



VARIABILIDAD TEMPORAL DE LOS EVENTOS HIDROCLIMÁTICOS EXTREMOS E INTERACCIÓN ENTRE LOS SUBSISTEMAS ZONA NO SATURADA Y ZONA SATURADA EN EL NORDESTE DE ARGENTINA

Bernal, Anelim¹

¹ Centro de Estudios de Variabilidad y Cambio Climático FICH-UNL

Director/a: Lovino, Miguel.

Codirectora: Müller, Gabriela

Área: Ciencias Exactas.

Palabras claves: Índices estandarizados no paramétricos, análisis espectral singular, nordeste de Argentina.

INTRODUCCIÓN

El nordeste de Argentina es altamente vulnerable a los impactos de los eventos hidrológicos extremos (EHE) debido a que concentra la mayor parte de la producción agroindustrial y la población del país. En este sentido, diversos estudios han reconocido que el análisis de una sola variable hidrológica es insuficiente para definir el inicio, la persistencia y la terminación de un evento extremo en forma precisa (AghaKouchak, 2015). Para caracterizar el comportamiento de las variables hidrológicas en múltiples escalas de tiempo y reflejar el impacto de eventos extremos, uno de los índices más aceptados por su simplicidad y robustez en el índice estandarizado de Precipitación (SPI por sus siglas en inglés, McKee et al., 1993 y luego simplificado por Farahmand y AghaKouchak, 2015).

El SPI se utiliza para el análisis de tendencias y variabilidad a diferentes escalas temporales para distintas regiones del mundo (Tallaksen et al., 2006). Las tendencias no lineales permiten evaluar la evolución temporal de los cambios a largo plazo en los eventos extremos mientras que los modos oscilatorios proporcionan información sobre su variabilidad temporal.

El análisis de la región se solventa con el estudio de los eventos hidrológicos históricos en distintas escalas temporales, las direcciones de sus tendencias y ciclos oscilatorios de variabilidad

Título del proyecto: Variabilidad y cambios temporales de los eventos hidrológicos extremos y sus efectos en los subsistemas acoplados zona no saturada - acuífero libre en el nordeste de Argentina.

Instrumento: Tesis de Maestría

Año convocatorio: 2018

Organismo financiador: Organización Meteorológica Mundial (OMM)

Director: Lovino, Miguel

OBJETIVOS

Identificar los eventos hidroclicmáticos extremos y su variabilidad temporal en las variables precipitación, humedad del suelo y el nivel freático (subsistemas zona no saturada--acuifero libre) en el nordeste de Argentina.

METODOLOGÍA

Se utilizaron datos observados de precipitación de 8 estaciones representativas del área de estudio en el nordeste de Argentina (58.5-63.5W y 27.5-34.5S; Figura 1). Los datos fueron otorgados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Argentina. Como complemento a las observaciones, se utilizaron bases de datos grillados de precipitación en alta resolución a paso mensual, CRU TS 4.01 (Harris, 2014) y del Global Precipitation Climatology Center Versión 2018 (GPCCv2018; Schneider et al., 2018). Se indagó cuál de las series estima mejor la precipitación en el área de estudio. La zona no saturada se analizó a partir del contenido de humedad de suelo estimada a través de simulaciones con el modelo de Capacidad de Infiltración Variable (VIC; Sgroi, 2017), usando forzantes del Climate Forecast System Reanalysis (CFRS) y del CFS.v2 (Saha et al., 2010). Los datos analizados corresponden al período 1980-2016 para las profundidades de 0.10 m, 0.40m, 1.0m y 2.0m con una resolución espacial de 0.5 x 0.5°. La zona saturada se estudió a partir del nivel freático correspondiente a la estación Rafaela, con datos a paso mensual en el periodo 1970 – 2017. Se consideró Rafaela como representación local de la región hidrogeológica Oriental.

