

TENDENCIAS DE PRECIPITACIÓN Y CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CUENCA DEL RÍO CONCHOS, MÉXICO

TRENDS OF PRECIPITATION AND CLIMATE CHANGE IN THE BASIN OF THE RIVER CONCHOS, MEXICO

Martínez Austria, Polioptro F. ¹; Irula Lutzow, Federico²

Resumen

La cuenca del río Conchos, ubicada en la frontera de los Estados Unidos y México, es la principal aportadora de volúmenes para el cumplimiento del Tratado de Distribución de Aguas entre ambos países. En la última década se han registrado dificultades para la entrega de los volúmenes previstos en el Tratado, y se ha argumentado que la causa se encuentra en la gestión del agua. En este texto, para verificar la posibilidad de que se trate de causas naturales, se revisa la variabilidad histórica de la precipitación en la cuenca y se hace un análisis de tendencias recientes de esta variable empleando el Índice Estandarizado de Precipitación en estaciones climatológicas representativas. Se concluye que en la cuenca hay una clara tendencia a una mayor sequedad y una menor variabilidad climática, y se resaltan las implicaciones de esta tendencia para la gestión de del agua en esta cuenca transfronteriza. Se revisan los pronósticos de diversos escenarios de cambio climático, y se encuentra que son consistentes con las tendencias encontradas en el análisis de precipitación.

Palabras clave: Tendencias de cambio climático. Cuencas Transfronterizas. Gestión de cuencas transfronterizas.

Abstract

The Conchos River basin, located on the border of the United States and Mexico, is the main contributor to comply with the Water Distribution Treaty between the two countries. In the last decades, there have been difficulties in delivering the volumes committed at the Treaty, and it has been argued that the cause is water management. In this text, to verify the possibility of dealing with natural causes, the historical variability of precipitation in the basin is reviewed and an analysis of recent precipitation trends is performed using the Standardized Precipitation Index on representative meteorological stations. It is concluded that in the basin there is a clear trend towards greater dryness and reduced climate variability, and the implications for the management of this transboundary basin are highlighted. Forecasts of various climate change scenarios are reviewed and found to be consistent with the trends observed in the analysis of precipitation.

Key Words: Climate change trends. Transboundary watersheds. Transboundary water management.

1. INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Conchos forma parte de la cuenca binacional del río Bravo/Grande, que en su parte baja divide a los Estados Unidos y México, formando una frontera de 2,000 km. La cuenca del río Bravo, es una de las de mayor extensión en Norteamérica y de ella dependen millones de personas en siete estados de ambos países. La superficie total de la cuenca del río Bravo/Grande es de 444,560 km², de los cuales 229,796 se encuentran en territorio de los Estados Unidos y 214,762 en territorio mexicano (ver Figura 1). Es una cuenca que se caracteriza por su condición de semiárida, con una muy alta variabilidad climática y recurrentes sequías. Por su desarrollo demográfico y económico, el uso intensivo del agua la ha conducido a una condición de elevado estrés hídrico (Aparicio, *et al.*, 2009).

Los Estados Unidos y México firmaron en 1944 un Tratado que incluye previsiones para la distribución de las aguas del río Bravo (Mexico-USA, 1944), en el cual México se comprometió a compartir con los

EEUU, de las aguas que escurren en su territorio hacia el cauce internacional, un volumen de por lo menos de 431.72 millones de metros cúbicos en promedio anual, en ciclos que se contabilizan cada cinco años, lo que equivale a suministrar un volumen mínimo de 2,158.6 millones de metros cúbicos en cada ciclo. México puede cubrir ese volumen en cualquier orden en el periodo de cinco años, arreglo que se adoptó en reconocimiento a la alta variabilidad climática de la cuenca, en efecto, como asienta el Ing. Orive Alva en un informe técnico del Tratado, presentado al senado mexicano con motivo de la discusión de Tratado, el ciclo de cinco años se seleccionó para evitar hacer extracciones de las presas “en el caso de sequía en una año o varios”, dado que “en numerosas ocasiones, cada año, el gasto del río es tan reducido que no alcanza a satisfacer las necesidades de riego en ambas márgenes” y “el río Bravo llegaba a estar totalmente seco en algunos meses” (Orive de Alba, 1945).

