

Relación de la temperatura superficial del mar en la variabilidad de las sequías para la cuenca alta del río Mayo, entre los estados de Sonora y Chihuahua

Relationship of sea surface temperature on drought variability for the upper Mayo River basin, between the states of Sonora and Chihuahua

Aldo Rafael Martínez-Sifuentes^{1*}, Rosalinda Cervantes-Martínez², Julián Cerano-Paredes¹, Jesús Arcadio Muñoz-Villalobos³

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera. Margen Derecho Canal del Sacramento km. 6.5, Zona Industrial 4ª Etapa, C.P. 35140, Gómez Palacio, Durango, México.

²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento Forestal. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista. C.P. 25315. Saltillo, Coahuila

³Campo Experimental Delicias, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 2 Carretera Delicias-Rosales C.P. 33000, Centro, Cd. Delicias, Chihuahua

*Autor para correspondencia: martinez.aldo@inifap.gob.mx

RESUMEN

Las sequías son un fenómeno que compromete la seguridad a nivel mundial; actualmente existe una demanda del recurso hídrico para satisfacer las necesidades de la población, sin embargo, este recurso ha presentado variabilidad debido al cambio climático. El objetivo del presente estudio fue analizar la precipitación y determinar la influencia de la temperatura superficial del mar en la variabilidad de las sequías a través del índice SPI en la cuenca alta del río Mayo en Chihuahua. Se descargó información de precipitación de 1901 a 2019, se analizó la variabilidad mediante histograma, diagrama de cajas y se calculó el SPI. Se analizó la influencia de la temperatura de la superficie del mar en el SPI mediante correlación espacial. se detectaron cinco periodos extremadamente húmedos ($SPI > 2.0$) y cuatro periodos extremadamente secos ($SPI < -2.0$). Los meses de abril, mayo, noviembre y diciembre tuvieron una fuerte influencia de las condiciones oceánicas en la variabilidad ambiental del SPI para la cuenca en estudio.

Palabras clave: Análisis espacial, Índice estandarizado de precipitación, variabilidad.

ABSTRACT

Droughts are a phenomenon that compromises security worldwide; there is currently a demand for water resources to satisfy the needs of the population; however, this resource has presented variability due to climate change. The objective of this study was to analyze precipitation and determine the influence of sea surface temperature on drought variability through the SPI index in the upper Mayo river basin in Chihuahua. Precipitation data from 1901 to 2019 was downloaded, variability was analyzed using histogram, box plot and SPI was calculated. The influence of sea surface temperature on SPI was analyzed by spatial correlation. Five extremely wet periods ($SPI > 2.0$) and four extremely dry periods ($SPI < -2.0$) were detected. The months of April, May, November and December had a strong influence of oceanic conditions on the environmental variability of SPI for the basin under study.

Keywords: Spatial analysis, Standardized Precipitation Index, variability.

INTRODUCCIÓN

Las sequías son una de los más grandes problemas que compromete la seguridad y

sobrevivencia humana a nivel mundial, en este sentido, es complicado definir una sequía, por el hecho de que son espacial y temporalmente variables, inciden de manera diferente a nivel regional, y es difícil precisar su inicio y final, magnitud, duración y extensión de impacto (Quiring y Papakryiakou 2003). Debido a la creciente demanda de recurso hídrico para satisfacer las necesidades urbanas, agrícolas y naturales, a causa de aumentos en temperatura y escasas en precipitación, se ha incrementado el estudio de sequías en zonas áridas de México y el mundo (Vicente-Serrano et al., 2010). Actualmente existen diversos índices de sequías, sin embargo, los más comunes son el Índice de Sequía de Severidad de Palmer (PDSI, por sus siglas en inglés) (Palmer 1968), y el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI, por sus siglas en inglés) (Mckee et al., 1993); donde el PDSI constituye un balance

hidrológico que considera parámetros como precipitación, escurrimiento, humedad y evaporación, en contraposición al SPI, que solamente emplea como insumo a la precipitación (Vicente-Serrano et al., 2010). El objetivo del presente estudio fue analizar la precipitación y determinar la influencia de la temperatura superficial del mar en la variabilidad de las sequías a través del índice SPI en la cuenca alta del río Mayo en Chihuahua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La cuenca alta del río Mayo estudio se localiza entre los estados de Chihuahua y Sonora (Figura 1), entre las coordenadas extremas 27°10'0" a 28°25'0" de latitud norte y de 108°5'0" a 109°10'0" de longitud oeste, con una superficie de 7,835.36 km². La temperatura media anual presenta un gradiente de 10 °C a 21 °C y la precipitación anual varía de 800 a 1200 mm.

