

ANÁLISIS HISTÓRICO DE LA SEQUÍA HIDROLÓGICA EN LA CUENCA MEXICANA DEL RÍO SALADO

Teresa Lluviaria Ortiz Aguilar, Ulises S. Díaz Barriga Arrollo¹, Raúl López Corzo²
y Flor Cruz Gutiérrez

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Paseo Cuauhnáhuac, 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos, CP 62550, Tel. +52 (777) 3293600, México.

¹Instituto Politécnico Nacional, Calz. Ticomán 55, La Laguna Ticoman, CP 07340, Cdmx, Tel. +52 (55) 7660 1165

²Consultor independiente, Calle Mayas, Lote 15, CP 04300, Cdmx, Tel. +52 (55) 1527 2288

E-mail: teresa_ortiz@tlaloc.imta.mx, udiazba@hotmail.com, raul.lopez.corzo@gmail.com, flor_cruz@tlaloc.imta.mx

Introducción

El tema de la sequía se ha vuelto crucial para la toma de decisiones en cuanto a la distribución del recurso hídrico en diferentes partes del mundo, se han efectuado muchos estudios aplicando diferentes metodologías para poder predecir su comportamiento y buscar las mejores condiciones de distribución hídrica y previsión.

México ha hecho un gran esfuerzo en cuanto a la formulación de una política pública nacional cuyo objetivo es cambiar de paradigma pasando de la atención a emergencias hacia un modelo preventivo orientado a la gestión del riesgo, cuyo eje rector es el Programa Nacional Contra la Sequía (Pronacose), (Arreguin, *et al.*). Algunos de los instrumentos aplicados en el Pronacose son los índices de precipitación estandarizada (SPI) y de sequía por escurrimiento (SDI).

El presente análisis tiene por objeto estudiar el comportamiento de la sequía de una cuenca mexicana (río Salado) al aplicar el SDI (Streamflow Drought Index) sobre datos directos de hidrometría y a su vez sobre escurrimientos naturales restituidos o escurrimientos vírgenes, es decir se estudiarán y compararán estos dos casos que en la práctica son empleados. La hipótesis está sustentada en que los datos medidos en una estación hidrométrica están afectados por los efectos antropogénicos ocurridos aguas arriba de la misma, lo cual queda resuelto si se emplean escurrimientos naturales restituidos.

Caso de estudio

La cuenca del río Salado está integrada por los ríos Nadadores, Sabinas y Salado (Figura 1), se ubica en los Estados de Coahuila y Nuevo León, y forma parte de la Región Hidrológica número 24 Bravo-Conchos con una extensión de 61,347 Km² (SEMARNAT, 2011). Se caracteriza por tener un clima semiseco, muy cálido y cálido con un promedio anual de precipitación del orden de 470 mm. En esta cuenca se ubica la presa Venustiano Carranza que abastece principalmente al Distrito de Riego 004 y a su salida se ubica la Estación hidrométrica Las Tortillas, misma que se analiza en el presente trabajo.



Figura 1.- Ubicación Geográfica de la Zona de estudio

La cuenca del río Salado reviste importancia dado que es la segunda con mayor aportación de los 6 tributarios establecidos en el Tratado sobre Aguas Internacional de 1944 firmado entre México y estados unidos, dicha aportación es de un poco más del 23% en promedio del total del agua que se entrega a Estados Unidos.

Aplicación del método

El escurrimiento natural por cuenca propia (C_p) se define en la NOM-011-CNA-2015 como el “volumen medio anual de agua superficial que se capta por la red de drenaje natural de la propia cuenca hidrológica” (SEMARNAT, 2002). Pero el escurrimiento natural también puede definirse como aquel volumen que escurre removiendo los efectos antropogénicos (actividad humana) de la cuenca. Su determinación requiere el ajuste de los registros históricos de escurrimientos, quitando los efectos que los grandes embalses artificiales (presas) generan al almacenar agua, así como, la derivación y aprovechamiento entre otros factores (Silva, 2010).

