIÓN POR FORZANTES CLIMÁTICOS DE GRAN ESCALA

Agustina Lopez Ramirez^{1,2}, Mariana Barrucand^{1,2}, Soledad Collazo^{1,3}
alopez@at.fcen.uba.ar

¹Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, FCEN, Universidad de Buenos Aires, ARGENTINA

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, ARGENTINA

³Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid, ESPAÑA

Palabras clave: ENSO, PDO, Eventos Extremos.

1) INTRODUCCIÓN

Las olas de calor compuestas, que combinan temperaturas extremas con déficits o excesos de precipitación, representan fenómenos de alto impacto en el sur de Sudamérica (SSA). Comprender los factores que controlan su ocurrencia es esencial para mejorar las estrategias de adaptación. En este estudio, se busca analizar la influencia de forzantes climáticos de gran escala, con especial foco en el ENSO, la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO), el dipolo del Océano Índico (IOD) y el Modo Anular del Sur (SAM) sobre la frecuencia de distintos tipos de olas de calor compuestas en SSA durante el período 1979-2018.

2) DATOS Y MÉTODOS

Se utilizaron datos diarios de temperatura máxima y precipitación de 132 estaciones meteorológicas distribuidas en SSA, correspondientes a los meses de octubre a marzo entre 1979 y 2018. Se aplicaron procedimientos de control de calidad para detectar y corregir posibles errores, valores atípicos e inconsistencias.

Una vez que se recopilaron los datos, se definieron los eventos compuestos como la ocurrencia simultánea o secuencial de olas de calor y déficits o excesos de precipitación. Las olas de calor se identificaron como periodos en los que la temperatura máxima superó el percentil 90 (calculado en base al periodo 1981-2010 con una ventana móvil de 15 días) durante al menos 3 días consecutivos. Los déficits y excesos de precipitación se determinaron a partir del Índice de Precipitación Estandarizada (SPI, por sus siglas en inglés) para 1 y 3 meses. De este modo, se obtuvieron olas secas simultáneas (OSSI), que son olas de calor coincidentes con sequías ($SPI1 < -1$ y $SPI3 < -1$); olas secas secuenciales (OSSE), caracterizadas por olas de calor que siguen a una sequía ($SPI1 > -1$ y $SPI3 < -1$); olas húmedas simultáneas (OHSI), definidas por olas de calor concurrentes con excesos de humedad ($SPI1 > 1$ y $SPI3 > 1$); y olas húmedas secuenciales (OHSE), en las que las olas de calor son seguidas por excesos de humedad ($SPI1$ en el mes $i < 1$ y $SPI3$ en el mes $i+2 > 1$, siendo i el mes donde ocurrió la ola de calor).

La influencia de los forzantes en la ocurrencia de eventos compuestos se analizó a partir de sus respectivos índices. El índice ONI se obtuvo en escala trimestral del Climate Prediction Center de NOAA (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>), mientras que los índices PDO (disponible en <https://psl.noaa.gov/data/climateindices/list/>), IOD (disponible en https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/international/ocean_monitoring/indian/IODMI/DMI_month.html) y SAM (disponible en <http://www.nerc-bas.ac.uk/icd/gjma/sam.html>) fueron descargado en escala mensual. Para cada ola de calor compuesta identificada, se determinó el

mes en que ocurrió y se asignó como forzante climático la fase de cada índice en el mes anterior. En el caso del ONI, que se encuentra en escala trimestral, se consideró el valor del trimestre centrado en el mes previo al de la ola de calor. Esta metodología busca capturar posibles influencias climáticas que preceden a la ocurrencia de los eventos.

Para cada forzante y fase, se calculó la frecuencia relativa como la proporción de eventos ocurridos bajo dicha fase respecto al total de eventos en cada estación. La significancia estadística de las diferencias fue evaluada mediante un test exacto de Fisher con un nivel de confianza del 95%. Si bien también se analizó la influencia del IOD y del SAM, la señal fue débil y, por lo tanto, sus resultados no se presentan en este trabajo.