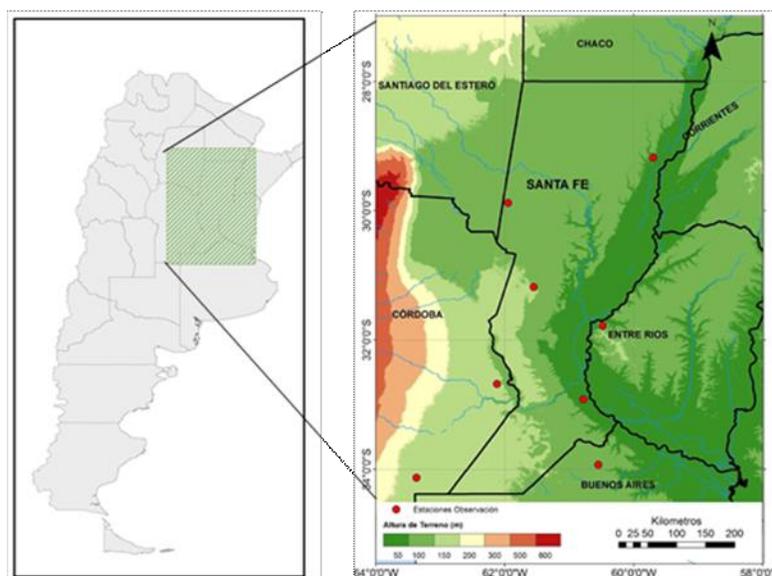


Figura 1. Estaciones pluviométricas representativas en el área de estudio.

Se analizaron los EHE en el periodo 1979-2016 mediante la construcción de índices estandarizados no paramétricos (SI) aplicados a la precipitación (SPI), contenido de humedad de suelo (SSI) y niveles freáticos (SGI). Estos índices permiten cuantificar los déficits/excesos hídricos y su incidencia en la zona no saturada y saturada del suelo, así como también sus interrelaciones. La intensidad de un evento hidroclicmático extremo se clasificará cuando el índice estandarizado (SI) excede cierto umbral. Para este estudio se consideró la escala de clasificación que plantea Hao et al. (2014). La duración de eventos individuales se definió entre ceros que

delimitan el valor del exceso/déficit. En este estudio, se estimaron las series de tiempo promedio areal de los índices SPI, SSI así como los índices SPI, SSI y SGI en Rafaela en el período 1979 – 2016 en las escalas temporales de 1, 3, 6, 9, 12 y 24 meses. La vinculación entre los subsistemas se realizó a través de la comparación de los campos espaciales y temporales, el número de eventos y su duración, evaluados en distintas escalas temporales.

La variabilidad temporal se analiza con el Análisis Espectral Singular (SSA; Wilks, 2006) para determinar tendencias y ciclos oscilatorios. El método SSA describe la variabilidad de una serie de tiempo por su descomposición de valores propios en funciones ortogonales empíricas temporales (T-EOFs, por sus siglas en inglés) y componentes principales temporales (T-PC). Considerando que el período de datos disponible es de 37 años, se seleccionó una longitud de ventana $M = 10$ años. Así, en este estudio, la variabilidad interanual representa el espectro entre 2 y 10 años.

CONCLUSIONES

Este trabajo analizó la variabilidad de los eventos extremos de precipitación y su interacción con los subsistemas zona no saturada - acuífero libre en el nordeste de Argentina en el periodo 1979-2016. Para representar la precipitación del área de estudio se consideró la base de datos de alta resolución GPCC v2018 ya que arrojó un mejor ajuste en los valores medios y extremos observados con respecto a CRU TS 4.01.

Los eventos extremos promedio areal en el periodo de estudio se pudieron categorizar como 9 eventos húmedos y 5 eventos secos. Entre los eventos más relevantes se encontró el categorizado como evento húmedo excepcional entre los años 2000-2003, con una duración promedio de 40 meses y el excepcionalmente seco que se prolongó por 12 meses en el periodo 2008-2009. La duración e intensidad de eventos húmedos se aprecian mejor en los niveles inferiores de la zona no saturada del suelo que los eventos secos. En una escala relativamente corta de tiempo, el contenido de humedad del suelo responde a anomalías de precipitación, resaltando que las correlaciones máximas ($r = 0.81$) se encontraron entre SPI12 y SSI6.

La aplicación del SSA a los índices estandarizados en sus diferentes escalas temporales no mostró tendencias no lineales. Por otro lado, en las series de los índices estandarizados de 3, 6 y 12 meses se encontraron dos bandas de variabilidad, una con períodos dominantes de $T \approx 10$ años y otros de alta frecuencia de $T \approx 2.5 - 4$ años. Mientras que, las series de índices estandarizados a 24 meses solo presenta variabilidad temporal en escalas decadal ($T \approx 10$ años). Estos resultados permiten determinar que los eventos extremos, en extensión espacial e intensidad presentan las mismas periodicidades dominantes.