El escurrimiento natural anual o escurrimiento anual por cuenca propia (C_p), se determina mediante la siguiente expresión:

$$C_p = A_b + E_{xb} + E_v - A_r + E_x - I_m - R + \Delta V \quad [1]$$

Donde:

- A_b = volumen anual aforado de la cuenca aguas abajo (hm³)
- E_{xb} = volumen anual de extracción de agua superficial (hm³)
- E_v = volumen anual de evaporación (hm³)
- A_r = volumen anual aforado desde la cuenca aguas arriba (hm³)
- E_x = volumen anual de exportaciones (hm³)
- I_m = volumen anual de importaciones (hm³)
- R = volumen anual de retornos (hm³)
- ΔV = cambio o variación de almacenamiento anual (hm³)

Para determinar el escurrimiento natural de la cuenca del río Salado se sumaron los escurrimientos generados por las subcuencas del río sabinas, nadadores y salado (Figura 1), el periodo de análisis es del año 1950 al año 2008, resultando así gasto promedio de 68.3 hm³/mes (Figura 2).

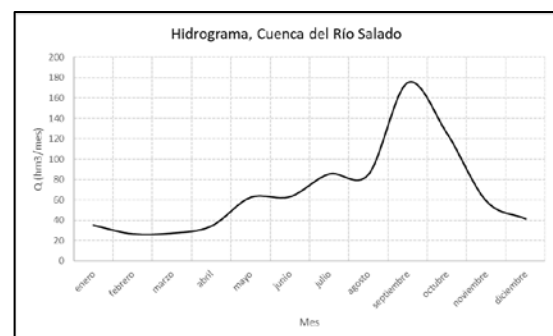


Figura 2.- Hidrograma total de la cuenca del Río Salado.

A su vez se realizó el análisis de los registros de la estación hidrométrica Tortillas (Figura 1), con el mismo periodo de análisis (1950-2008) y obteniendo así un escurrimiento promedio del orden de 26.5 hm³/mes.

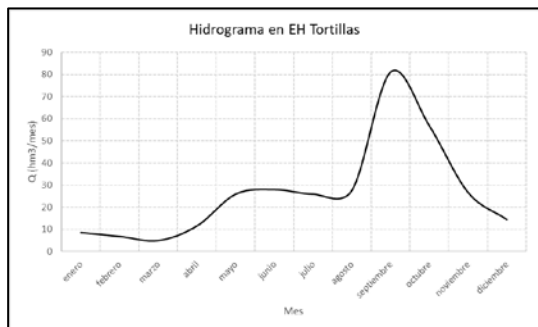


Figura 3.- Hidrograma resultante de los registros de la EH Tortillas.

Una vez obtenidos los escurrimientos por cuenca propia y los registros históricos en la estación hidrométrica Tortillas, se procedió a la aplicación del Streamflow Drought Index (SDI) creado por Nalbantis (2008) y Nalbantis y Tsakiris (2009).

El SDI se define como:

$$SDI_{i,k} = \frac{V_{i,k} - \bar{V}_k}{S_k} \quad [2]$$

Donde $V_{i,k}$ es el volumen en el año i trimestre k , \bar{V}_k es la media observada para el trimestre acumulado k , y S_k la desviación estándar en el periodo k . El valor de k es variable, así k_1 considera los volúmenes de octubre a diciembre, k_2 de octubre a marzo, k_3 de octubre a junio y k_4 de octubre a diciembre. Los valores correspondientes al tipo de sequía se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1.- Definición de estados de la sequía mediante el SDI.

Estado	Descripción	Criterio	P %	Tr (años)
0	Sin sequía	$SDI \geq 0$	50.5	2
1	Sequía Ligera	$-1.0 \leq SDI < 0$	34.1	2.9
2	Sequía Moderada	$-1.5 \leq SDI < -1.0$	9.2	10.9
3	Sequía Severa	$-2.0 \leq SDI < -1.5$	4.4	22.7
4	Sequía Extrema	$SDI < -2.0$	2.3	43.5

Donde: P, Probabilidad y Tr, Periodo de retorno.

Dado que en este análisis se pretende revisar la sequía histórica en la cuenca, se optó por incorporar sólo los resultados anuales, es decir para el valor de k_4 considerando el periodo de octubre a diciembre (año agrícola). Por lo que aplicando el método del SDI a los escurrimientos naturales restituidos y a su vez a los registros históricos en la EH Tortillas se obtuvieron los resultados mostrados en las Figuras 4 y 5.