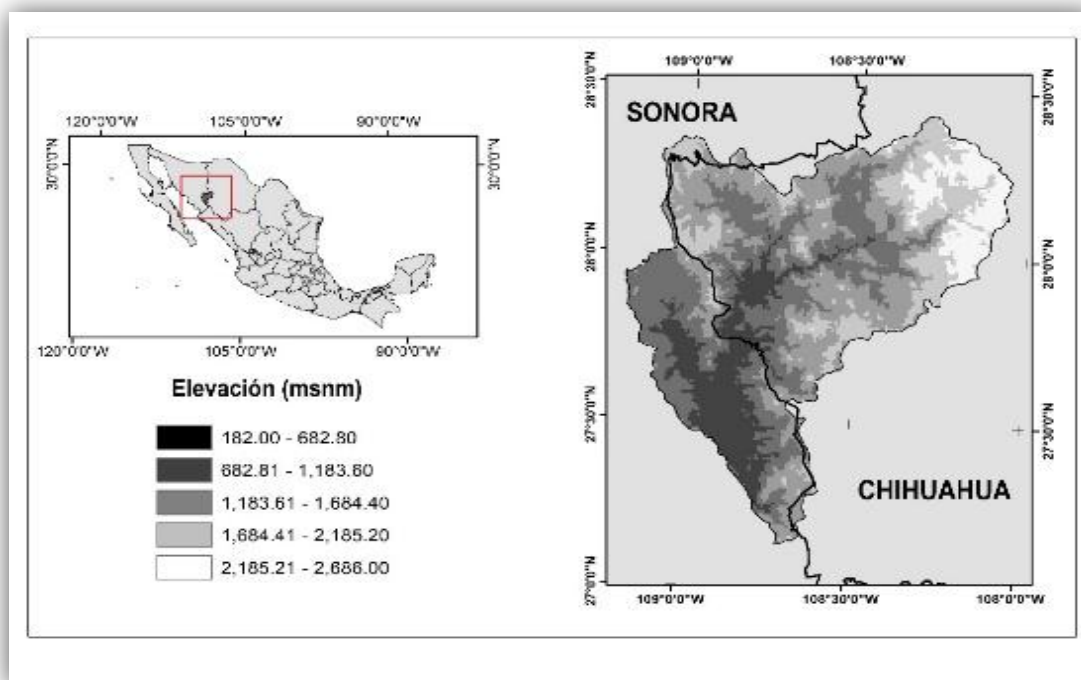


Figura 1. Ubicación geográfica de la cuenca alta río Mayo.

Información de precipitación

La información climática mensual de precipitación, se obtuvo de la base de datos de reanálisis Climate Research Unit desde 1901 a 2019 (Harris et al., 2020). Se calculó el índice SPI en ambiente RStudio versión 1.4.1717 (RStudio Team, 2020). Para denotar los eventos de sequía, se trabajó con la escalera temporal de SPI a 12 meses (Ortega, 2012). La categorización del SPI se realizó de acuerdo con la clasificación de la OMM (2012) (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de los valores de SPI.

Valor de SPI	Categoría
> 2.0	Extremadamente húmedo
1.5 – 1.99	Muy húmedo
1.0 – 1.49	Moderadamente húmedo
-0.99 – 0.99	Normal o aproximadamente normal
-1.0 – -1.49	Moderadamente seco
-1.5 – -1.99	Severamente seco
< -2.0	Extremadamente seco

La influencia entre la temperatura superficial del mar y el SPI se desarrolló a través de correlación espacial mediante el explorador climático KNMI (Royal Netherlands Meteorological Institute, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variabilidad de precipitación

La precipitación media anual acumulada para la cuenca alta del río Mayo fue de 880 mm desde 1901 hasta el año 2019, en donde el año de 1998 fue el más seco con una precipitación acumulada anual de 486 mm y en 2015 se encontró la precipitación máxima acumulada de 1274 mm (Figura 2).

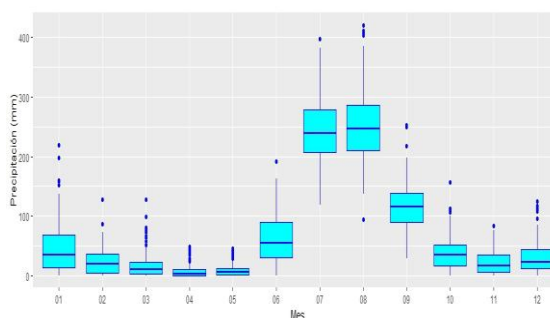


Figura 2. Variabilidad histórica (1901-2019) de la precipitación para la cuenca alta del río Mayo.