En cuanto a la estación de Rafaela los índices estandarizados mostraron coincidencia en intensidad en gran parte de los eventos contabilizados. Asimismo, se evidencia como las anomalías de precipitación durante el periodo de estudio se manifiestan de manera retardada a través de los niveles inferiores, alcanzando un retardo en promedio de 10 meses en los niveles freáticos (SGI). Por lo tanto, hay una correlación significativa entre la precipitación con la zona saturada y no saturada. Cabe resaltar que, en el año 2008 a pesar de las magnitudes de las anomalías SPI /SSI no se identificó el evento de déficit en los niveles freáticos. En general, se encontró coincidencia de los eventos en intensidad, la duración y la frecuencia de los índices analizados.

La serie histórica del SPI12 en Rafaela mostró que hasta 1970 predominaron eventos de sequía de intensidad severa y de larga duración mientras que, en el periodo comprendido entre 1970-2015 predominaron eventos húmedos de larga duración. Finalmente, la variabilidad temporal mostro en SPI12 un ciclo dominante de $T \approx 7$ años, en SSI6 a 40 cm presenta un ciclo

oscilatorio de alta frecuencia de $T \approx 2.5$ años, mientras que el SGI presenta una tendencia con influencia de la variabilidad decadal.

La vinculación entre los subsistemas precipitación – zona no saturada del suelo simulada con el modelo VIC es muy notoria en el nordeste de Argentina. La humedad del suelo responde ante los extremos de precipitación, variando en escalas temporales y en profundidad de las capas analizadas. Se encontró una gran consistencia entre los eventos individuales analizados con SPI y SSI. En Rafaela, el SGI también mostró una respuesta clara ante la comparación con SPI y SSI. Por ende, se observó una importante influencia de la variabilidad interanual con períodos en el rango de oscilación de la Oscilación del Sur de El Niño (entre 2-4 años) que se manifiesta claramente en los diferentes estratos del suelo. En esta región, además, la variabilidad cercana a la decadal mostró una importante modulación de los extremos interanuales. Cuando estos ciclos (decadal e interanual de corto período) se encuentran en fase, se produjeron los eventos extremos más significativos tanto de déficits como de excesos.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- AghaKouchak, A.**, 2015. A multivariate approach for persistence-based drought prediction: Application to the 2010–2011 East Africa drought. *Journal of Hydrology* 526, 127–135.
- Farahmand, A., AghaKouchak, A.**, 2015. A generalized framework for deriving nonparametric standardized drought indicators. *Advances in Water Resources*, 76, 140-145.
- Hao, Z., y AghaKouchak, A.**, 2014. A nonparametric multivariate multi-index drought monitoring framework. *Journal of Hydrometeorology*, 15(1), 89–101.
- Harris, I., Jones, P. D., Osborn, T.J. and Lister, D.H.**, 2014. Updated high-resolution grids of monthly climatic observations – the CRU TS3.10 Dataset. *Int. J. Climatol.*, 34: 623–642. doi: 10.1002/joc.3711.
- Sgroi L.**, 2017. Modelación de variables hidroclimáticas de superficie y evolución de su comportamiento en eventos extremos secos (tesis doctoral). Universidad Nacional del Litoral, Argentina.
- McKee T., Doesken N., Kleist J.**, 1993. The relation of drought frequency and duration to time scales. *Proceeding of the Eight Conference on Applied Climatology*. 17–22 January, Anaheim, California. Amer Meteor Soc. Boston, Massachusetts, pp 179–184.
- Saha, et al.**, 2010. The NCEP Climate Forecast System Reanalysis. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 91, 1015-1057. doi: 10.1175/2010BAMS3001.1.
- Schneider, Udo; Becker, Andreas; Finger, Peter; Meyer-Christoffer, Anja y Ziese, Markus.**, 2018. GPCC Full Data Monthly Product Version 2018 at 0.25°: Monthly Land-Surface Precipitation from Rain Gauges built on GTS-based and Historical Data. DOI: 10.5676/DWD_GPCC/FD_M_V2018_025.
- Tallaksen, L. M., Hisdal, H., and van Lanen, H. A. J.**, 2006. Propagation of drought in a groundwater fed catchment, the Pang in the UK in *Climate variability and change: hydrological impacts*, edited by: Demuth, S., Gustard, A., Planos, E., Scatena, F., and Servat, E., IAHS Publication no. 308, International Association of Hydrological Sciences (IAHS) 5th FRIEND World Conference Havana, Cuba, November 2006, Wallingford, UK, 128–133.
- Wilks, D.S.**, 2006. *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. Elsevier Inc, UK (627 pp).