Del análisis de las Figuras 4 y 5 se observa una diferencia importante entre la sequía que produce cada serie de escurrimientos, las cuales en estricto sentido deberían coincidir, pensando en que se trata de la misma cuenca. Para el caso de los escurrimientos naturales restituidos se presentan tres años con sequía extrema, mientras que la hidrometría indica que tan solo en dos ocasiones se presentó sequía severa, destacando además que los años en que se presentaron no coinciden. Obsérvese de la Figura 1 que los registros hidrométricos estarán sujetos a la operación de la Presa Venustiano Carranza, Laguna Salinillas y

la operación del Distrito de Riego 004, entonces los datos podrían considerarse alterados por lo que el caso de los escurrimientos restituidos es el que representa una mejor condición, no obstante, es importante realizar un análisis adicional para la calibración de los resultados.

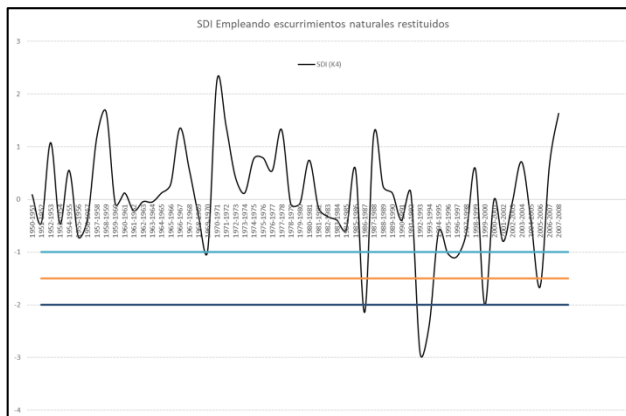


Figura 4.- SDI Aplicado a escurrimientos naturales restituidos.

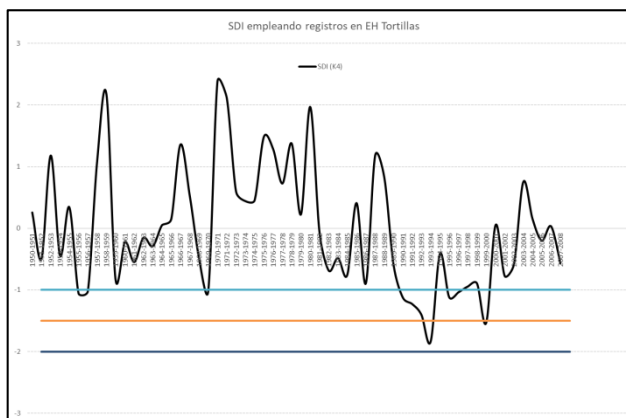


Figura 5.- SDI Aplicado a registros de hidrometría.

Referencias bibliográficas

Arreguín, F., López, M., Ortega, D. y Ibañes O., (2016). *La Política Pública contra la Sequía en México: Avances, Necesidades y Perspectivas*. Revista de Tecnología y ciencias del Agua, Vol. VII, núm. 5, septiembre-octubre de 2016, pp. 63-76, Jiutepec, Morelos, México.

Secretaría de Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), (2011). *Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de la Región Hidrológica número 24 Bravo-Conchos*. Diario Oficial de la Federación (DOF). 2 de junio de 2011, (Primera Sección), México D.F.

Secretaría de Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), (2002), *NOM-011-CONAGUA-2000. Conservación del recurso agua – Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales*. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de abril de 2002, pp. 2-18 (Primera Sección), México D.F.

Silva, H., (2010). *Modelo Matemático para la distribución de agua superficial en cuencas hidrológicas*. Tesis Doctoral, Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C., Posgrado. Chihuahua, Chih., marzo de 2010. pp. 39-40.

Nalbantis, I. and Tsakiris, G., (2009). *Assessment of Hydrological Drought Revisited*. *Water Resources Management*. Vol. 23, No. 5, 2009, pp. 881-897.

Nalbantis, I., (2008). *Evaluation of Hydrological Drought Index*. European Water Publications. Vol. 23/24, 2008, pp. 67-77.