

# MODELACIÓN DE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LOS FLUJOS Y ALMACENAMIENTOS DE LA CUENCA DEL RÍO TURBIO DEL ESTADO DE GUANAJUATO

Mauro Herrera<sup>1</sup> e Ismael Orozco<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Guanajuato, División de Ingeniería, Ingeniería Hidráulica, México

<sup>2</sup>Universidad de Guanajuato, División de Ingenierías, Departamento de Ingeniería Geomática e hidráulica, México

E-mail: m.herreraellano@ugto.mx, i.orozco@ugto.mx

## Instrucción

En los últimos años se ha prestado mucha atención a evaluar los efectos del cambio climático en cuencas hidrológicas (Bobba et al., 1997). Lo anterior, debido a una creciente concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera que afecta la temperatura y las precipitaciones, y por lo tanto los flujos de los ríos y los recursos hídricos (Arnell y Reynard, 1996). Así conocer el impacto potencial del cambio climático en los flujos y almacenamientos de una cuenca de alta montaña es una prioridad de investigación al repercutir éstos directamente en la gestión de los recursos hídricos (Ruiz-Villanueva et al., 2014), así como en la respuesta hidrológica de una cuenca generando avenidas extraordinarias e inundaciones fluviales (Arnell y Gosling, 2013). Es por la importancia de lo anterior que en este trabajo se propone modelar matemáticamente a través de un modelo hidrológico distribuido los efectos del cambio climático sobre los flujos y almacenamientos en una cuenca del Bajío Mexicano.

## Área de estudio

El área de estudio seleccionada es la cuenca del Río Turbio, ubicada al suroeste del estado de Guanajuato, México y al noreste del estado de Jalisco, México (Figura 1). La cuenca del Río Turbio comprende un área de 4,992 km<sup>2</sup> y comprende los municipios de Abasolo, Pénjamo, Cuerámaro, Manuel Doblado, Purísima del Rincón, San Francisco del Rincón, Romita y León.

La cuenca del Río Turbio se encuentra en un 79% en el estado de Guanajuato y un 21% en el estado de Jalisco. La precipitación promedio en la cuenca oscila entre 600 y 700 mm, la primera en la porción norte y centro de la cuenca y el resto en el sur (Figura 2).

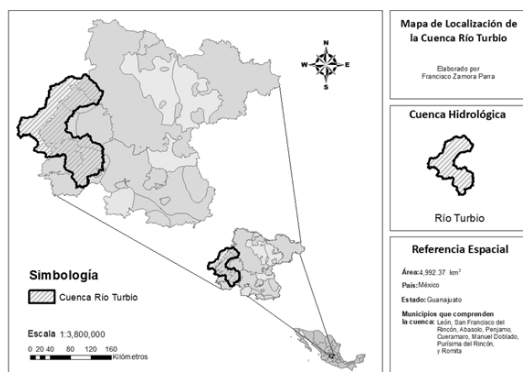


Figura 1.-Ubicación de la cuenca del Río Turbio, Guanajuato, México.

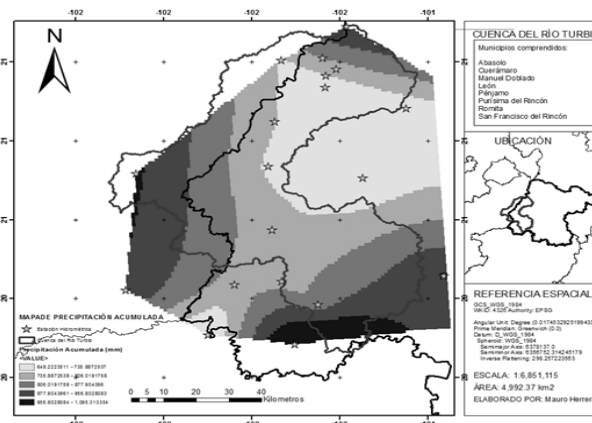


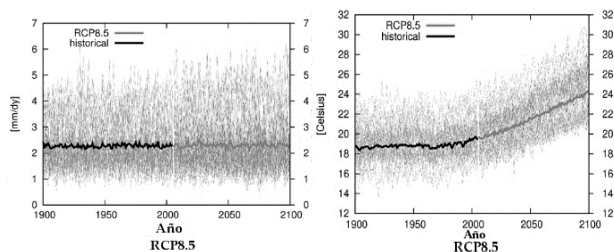
Figura 2.- Distribución de precipitaciones acumuladas medias anuales (periodo: 2012-2014).