La precipitación mensual para la zona de estudio, a través del histograma indicó que existe un déficit en precipitación, ya que es muy poca la frecuencia de precipitación > 300 mm mensuales (Figura 3).

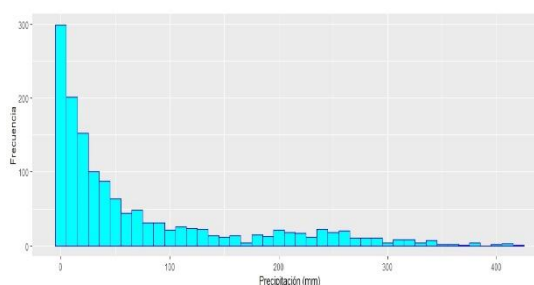


Figura 3. Histograma de frecuencias de la precipitación mensual.

El diagrama de cajas muestra el comportamiento mensual de la precipitación, con variabilidad en los meses de junio a agosto, y valores fuera del promedio en meses de enero, marzo y diciembre (Figura 4).

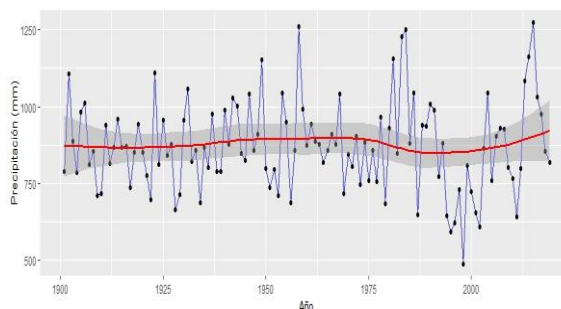


Figura 4. Diagrama de cajas de la precipitación mensual.

Variabilidad del SPI

La variabilidad del índice SPI (Figura 5) mostró diversos eventos catalogados como extremadamente húmedos y secos. Los periodos extremadamente húmedos se encuentran en julio 1949 a enero 1950, agosto 1958 a mayo 1959, marzo 1981 a marzo 1982, junio 1983 a agosto 1985 y abril 2013 a agosto 2018. Los eventos extremadamente secos de febrero a agosto de 1980, mayo 1987 a agosto 1988, febrero 1994 a agosto 2003 y enero 2011 a agosto 2012.

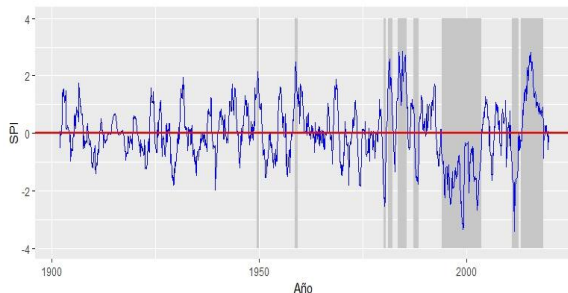


Figura 5. Variabilidad del índice SPI de 1901 a 2019, los periodos resaltados en color gris, son eventos extremadamente húmedos y secos.

La Figura 6 presenta la influencia de la temperatura superficial del mar en la variabilidad del SPI para la cuenca alta del río Mayo, se encontraron correlaciones significativas ($p < 0.05$) en los meses de febrero, marzo, abril, mayo, julio, noviembre y diciembre, pero las correlaciones más altas en los meses de abril, mayo, noviembre y diciembre. Es de notar que dicha región significativa es la conocida como ENSO 3.4.