Adicionalmente, se evaluó la influencia conjunta de los forzantes. Para ello, se definieron 24 combinaciones de forzantes (CF) en base a todas las posibles fases de ENSO (El Niño, Neutral, La Niña), PDO (positiva/negativa), IOD (positiva/negativa) y SAM (positiva/negativa). Cada mes de la estación cálida del período de estudio fue clasificado según su CF correspondiente. Luego, se identificaron los meses con al menos una estación afectada por olas de calor compuestas, y se calculó la probabilidad condicional de ocurrencia de cada tipo de evento. Finalmente, se estimó el porcentaje de estaciones afectadas para analizar la extensión espacial asociada a cada CF.

3) RESULTADOS

La Figura 1 muestra la influencia de las fases del ENSO en la frecuencia de olas de calor compuestas. La fase La Niña se asoció significativamente con un aumento en la frecuencia de eventos secos (OSSI y OSSE). En el caso de los OSSI, los eventos fueron más frecuentes durante La Niña, especialmente en el centro y noreste de Argentina, donde las frecuencias relativas superaron el 70%. En contraste, los OSSI durante El Niño fueron menos frecuentes. Por otro lado, los OSSE fueron más comunes bajo condiciones de La Niña, sobre todo en el noreste de Argentina y la región pampeana. Sin embargo, en el noroeste argentino, la ocurrencia de OSSE pareció estar vinculada a El Niño.

En el caso de los eventos cálidos y húmedos (OHSI y OHSE), su frecuencia absoluta fue considerablemente menor en comparación con los eventos cálidos y secos. En la región central de Chile y el sector noreste del área de estudio, estos eventos fueron más frecuentes durante El Niño. Fuera de estas zonas, los resultados estadísticamente significativos fueron escasos y no permitieron establecer patrones claros.

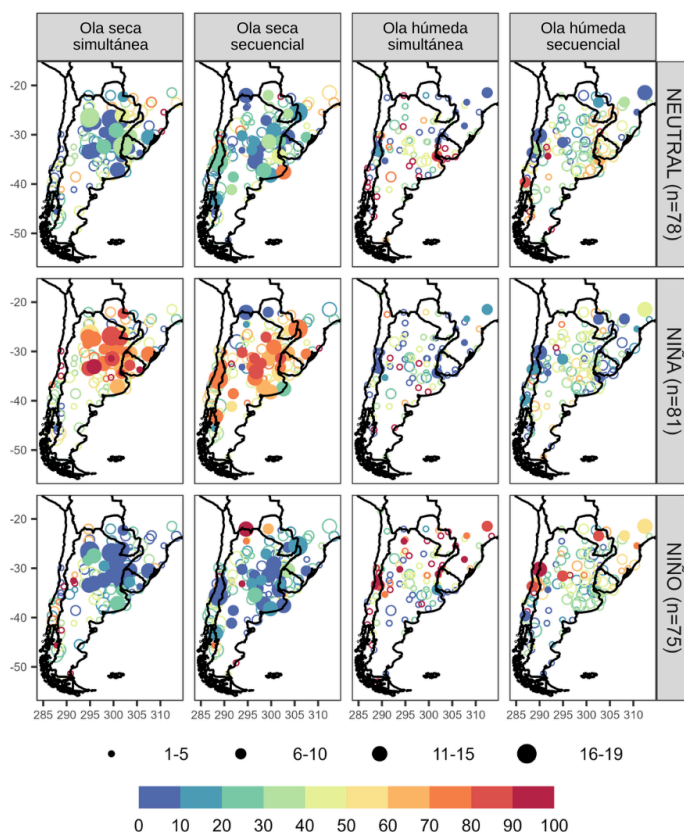


Figura 1: Frecuencias relativas de eventos en cada fase de ENSO, respecto a la frecuencia absoluta de eventos en cada estación. El tamaño de los puntos indica la frecuencia absoluta de eventos (agrupada en cuatro categorías). Los círculos rellenos representan resultados estadísticamente significativos al nivel del 5%. Los valores "n" entre paréntesis corresponden con la frecuencia absoluta de cada fase del forzante (expresada en meses) en el periodo 1979-2018.

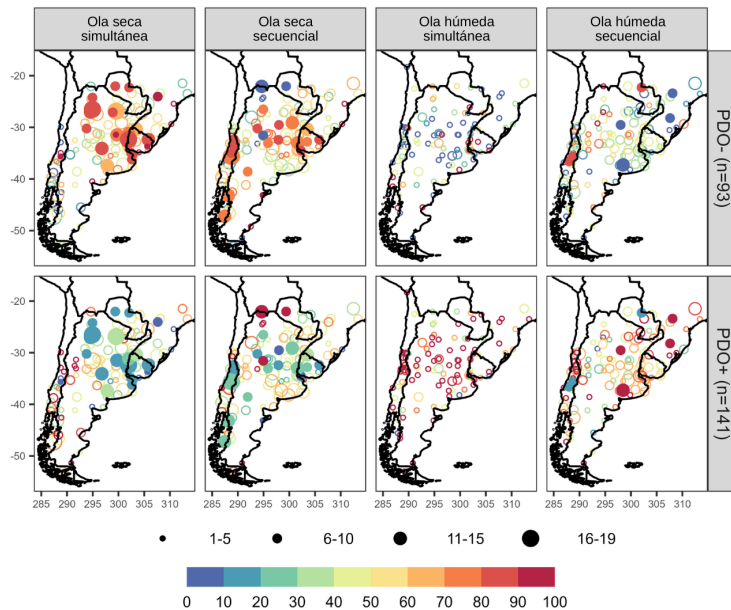


Figura 2: Igual a la Figura 1, pero para PDO.

embargo, cabe destacar que algunas estaciones del noroeste argentino registraron una mayor ocurrencia de eventos durante PDO+. Los eventos húmedos (OHSI y OHSE) no mostraron una señal clara en respuesta a las fases de la PDO. No obstante, ciertas estaciones en el centro de Chile, partes de Brasil y dos estaciones en el centro y noreste de Argentina presentaron frecuencias más altas de OHSE durante la fase positiva de la PDO.

Si bien no se encontró un patrón claro de asociación entre los eventos compuestos estudiados y los índices IOD y SAM, el análisis conjunto de los forzantes (no se muestra en este trabajo) reveló que la combinación de condiciones La Niña, PDO-, IOD- y SAM+, ejercen una influencia destacada sobre la ocurrencia de eventos. Esta configuración tendió a favorecer la aparición de eventos secos (OSSI y OSSE), mientras que inhibió los eventos húmedos (OHSI y OHSE), especialmente en el centro de Chile, centro de Argentina y Uruguay.

4) CONCLUSIONES

Los resultados evidencian el importante rol de ENSO y PDO en la modulación de las olas de calor compuestas en el SSA. La Niña y PDO- favorecen la ocurrencia de eventos secos, especialmente cuando se dan bajo una fase negativa del IOD y positiva de SAM. Los eventos cálidos y húmedos son mucho menos frecuentes que los cálidos y secos, siendo El Niño el principal forzante de este tipo de eventos para el centro de Chile y noreste de la región SSA.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por los proyectos PICT2019-2019-02933, CONICET PIP 0333 (2021-2023), UBACyT 20020220200111BA, proyecto SAFETE, financiado por el programa de investigación e innovación Horizonte 2020 de la Unión Europea, según el acuerdo de subvención Marie Skłodowska-Curie n° 847635 (UNA4CAREER).

Los resultados asociados a la PDO se presentan en la Figura 2. La fase negativa (PDO-) se vinculó con un aumento en la frecuencia de eventos secos (OSSI y OSSE), mientras que la fase positiva (PDO+) pareció favorecer los eventos húmedos (OHSI y OHSE). Para los OSSI, se observaron frecuencias relativas altas (>70%) durante la PDO- en el centro y noreste de Argentina. En cambio, durante la PDO+, las frecuencias relativas fueron inferiores al 30%. En el caso de los OSSE, los eventos fueron notablemente más frecuentes durante la PDO, especialmente en el centro de Argentina, Uruguay y Chile. Sin