## Metodología

La metodología implementada en este trabajo contempla el uso de datos hidrometeorológicos (caudales, precipitación) a escala horaria, información geográfica, un modelo matemático, un Modelo Global del Clima (MGC) y los escenarios de cambio climático RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 y RCP8.5 del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) (Stocker et al., 2013). El modelo matemático seleccionado es el modelo hidrológico distribuido TETIS, con parámetros físicamente basados (Francés et al., 2007). Este modelo ha sido desarrollado en el Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA), de la Universitat Politècnica de València, España. El MGC usado ha sido del Proyecto Intercomparación de Modelos Acoplados Fase 5 (CMIP5) (Taylor et al., 2012) para realizar las proyecciones de las variables meteorológicas de precipitación y temperatura. Es importante comentar que la información empleada en este trabajo ha sido proporcionada por la Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG).

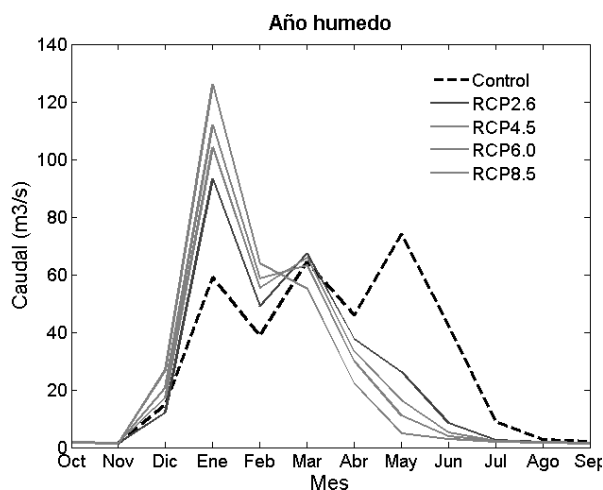
## Resultados y conclusiones

La predicción de las variaciones de la precipitación y la temperatura producto del cambio climático no muestran efectos significativos en las precipitaciones. Sin embargo, las temperaturas muestran una tendencia más acorde con lo esperado y con las mayores afectaciones en el escenario más pésimo (RCP 8.5) [Figura3].



**Figura 3.-** Muestra las estimaciones históricas y proyecciones de las temperaturas y precipitaciones a 2100 obtenidas con el CMIP5 y los escenarios del IPCC.

La combinación de un modelo hidrológico distribuido, un modelo global del clima y escenarios climáticos han permitido modelar los posibles efectos del cambio climático sobre los flujos y almacenamientos en una cuenta. Entre los posibles efectos pronosticados está un mayor riesgo por avenidas máximas extraordinarias e inundaciones (Figura 4).



**Figura 4.-** Efectos del cambio climático sobre los caudales medios mensuales en el 2100 según los cuatro escenarios del IPCC.

Lo anterior debido a que existe una modificación en la dinámica del sistema influenciada por una fusión de nieve más rápida debido principalmente a los incrementos en las temperaturas. En esta nueva dinámica hidrológica, habrá menor infiltración y percolación, afectando directamente la disponibilidad hídrica en el acuífero.

La evapotranspiración no presenta efectos significativos por cambios en la precipitación y la temperatura. Sin embargo, habría que incluir la modelación los cambios de uso de suelo para corroborar dicha afirmación.

## Agradecimientos

Esta investigación ha sido apoyada por la Dirección General de Educación Superior Universitaria (DGESU) de la Secretaría de Educación Pública a través de su Programa para el Desarrollo Profesional Docente (FOLIO PRODEP: UGTO-PTC 613).

## Referencias bibliográficas

Arnell, N. W., Gosling, S. N. 2013. The impacts of climate change on river flow regimes at the global scale. *Journal of Hydrology*, 486, pp. 351–364.

Arnell, N. W., Reynard, N. S. 1996. The effects of climate change due to global warming on river flows in Great Britain. *Journal of Hydrology*, 183(3–4), pp. 397–424.

Bobba, A. G. Singh, V. P., Jeffries, D. S., Bengtsson, L. 1997. Application of a watershed runoff model to north-east pond river, Newfoundland: To study water balance and hydrological characteristics owing to atmospheric change. *Hydrological Processes*, 11(12), pp. 1573–1593.

Francés, F., Vélez, J. I., Vélez, J. J. 2007. Split-parameter structure for the automatic calibration of distributed hydrological models. *Journal of Hydrology*, 332(1), pp. 226–240.

Ruiz-Villanueva, V. Stoffel, M., Bussi, G., Francés, F., Bréthaut, C. 2014. Climate change impacts on discharges of the Rhone River in Lyon by the end of the twenty-first century: model results and implications. *Regional Environmental Change*, 15(3), pp. 505–515.

Stocker, T.F., Dahe, Q., Gian-Kasper, P., Melinda, M.B., Tignor, S.K. Allen, J.B., Alexander, N., Yu X., Vincent B., Pauline M.M. 2013. Cambio climático 2013-Bases físicas. Quinto Inf. Edited by 2013 Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. pp. 1–34.

Taylor, K. E., Stouffer, R. J., Meehl, G. A. 2012. An overview of CMIP5 and the experiment design. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(4), pp. 485–498.