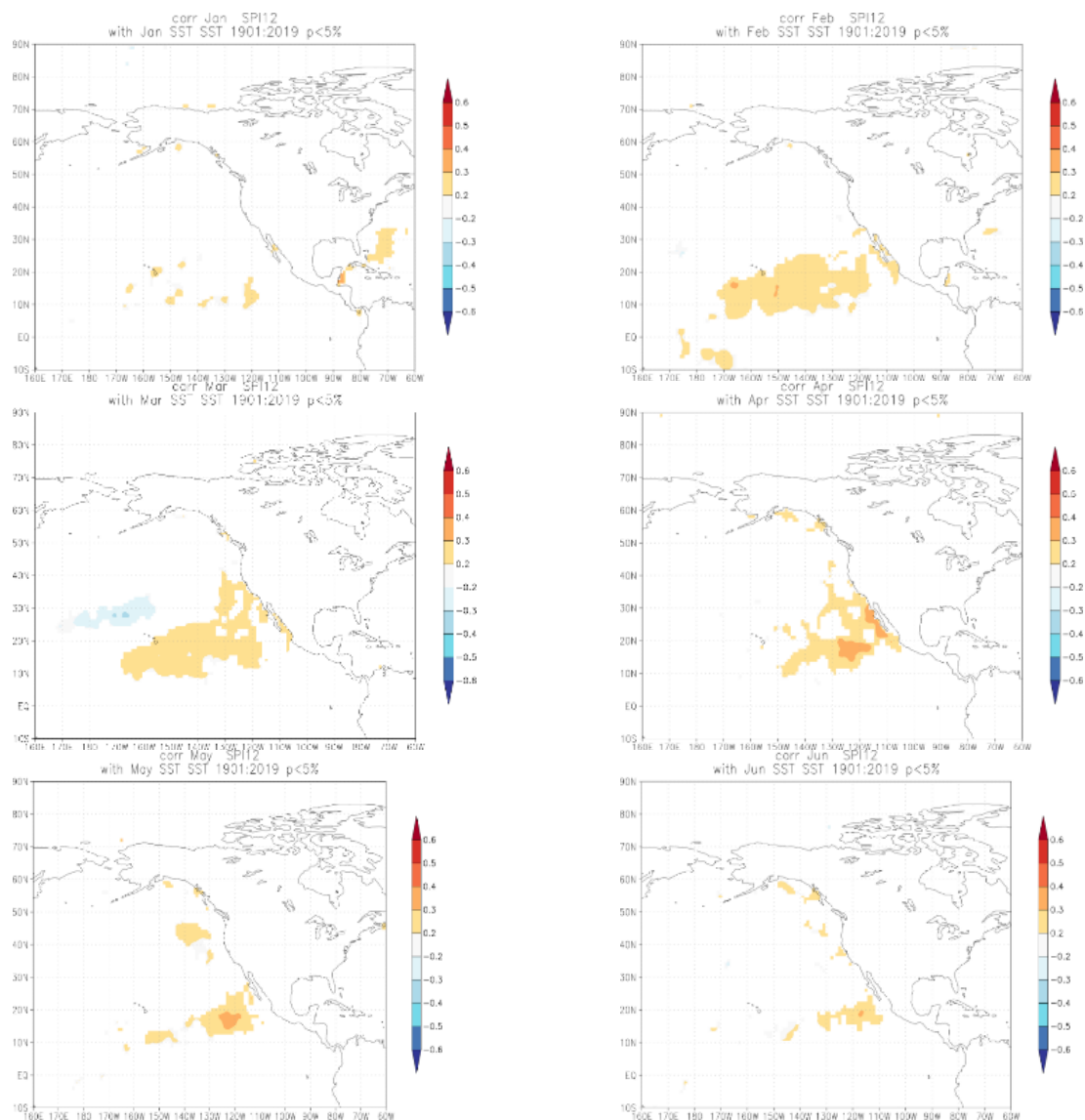


Figura 6. Asociación entre temperatura superficial del mar e índice SPI. Continúa.....