¹ Profesor. Universidad de las Américas Puebla. polioptro.martinez@uldap.mx

² Estudiante, Programa de Honores. Universidad de las Américas Puebla

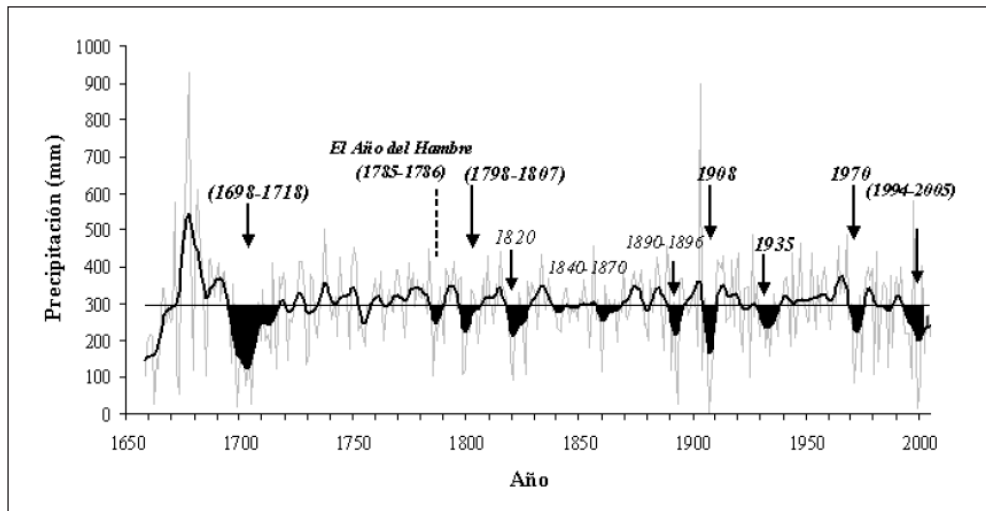


Figura 2.- Precipitación reconstruida en los últimos 350 años en el suroeste de Chihuahua, reserva Cerro El Mohinora (Cerano-Paredes, *et al.*, 2009).

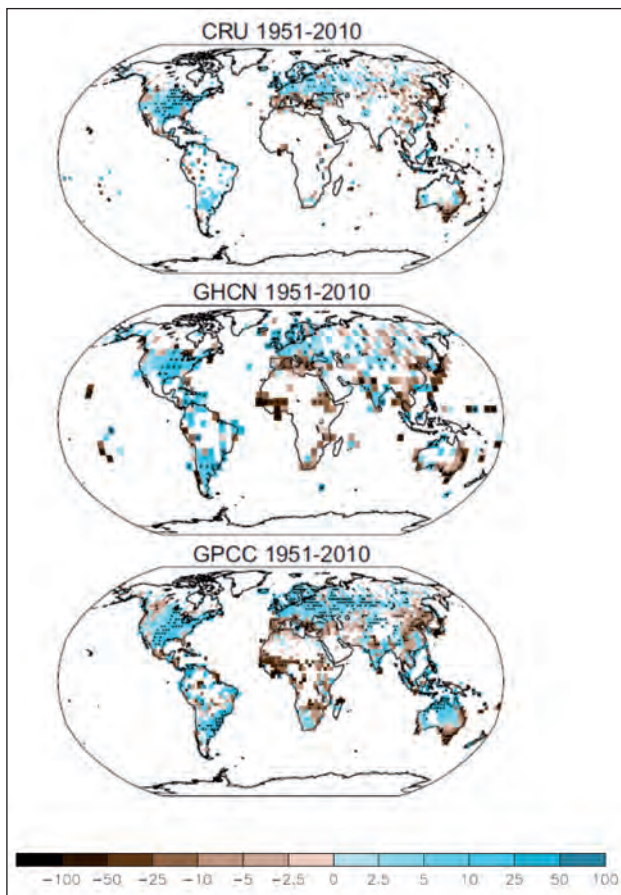


Figura 3.- Tendencia observada en la precipitación en el periodo 1951-2010, en mm/año por década (IPCC, 2013). En la figura: CRU, Global Historical Climatology Network, NOAA; CRU, Climate Research Unit, University of East Anglia; GPCC, Global Precipitation Climatology Project, NCAR.

3. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La cuenca del río Conchos se ubica prácticamente en su totalidad en el estado de Chihuahua, salvo una muy pequeña fracción en su nacimiento, que pertenece al estado de Durango. La mayor parte de su población se ubica en zonas urbanas; de acuerdo al censo de población de 2010, solamente el 17% se ubica en poblados rurales. La precipitación en la cuenca es muy variable, alcanza los 700 mm anuales en promedio en la parte alta de la cuenca, 350 mm anuales en la parte media y solamente 250 mm en la parte baja (i.e. (Aparicio, *et al.*, 2009), y (Houston Advanced Research Center and Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, 2000). Se trata entonces de una cuenca en una región semiárida, cuyos principales escurrimientos se producen en la zona alta en las sierras que la rodean. El promedio histórico de la precipitación se muestra en la figura 4.

La cuenca del río Conchos tiene una superficie total de 9,006 km², y está integrada por las subcuencas de los ríos Florido, Parral, Balleza, San Pedro y Chuviscar, además de su cuenca propia (CONAGUA, 2011). En el río Conchos y sus afluentes se ha construido una importante infraestructura hidráulica que incluye grandes presas con una capacidad de almacenamiento total de 3,939.74 millones de metros cúbicos, además de otras presas pequeñas y bordos. El principal uso del agua es el agrícola. En la cuenca se encuentran ubicados cuatro distritos de riego que, si bien tienen una superficie regable de 128,137 hectáreas, raramente se siembran en su totalidad de la superficie. En el ciclo agrícola 2013-2014, por ejemplo, solamente se sembró el 58% de la superficie total.

