

Modelación Hidrogeológica Del Área Mexicana Del Acuífero Binacional “Bolsón Del Hueco” Integrando Parámetros De Recarga Superficial

Hydrological Modeling of the Mexican Area of the Binational Aquifer “Bolsón del Hueco” Integrating Superficial Recharge Parameters

¹Miguel Orlando Durán Rangel, ²Sergio Saúl Solís

¹Calle Victoria #601 4, C.P. 31755, Nuevo Casas Grandes, México, 55 4939 6695,
migueldisena@hotmail.com.

²Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, AV. Plutarco Elías Calles #1210, C.P. 32310, Juárez,
México, 656 203 9800, sesaul@uacj.mx

Palabras Clave: Acuífero, Modelación, Recarga Superficial, SWAT, Visual Modflow Flex

Key words: Aquifer, Superficial Recharge, SWAT, Visual Modflow Flex

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso indispensable para la supervivencia humana, a lo largo de la historia, las diferentes civilizaciones han ubicado sus asentamientos urbanos en lugares cercanos a una fuente hídrica para suplir la demanda de este recurso a su población.

En el caso de los estados de Chihuahua en México, Texas y Nuevo México en Estados Unidos de América la zona fronteriza conocida como “El Paso del Norte” cuenta con tres fuentes de abastecimiento de agua. La primera es el Río Bravo, el cual es un cauce que nace en las montañas de San Juan en el estado de Colorado y desemboca en el Golfo de México; la segunda es el Bolsón del Hueco es un acuífero ubicado bajo las ciudades de El Paso, Texas y Ciudad Juárez, Chihuahua. Por último, El Bolsón de Mesilla es la tercera fuente de agua, este es un acuífero cuyas aguas son compartidas entre las ciudades Estado Unidenses de El Paso, Texas, Las Cruces, Nuevo México, y por parte de México con Ciudad Juárez, Chihuahua.

Ciudad Juárez suple su demanda urbana de agua de la extracción de los mantos acuíferos, sin embargo, el incremento de la población en las ciudades que comparten dichas fuentes de abastecimiento ha traído consigo un aumento también en la demanda de dicho recurso, esto ocasiona procesos de abatimiento en los acuíferos, además, de contar con bajos niveles de recarga y diferentes variaciones en las condiciones climáticas, permitiendo establecer la necesidad de realizar un análisis de la disponibilidad de agua y las condiciones en la zona fronteriza, para establecer e iniciar medidas que aseguren la oferta hídrica de la región en los próximos años.

Un ejemplo de problemas que relacionan la demanda de agua y la agricultura fue el ocasionado por la sobreexplotación y el abatimiento anual en los niveles piezométricos de los acuíferos al Noroeste del estado de Sonora en México, se contaminaron las aguas por el ingreso de sales, generando afectaciones a diferentes aprovechamientos hídricos ubicados a los alrededores de la franja costera; esto generó que se deshabilitara una extensión de la superficie agrícola por haber sido ensalada.

Para contrarrestar esta problemática se tuvieron que tomar medidas de reducción del bombeo de la superficie de riego, reconversión productiva y la inclusión de nuevas tecnologías de sistemas de riego para los cultivos perennes (Reyes & Quintero, 2009).

La Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ) junto con la University of Texas at El Paso (UTEP), United States Department of Agriculture (USDA), CERM, New México State University, