

INTENSIDAD, DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y VARIABILIDAD TEMPORAL DE LOS EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITACIÓN EN LOS BAJOS SUBMERIDIONALES

M. Josefina Pierrestegui^{1,2}, Edna L. Espinosa^{2,3}, Miguel A. Lovino^{1,2}, Gabriela V. Müller^{1,2}, Leticia Rodríguez³

mjpierrestegui@fich.unl.edu.ar . Autora correspondiente.

¹Centro de Estudios de Variabilidad y Cambio Climático - Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Universidad Nacional del Litoral (CEVARCAM-FICH-UNL), Santa Fe

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

³Centro de Estudios Hidro-ambientales - Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Universidad Nacional del Litoral (CENEHA-FICH-UNL), Santa Fe

Palabras clave: Índice estandarizado de precipitación, Análisis Espectral Singular, El Niño – Oscilación Sur

1) INTRODUCCIÓN

Este trabajo investiga la intensidad, distribución espacial y variabilidad temporal de los eventos extremos de precipitación (EEPs) en diferentes escalas de tiempo relevantes para la agricultura y los recursos hídricos sobre la región del Chaco Austral de Argentina (ChA) durante el período 1901-2016. El ChA cubre 284.000 km² y tiene una baja densidad de población. La vulnerabilidad a los EEPs de esta región está relacionada con la fragilidad del ecosistema debido a las tasas crecientes de deforestación y su sensibilidad a la variabilidad climática.

Dentro del ChA se encuentra la cuenca de los Bajos Submeridionales (BsSs), que es una región particularmente sensible del ecosistema. La cuenca de los BsSs tiene 53.824 km² y se extiende sobre tres provincias argentinas: norte de Santa Fe, sur de Chaco y este de Santiago del Estero. El estudio de los EEPs proporciona información valiosa para asistir en la gestión de los recursos hídricos, así como en la planificación del uso de la tierra y de la agricultura.

2) DATOS Y METODOLOGÍA

Para el estudio se cuenta con una base de datos de precipitación mensual observada de 101 estaciones meteorológicas, cuya consistencia y calidad fue evaluada. Considerando la distribución espacial, período de información disponible y consistencia de la información, se seleccionaron finalmente 49 estaciones. Debe considerarse que la región se caracteriza por una escasa red de observación. Las observaciones se complementaron con la base de datos grillada global GPCC v2018 (Global Precipitation Climatology Centre; Schneider et al., 2018), que demostró un mejor ajuste con las observaciones que la base de datos CRU TS 4.03 (University of East Anglia Climatic Research Unit; Harris et al., 2020). Si bien GPCC v2018 mostró un buen ajuste en la región, el limitado número de estaciones de observación utilizadas para la interpolación eleva la incertidumbre de la base de datos, principalmente a principios del siglo XX.

Para la identificación de los EEPs se utilizó el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI), calculado mediante un enfoque no paramétrico (Hao and AghaKouchak, 2014) a diferentes escalas temporales: 3, 9, 12, 18, y 24 meses. El enfoque no paramétrico permite una mejor distinción entre las categorías de excesos y déficits hídricos, representando mejor las condiciones extremas de precipitación. Las escalas temporales más cortas permiten estudiar aspectos relevantes para la agricultura, mientras que las escalas de largo plazo permiten identificar anomalías de precipitación con impactos en el agua subterránea y superficial.

Los eventos húmedos y secos se clasificaron en categorías utilizando rangos de SPI asociados a una determinada probabilidad de ocurrencia, siguiendo la escala propuesta por McKee et al.

(1993). El estudio se focaliza en los EEPs de categoría al menos severamente húmedos/secos, es decir, aquellos eventos donde al menos un mes el $SPI > 1.5$ o $SPI < -1.5$. Se generaron series temporales del promedio areal del SPI y de extensión espacial de EEPs bajo condiciones al menos severas para las diferentes escalas de tiempo. Se definió a los meses críticos como aquellos en que el área afectada por EEPs severos es mayor al 50 % de la región. Para detectar las áreas con condiciones extremas, se calculó para cada punto de grilla el promedio de intensidad del SPI durante los meses críticos.

Para detectar los modos principales de la variabilidad temporal del SPI y de la extensión espacial de EEPs severos para las diferentes escalas de tiempo, se realizó un Análisis Espectral Singular (Ghil et al., 2001; Wilks, 2006). Se llevó a cabo una prueba de Monte Carlo con un conjunto de 1000 realizaciones independientes, a fin de distinguir componentes temporales-principales significativos con un nivel de confianza del 95%.

Finalmente, se identificaron los eventos extremos del fenómeno El Niño – Oscilación Sur (eventos ENOS en adelante) y se estudiaron asociados al SPI3 y SPI24. Para la identificación de eventos ENOS se analizó el Índice Oceánico del Niño disponible a partir de 1950; para el período previo a 1950, se analizaron las anomalías de la Temperatura Superficial del Mar en el Océano Pacífico ecuatorial y tropical para eventos El Niño (EN), y el Índice de Oscilación del Sur para eventos La Niña (LN). Para los períodos con eventos ENOS, se generaron composiciones bianuales de SPI3, SPI24 y precipitación mensual, y se compararon con el respectivo ciclo anual medio climatológico.

3) RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados indican que los EEPs caracterizados por el SPI24, que favorecen excesos o déficits hídricos de larga duración con impactos hidrológicos, sufrieron dos períodos de largo plazo diferenciados: uno seco antes de 1960 y uno húmedo desde 1960 hasta 2005 (Figura 1c). A su vez, los extremos húmedos estacionales, caracterizados por el SPI3, fueron más frecuentes durante el período húmedo de largo plazo, mientras que las sequías estacionales fueron más frecuentes y con mayor extensión espacial durante el período seco de largo plazo.

La Figura 1 muestra que se produjeron sequías hidrológicas severas entre 1922 y 1940. Este

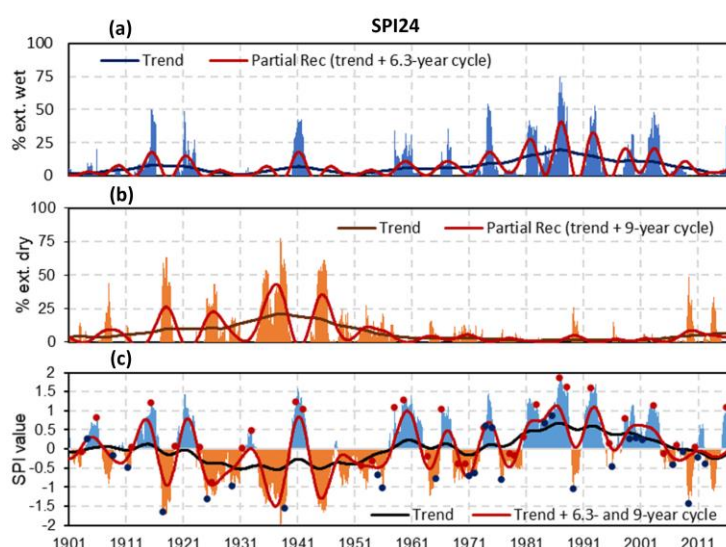


Figura 1: Porcentaje de la región bajo condiciones al menos severamente (a) húmedas ($SPI_{24} > 1.5$) y (b) secas ($SPI_{24} < -1.5$). (c) Serie temporal del SPI24, período 1901-2016. Los puntos rojos (azules) muestran el valor máximo (mínimo) del SPI24 entre octubre (o) y abril (++) para eventos EN (LN).

período prolongado de sequía coincidió con el llamado “Pampas Dust Bowl”, sugiriendo que afectó también a la región estudiada. Por otro lado, los EEPs húmedos más severos (tanto en intensidad como en extensión espacial) ocurrieron en el período 1960-2005. Desde 2006, se observa que la tendencia húmeda de largo plazo se ha invertido, favoreciendo las sequías en los últimos años del período de estudio.

Los modos principales de la variabilidad temporal para el SPI indicaron que los eventos húmedos y secos presentan una gran variabilidad interanual con ciclos significativos de 6,3 y 9 años que, combinado con tendencias de largo plazo, favorecen la ocurrencia de

EEPs. Para la escala temporal de 24 meses, se observa un ciclo de 6,3 años para la extensión espacial de EEPs húmedos, más significativo durante el período húmedo (Figura 1a), y un ciclo de 9 años para la extensión espacial de EEPs secos, más significativo durante el período seco (Figura 1b). Las tendencias no lineales junto con los ciclos combinados de 6,3 y 9 años explican el 66,5 % de la varianza en la reconstrucción parcial de la serie temporal para el SPI24. Los EEPs estacionales también presentan una marcada variabilidad interanual, con un ciclo de 6,3 años para el SPI3 y para la serie temporal de extensión espacial de EEPs húmedos/secos. Los resultados sugieren que la mayoría de los EEPs húmedos/secos tanto estacionales como de larga duración ocurrieron durante eventos de El Niño/La Niña. Aunque la relación no es directa, se encontró una señal ENOS discriminante para la precipitación y los EEPs estacionales que se destaca entre octubre del año en que comienza un evento ENOS y febrero del año siguiente. Sin embargo, ciertos eventos ENOS no han causado EEPs y, por el contrario, algunos EEP no han ocurrido durante eventos ENOS. Esto puede deberse a forzantes en otras escalas temporales tanto locales como regionales.

Finalmente, los EEPs mostraron una extensión espacial importante en los BsSs. Los EEPs estacionales tanto secos como húmedos registraron condiciones severas en la mayor parte del ChA durante meses críticos. A escalas representadas por SPI en 12, 18 y 24 meses, se observan condiciones severamente secas y húmedas concentradas hacia el centro-este y noreste del ChA, mientras que es más probable que se desarrollen EEPs extremadamente secos y húmedos ($SPI > 2$ o $SPI < -2$) en la región centro-este del ChA. Por lo tanto, la porción noreste de la cuenca BsSs, es la más propensa a los EEPs de condiciones extremas, tanto húmedos como secos (Figura 2).

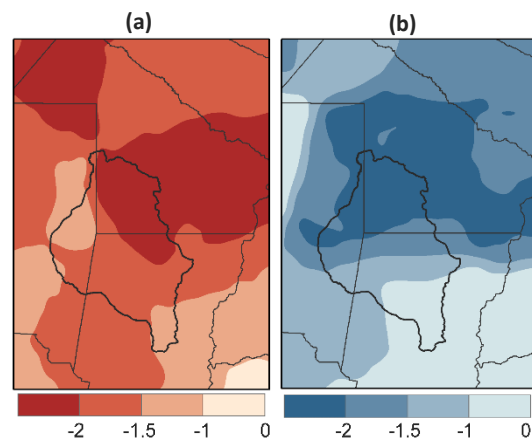


Figura 2: Campos espaciales de intensidad promedio de SPI12 en los meses críticos (más del 50% de la región bajo condiciones al menos severas): a) secos y b) húmedos. En línea negra se muestra la cuenca BsSs.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Hugo Terré y Mario Basan por brindar atentamente los datos de precipitación. Este trabajo contó con el apoyo de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica de Argentina (Proyectos PICT-2016-1334, PICT-2019-2019-03982 y PICT-2019-2019-00481), la Universidad Nacional del Litoral (CAI+D-2020-50620190100082LI), y el CONICET (PIP-CONICET N° 11220200102257CO).

REFERENCIAS

- Ghil M., Allen M.R., Dettinger M.D., et al., 2001:** Advanced spectral method for climatic time series. *Reviews of Geophysics*, 40(1), 1003.
- Hao Z. and AghaKouchak A., 2014:** A non-parametric multivariate multi-index drought monitoring framework. *Journal of Hydrometeorology*, 15, 89–101.
- Harris I., Osborn T.J., Jones P. y Lister D., 2020:** Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. *Scientific Data*, 7(109), 1–18.
- McKee T.B., Doesken N.J. y Kleist J., 1993:** The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*. American Meteorological Society, Boston, MA, pp. 179–183.
- Schneider U., Becker A., Finger P., et al., 2018:** GPCP full data monthly product version 2018 at 0.25: monthly land-surface precipitation from rain gauges built on GTS-based and historical data.
- Wilks D.S., 2006:** *Statistical methods in the atmospheric sciences*, 2nd ed. London: A.Press, p.627.