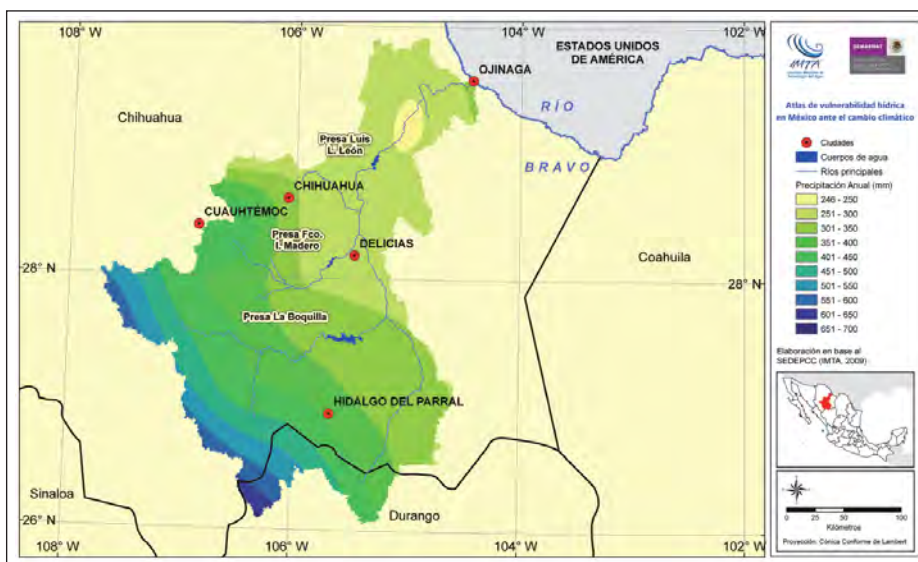


Figura 4.- Distribución de la precipitación histórica (Martinez-Austria & Patiño (editores), 2010).

Respecto de la información climatológica, en la cuenca se ubican varias estaciones. Sin embargo, muchas de ellas han dejado de operar desde hace varios años, y otras tienen un periodo demasiado corto de registro para realizar un análisis de variabilidad. No obstante, siendo una de las cuencas mexicanas con mayor infraestructura hidráulica, fue posible contar con información suficiente de estaciones en la parte alta, media y baja de la cuenca. En la tabla 1 se muestran las estaciones empleadas en el análisis, y su ubicación gráfica puede apreciarse en la figura 5.

Tabla 1. Estaciones climatológicas empleadas en el estudio.

Número de estación	Nombre	Fecha de inicio de operación
8037	Coyame	01/10/1964
8085	La Boquilla	01/06/1949
8270	La Mesa	01/11/1975

La cuenca del río Conchos, como se ha indicado anteriormente, padece sequías recurrentes, que se espera sean más frecuentes e intensas, como resultado de una tendencia general en este sentido, esperada para las regiones en esta latitud (ver (Dai, 2011), (The Royal Society, 2014)). En un análisis para todo el territorio de México, realizado en 2012, la Comisión Nacional del Agua clasificó a la cuenca del río Conchos como una de las regiones más vulnerables a la sequía en México (CONAGUA, 2012).

De conformidad con los balances desarrollados por la Comisión Nacional del Agua, la cuenca del río Conchos cuenta con un escurrimiento promedio de 982.00 Mm³, y una demanda de 1295.16 Mm³, por lo que tiene un déficit promedio de -313.17 Mm³ (CONAGUA, 2013). No obstante, se aprovechan los

periodos de precipitaciones mayores que ocurren por la variabilidad climática de la región, para almacenar el agua en su sistema de presas y obtener un mejor balance anual de disponibilidad.

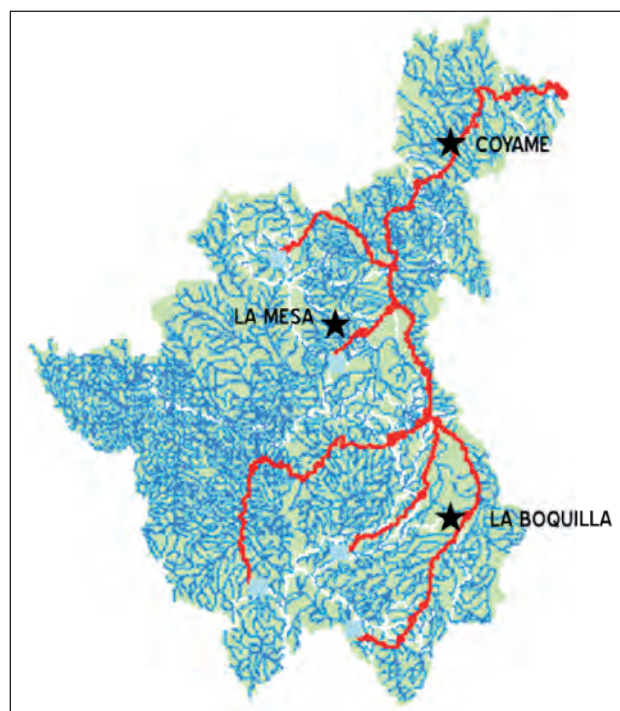


Figura 5.- Estaciones climatológicas consideradas en el estudio. Croquis de localización en la cuenca.

4. ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE PRECIPITACIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO CONCHOS

Existen numerosos métodos para determinar la variación de la precipitación y la ocurrencia de una sequía meteorológica. La diversidad de estos métodos incluye índices como porcentajes de la normal, deciles, el índice de severidad de la sequía

de Palmer, el índice estandarizado de precipitación o el monitor de sequía de Norteamérica. En otros casos, se usan valores límites de la precipitación en un periodo de tiempo, los cuales sólo son válidos para los sitios en los que fueron obtenidos (ver (Hisdal & Tallakasen, 2000), (Marcos Valiente, 2001)). Para establecer un índice de uso internacional, en el año 2009, en la ciudad de Lincoln, bajo los auspicios del National Drought Mitigation Center de la Universidad de Nebraska, se llevó a cabo un taller internacional para analizar los índices para la sequía en uso por los centros meteorológicos mundiales y en investigación (ver Hayes, et al., 2011). Se llegó a un consenso entre los integrantes del taller para hacer uso de un solo índice y así poder generar una base de datos mundial. Se acordó emplear el Índice de Precipitación Estandarizada (SPI por sus siglas en inglés), por la disponibilidad de datos, por su facilidad de interpretación, así como por su capacidad de cálculo en intervalos cortos o muy prolongados de tiempo. Otra ventaja del SPI es que permite observar no sólo los periodos anormalmente secos, sino también los extremadamente húmedos y la variabilidad entre ellos.

El Índice Estandarizado de Precipitación representa el número de desviaciones estándar en que el valor transformado de la precipitación se desvía del promedio histórico, que por lo tanto representa el valor cero. La ventaja de utilizar este índice es que no solo cuantifica el déficit (valores negativos) sino también los excesos significativos (valores positivos) de precipitación respecto a las condiciones normales. Para calcular el SPI se considera una distribución gamma para el histograma de precipitación. La función de densidad de probabilidades se transforma (mediante una transformación equiprobable) en la de una distribución normal. El índice de Precipitación Estandarizado se calcula como la diferencia entre la precipitación estacional estandarizada respecto de la media, entre la desviación estándar.

$$SPI = \frac{X_{ij} - X_{im}}{\sigma} \quad (01)$$

Donde X_{ij} es la precipitación estacional en la i -ésima estación y en la j -ésima observación y X_{im} es la media estacional y σ la desviación estándar.

Conforme al valor registrado del SPI se puede caracterizar la condición de humedad, como se muestra en la tabla 2, desde extremadamente húmedo ($SPI \geq 2$) hasta extremadamente seco ($SPI \leq -2$)

El SPI puede calcularse en diferentes periodos, los más empleados son de un mes, tres meses, seis meses y doce meses. Cada uno de estos valores tendrá un significado físico diferente. Los valores de SPI a uno y tres meses reflejan la condición de

precipitación en periodos cortos. Pueden emplearse para identificar el inicio de la sequía, o bien para determinar los efectos del déficit de importancia en periodos cortos, por ejemplo, durante la época de siembra o floración de los cultivos. Debe tenerse cuidado con la interpretación de estos parámetros en las regiones donde la escasez de lluvias es normal durante la temporada de secas. El SPI de seis meses es significativo para identificar las variaciones de precipitación entre estaciones. Si ocurre un valor de sequía del SPI durante la estación de lluvias, se puede identificar como un periodo de sequía que tendrá impactos importantes en la sociedad.

Tabla 2. Valores del índice estandarizado de precipitación y clasificación de rangos de precipitación en el periodo analizado.

Valor del SPI	Categoría
2.0 y más	extremadamente húmedo
1.5 a 1.99	muy húmedo
1.0 a 1.49	moderadamente húmedo
0.99 a -0.99	normal o aproximadamente normal
-1.0 a -1.49	moderadamente seco
-1.5 a -1.99	severamente seco
-2 o menor	extremadamente seco

Los valores del SPI de doce o 48 meses permiten analizar las condiciones de humedad en ciclos largos, e identificar condiciones de sequía severa o extrema. Este enfoque es el más adecuado para estudiar las variaciones de largo plazo –climáticas– de la precipitación.

En el análisis de tendencias de precipitación en la cuenca del río Conchos se revisaron los registros históricos de las estaciones señaladas en la tabla 1 y se calcularon los valores de Índice Estandarizado de Sequías. Los resultados se resumen en las figuras 6, 7 y 8.

En toda la cuenca, a partir de la década de los noventa, se observa una disminución de la precipitación. Esta tendencia es menos acusada en la parte alta de la cuenca (estación La Boquilla), y más clara y significativa en la parte media (estación La Mesa) y en la parte baja (estación Coyame).

Asimismo, también a partir de la década de los noventa se observa una disminución en la variabilidad climática, en particular en la parte baja de la cuenca, la más árida. Así, en la estación Coyame, desde 1994 los valores del SPI se mantienen en el rango de ligeramente seco, salvo un evento de lluvia registrado en 1998 y que se registra en el SPI de 6 meses. Contrasta este comportamiento de la precipitación con lo observado en el periodo 1975-1992, en el que se alternaron periodos de altos valores del SPI con otros secos o ligeramente secos.

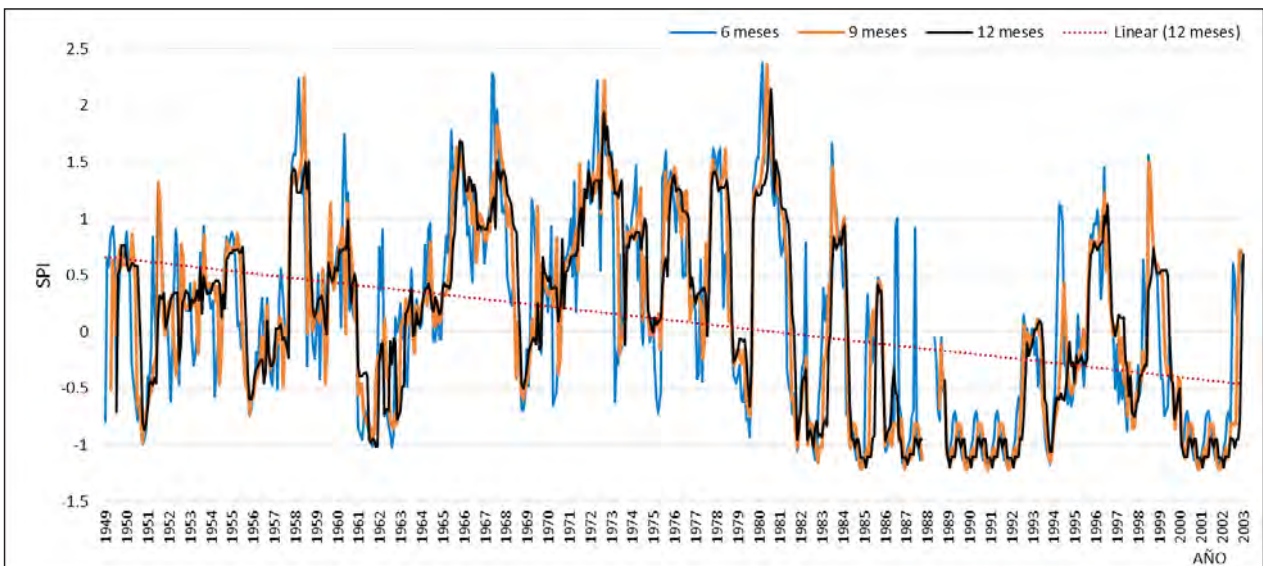


Figura 6.- Índice de Precipitación Estandarizado, 6,9 y 12 meses, estación La Boquilla. Se muestra también la tendencia lineal del SPI de 12 meses.

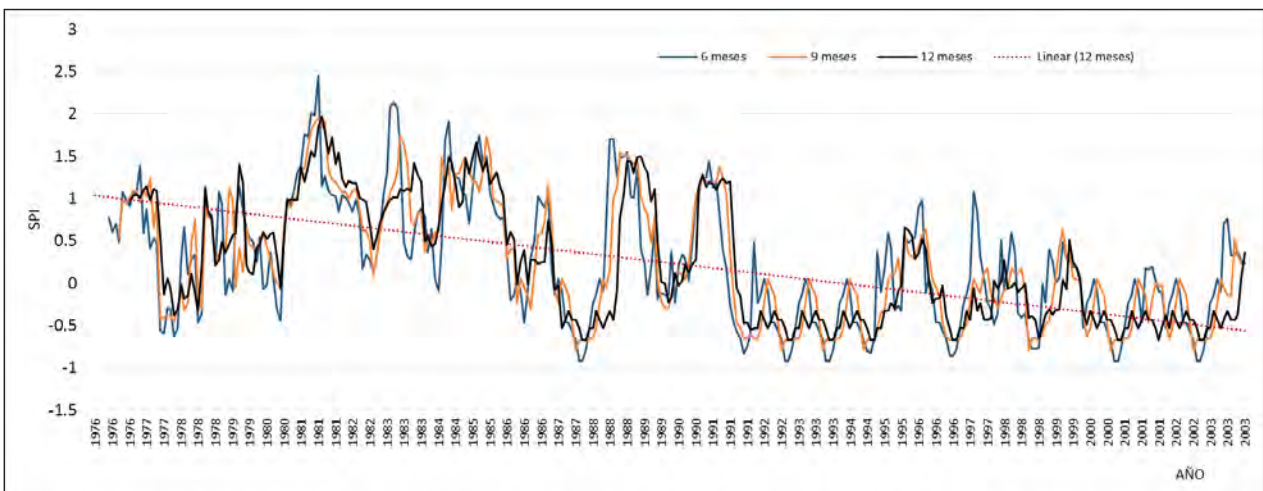


Figura 7.- Índice de Precipitación Estandarizado, 6,9 y 12 meses, estación La Mesa. Se muestra también la tendencia lineal del SPI de 12 meses.

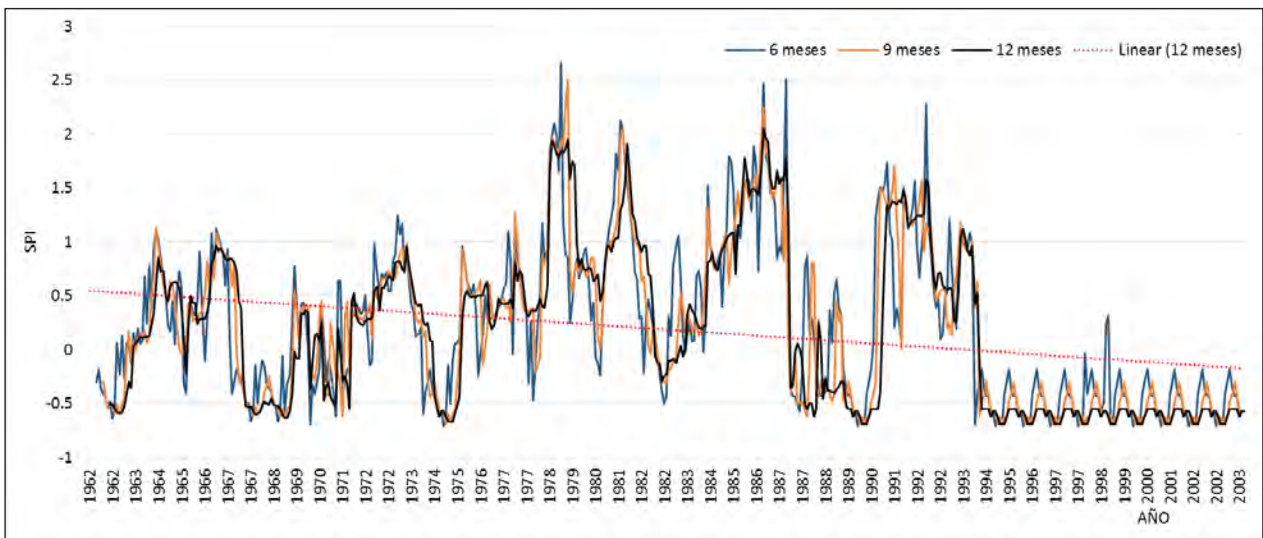


Figura 8.- Índice de Precipitación Estandarizado, 6,9 y 12 meses, estación Coyame. Se muestra también la tendencia lineal del SPI de 12 meses.

En la parte media de la cuenca, caracterizada por la estación La Mesa, se observa también una tendencia a la disminución de la precipitación a partir de 1990. Desde ese año, no se han registrado valores del SPI superiores a 1.5, como ocurrió varias veces en el registro entre 1980 y 1990. De hecho, desde 1990 el SPI de 12 meses no alcanzó valores superiores a 1, indicativo de moderadamente húmedo, manteniéndose desde entonces en el rango entre 0.5 y -0.5; lo que indica también una disminución de la variabilidad climática.

Finalmente, en la parte alta de la cuenca, caracterizada por la estación La Boquilla, se observa también una disminución en la precipitación a partir de los noventa. Puede observarse que mientras hasta 1985 fueron recurrentes periodos húmedos, con valores del SPI-12, de 2 o mayores, a partir de los noventa no se han registrado valores superiores a uno, que es el límite de los periodos húmedos. En esta estación, ubicada en la zona de mayores precipitaciones de la cuenca, la tendencia es menos evidente. Sin embargo, puede observarse que mientras en el periodo 1957-1985 se registraron varios episodios moderadamente y muy húmedos, a partir de 1985 no se han observado valores del SPI-12 mayores a 1, y se observan periodos prolongados de sequía moderada, en los años 1989-1992 y 2000-2002.

En general, en todos los registros analizados, el ajuste lineal (que sólo puede considerarse como indicativo de una tendencia) es claramente negativo. En conclusión, existe una tendencia a una mayor sequedad en la cuenca.

Por otra parte, también la disminución en la variabilidad de la precipitación es un problema mayor para la gestión del agua en la cuenca. Esto es debido a que con frecuencia han sido las lluvias extraordinarias las que han producido excedentes en la cuenca, con derrames y transferencias a la cuenca baja del río Bravo, lo que ha permitido el cumplimiento de los compromisos de México con los Estados Unidos, previstos en el Tratado de 1944.

Las tendencias previstas para el siglo XXI como resultado del cambio climático se refieren a una menor disponibilidad natural. En la figura 9 se observa que en la región de la cuenca del río Bravo se esperan disminuciones en la precipitación de alrededor de 10%. Estos resultados son consistentes con los de un análisis multimodelo que compara los promedios del periodo 1931- 1999, realizado por Cook *et al* (Cook, et al., 2014) que encuentran resultados semejantes para el escenario RCP 8.5, que es uno de los nuevos escenarios propuestos por IPCC, basados en incrementos de la radiación más que en algún escenario de emisiones, como ocurría en los escenarios SERES. Para este escenario, se estima una disminución en la precipitación en la cuenca del orden de -0.2 a -0.4 mm/día

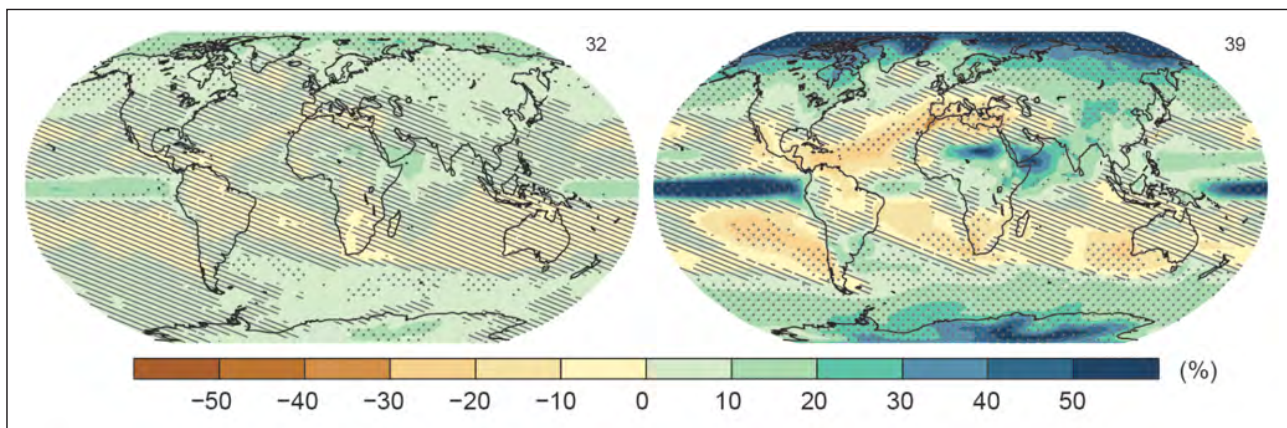


Figura 9.- Cambio esperado en la precipitación promedio en los escenarios RCP 2.6 (izquierda) y RCP 8.5 (derecha), para el periodo 2081-2100 respecto del periodo 1986-2005 (IPCC, 2013).

El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) de México ha elaborado mapas con un mayor detalle en la República Mexicana, para los nuevos escenarios RCP. En las figuras 10 y 11 se muestran los mapas de anomalía de precipitación esperada para el final del siglo, para los escenarios RCP 6

y RCP 8.5. En el escenario RCP 6 se esperarían disminuciones en la precipitación del orden de -10 a -20 %, mientras que en el escenario RCP 8.5, se esperarían disminuciones en la precipitación de entre -20 a -30%. Estos resultados son consistentes con los obtenidos antes con los escenarios SRES.



Figura 10.- Cambios esperados en la precipitación al 2075-2099, en el escenario RCP 6 (INECC, 2016).



Figura 11.- Cambios esperados en la precipitación al 2075-2099, en el escenario RCP 8.5 (INECC, 2016).

Por otra parte, aplicando un análisis multimodelo y downscaling, Rivas Acosta, *et al.* (2010) realizaron un estudio detallado de la cuenca del río Conchos, y como resultado estiman que la disminución en la precipitación al final del siglo será de entre 15 y 21 %, respecto de la registrada históricamente hasta el año 2009 para el escenario SRES A2, como se muestra en la figura 12. El valor mostrado en la figura corresponde a la fracción en que disminuirá la precipitación.

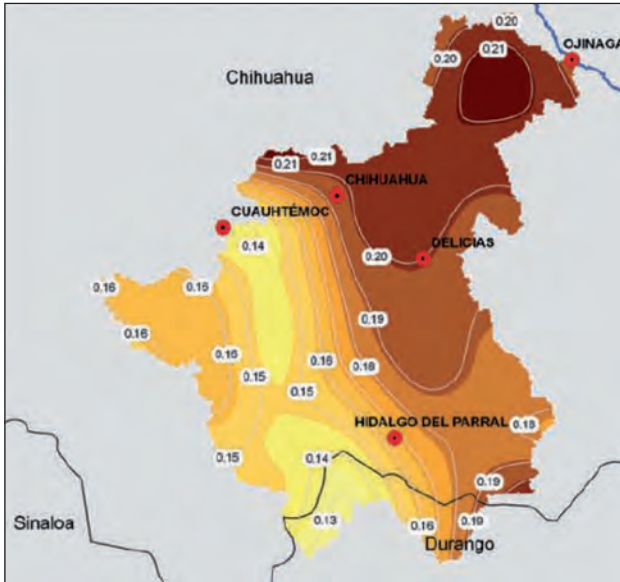


Figura 12.- Disminución prevista en la precipitación en la cuenca del río Conchos, al final del siglo XXI, respecto de la precipitación histórica registrada hasta 2009, en el escenario A2 (Rivas Acosta, *et al.*, 2010)

Es importante observar que el análisis multimodelo predice una menor disminución en las partes altas de la cuenca, y una mayor en la parte baja, hacia su confluencia con el río Bravo, y que estos resultados son consistentes con las tendencias observadas y que se han mostrado anteriormente. A la disminución en la precipitación le corresponderá una reducción en el escurrimiento, y por lo tanto en la disponibilidad. Esta disminución será no lineal, típicamente mayor que la correspondiente a la precipitación. Rivas Acosta *et al.* (Rivas Acosta, *et al.*, 2010) realizaron una evaluación para el río Conchos, empleando el denominado Método Indirecto y que se recomienda en la NOM-011-CNA-2015 (CONAGUA, 2002) elaborada por la Comisión Nacional del Agua para calcular la disponibilidad del agua en cuencas de México. Para el mismo escenario A2, pronostican disminuciones en el escurrimiento de entre 23 y 27% hacia el final del siglo XXI, como se muestra en la figura 13.



Figura 13.- Cambios esperados en la disponibilidad natural en la cuenca del Río Conchos hacia el final del siglo XXI, en el escenario A2 (Rivas Acosta, *et al.*, 2010).

5. CONCLUSIONES

La cuenca del río Conchos es la principal tributaria del sistema de ríos y arroyos que abastecen la parte baja de la cuenca del río Bravo, tributarios en territorio mexicano, y que aportan volúmenes para el cumplimiento de los compromisos de México con los Estados Unidos, conforme al Tratado de distribución de aguas entre ambos países. Concretamente, la cuenca del río Conchos aporta alrededor del 87% de este volumen.

La cuenca ha presentado históricamente una alta variabilidad climática con periodos recurrentes de sequías de diferente magnitud. No obstante, un análisis de tendencias de precipitación realizado con el Índice Estandarizado de Precipitación muestra que, sobre todo a partir de la década de los noventa del siglo pasado, la cuenca presenta una clara tendencia a la sequedad, que es mayor hacia su confluencia con el río Bravo, así como a una menor variabilidad climática. Se observa que desde la década de los noventa del siglo pasado no se han registrado años húmedos, y la cuenca registra valores del SPI cercanos a -0.5, lo que indica una condición persistente de precipitación escasa. Estos resultados son consistentes con los previstos en los escenarios de cambio climático para la región y la cuenca, realizados en diversos estudios previos.

Las consecuencias de esta tendencia climática en la cuenca sobre la disponibilidad para los diversos usos del agua en la cuenca y aguas abajo en el cauce del río Bravo son de gran relevancia para el futuro de la

gestión del agua, así como para el cumplimiento del Tratado de Distribución de Aguas de 1944 entre los Estados Unidos y México. La única solución viable será un uso integrado, eficiente y sustentable del agua en la cuenca, de lo contrario son de prever mayores conflictos, entre usuarios y binacionales, ocasionados por una mayor escasez.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo es parte del proyecto de investigación 248080 *Gestión Integrada de la Cuenca del Río Bravo bajo Escenarios de Cambio Climático*, realizado con financiamiento del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México.

BIBLIOGRAFÍA

Aparicio, F. J., Ortega, E., Hidalgo, J. & Aldama, A., 2009. *Recursos Hídricos en la frontera norte*. Jiutepec(Morelos): Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Cerano-Paredes, J. y otros, 2009. Reconstrucción de 350 años de precipitación para el suroeste de Chihuahua, México. *Madera y Bosques*, 15(2), pp. 27-44.

Chavez, O. E., 1999. The 1994-1995 drought, what did we learn from it?: The Mexican perspective. *Natural Resources Journal*, 39(Winter), pp. 35-60.

CONAGUA, 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000. *Diario Oficial de la Federación*, 17 abril, pp. 2-18.

CONAGUA, 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*, 2 Junio.

CONAGUA, 2012. *Análisis espacial de las regiones más vulnerables ante sequías en México*. [En línea] Available at: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/sequiasB.pdf>

CONAGUA, 2013. Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de las aguas superficiales en la cuenca del río Bravo. *Diario Oficial de la Federación*, 23 agosto, pp. 31-92.

CONAGUA, 2014. *Atlas del agua en México 2014*. Mexico: Comisión Nacional del Agua.

CONAGUA, 2015. *Estadísticas agrícolas de los distritos de riego 2013-2014*, México: Subdirección General de Infraestructura Hidroagrícola.

Cook, B. I., Smerdon, J. E., Seager, R. & Coats, S., 2014. Global warming and 21st century drying. *Climate Dynamics*, Volumen 43, pp. 2607-2627.

Dai, A., 2011. Drought under global warming: a review. *Climate Change*, 2(1), pp. 46-65.

Florescano, E., 2000. *Breve historia de la sequía en México*. Ciudad de México(Distrito Federal): Consejo Nacional para la Cultura y las Artes.

Hayes, M., Svoboda, M., Wall, N. & Widhal, M., 2011. The Lincoln declaration on drought indices. *American Meteorological Society*, Issue April, pp. 485-488.

Houston Advanced Research Center and Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, 2000. *Water and sustainable development in the binational lower Rio Grande/Rio Bravo Basin*, Houston: Houston Advanced Research Center and Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

INECC, 2016. *Escenarios de cambio climático*. [En línea] Available at: <http://escenarios.inecc.gob.mx/>

IPCC, 2013. *Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge: Cambridge University Press.

Martinez-Austria, P., E., E. D. L. & Giner, M. E., 2013. The US-Mexico institutional arrangement for transboundary water governance. En: *Free Flow. Reaching water security through cooperation..* Paris: Tudor Rouse and UNESCO, pp. 182-197.

Martinez-Austria, P. & Patiño, C. edits., 2010. *Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático*. Jiutepec(Morelos): Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Mexico-USA, 1944. *USA and Mexico Treaty on the Utilization of waters of Colorado and Tijuana Rivers and of the Rio Grande*. s.l.:s.n.

Orive de Alba, A., 1945. Informe Técnico sobre el Tratado Internacional de Aguas. *Irrigación en México*, XXVI(3).

Ortega Gaucin, D., 2013. Impacto de las sequías en Nuevo León. *Ciencia UANL*, Issue 63, pp. 8-14.

Rivas Acosta, I., Güitron de los Reyes, A. & Ballinas González, H., 2010. Vulnerabilidad hídrica global: aguas superficiales. En: P. Martínez Austria & C. Patiño Gómez, edits. *Atlas de vulnerabilidad hídrica de México ante el cambio climático*. Jiutepec: Instituto Mexicano de Tecnología del agua, pp. 81-114.

The Royal Society, 2014. *Resiliencie to extreme weather*. London: The Royal Society.

WMO, 2012. *Standardized Precipitation Index. User Guide.*, Geneva: World Meteorological Organization.