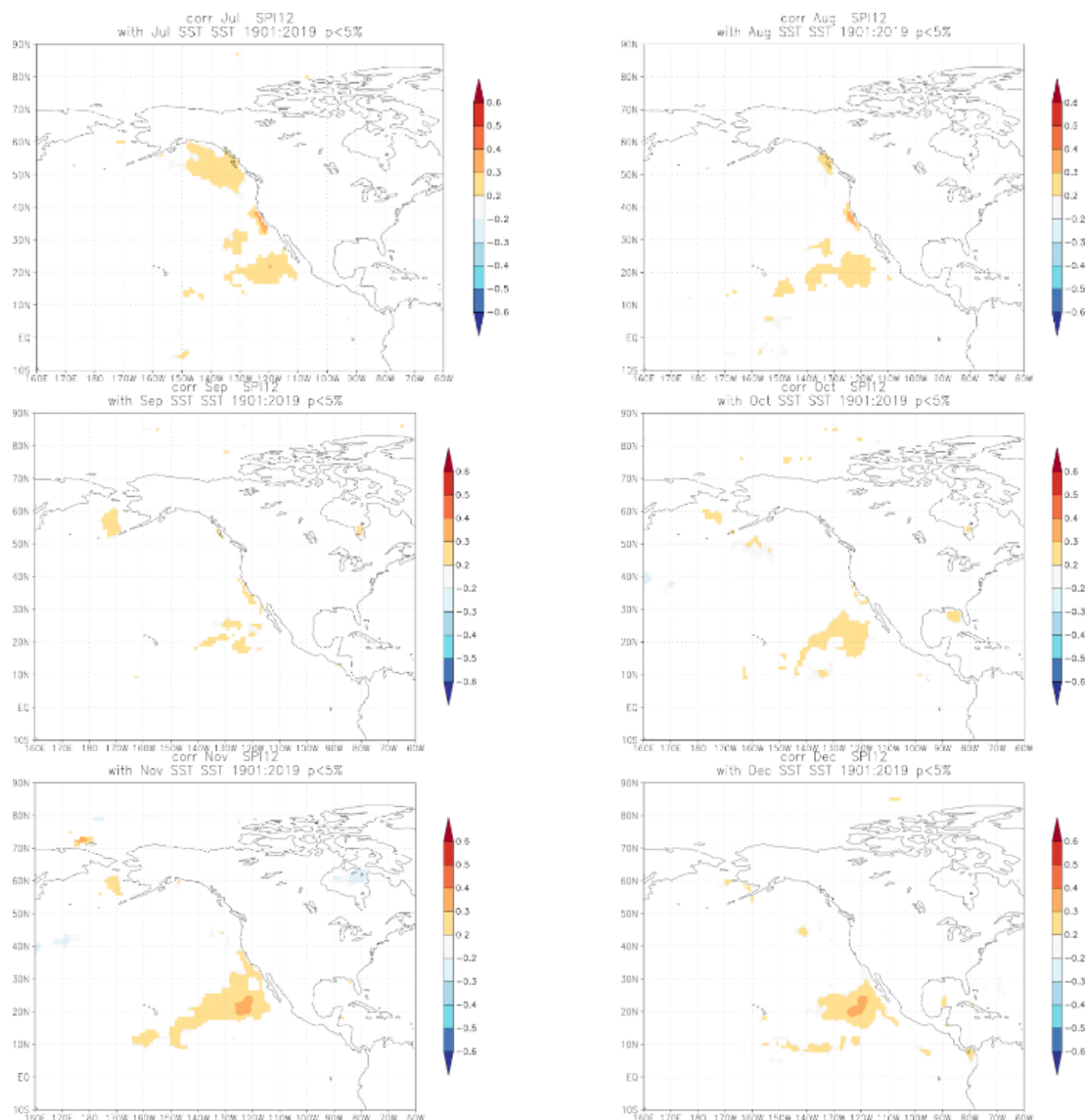


Figura 6. Asociación entre temperatura superficial del mar e índice SPI.

CONCLUSIONES

La precipitación es un referente en las condiciones ambientales de una región a través del índice de sequía SPI. El presente estudio permitió analizar la variabilidad de la precipitación e índice SPI para caracterizar climáticamente la cuenca alta del río Mayo entre el estado de chihuahua y Sonora. A través del índice SPI se detectaron cinco periodos extremadamente húmedos ($SPI > 2.0$) y cuatro periodos extremadamente secos ($SPI < -2.0$), cabe mencionar que el periodo de febrero 1994 a agosto 2003, fue el más seco, con valores de hasta $SPI < -3.0$ en 1998. Se determinó la influencia de la temperatura superficial del mar en el índice SPI,

donde los meses de abril, mayo, noviembre y diciembre tuvieron una fuerte influencia de las condiciones oceánicas en la variabilidad ambiental del SPI para la cuenca en estudio.

LITERATURA CITADA

- Harris, I., Osborn, T.J., Jones, P. et al. (2020). Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. Sci Data 7, 109. <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0453-3>
- McKee TB, Doesken, NJ, Kleist J (1993) The relationship of drought frequency and duration to time scales. Proceedings of the



- 8th Conference on Applied Climatology. AMS, Boston, MA. pp: 179-184.
- Ortega, G. D. (2012). Sequía en Nuevo León: vulnerabilidad, impactos y estrategias de mitigación. Apodaca, México: Instituto del Agua del Estado de Nuevo León
- Palmer WC (1968) Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: the Crop Moisture Index. *Weatherwise* 21: 156-161. <https://doi.org/10.1080/00431672.1968.9932814>
- Quiring SM, Papakryiakou TN (2003) An evaluation of agricultural drought indices for the Canadian prairies. *Agricultural and Forest Meteorology* 118: 49-62. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(03\)00072-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(03)00072-8).
- Royal Netherlands Meteorological Institute (2015) KNMI climate explorer.
- RStudio Team (2020). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA
- Vicente-Serrano SM, Beguería S, Lópezmoreno JI (2010a) A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate* 23: 1696–1718. <https://doi.org/10.1175/2009JCLI2909>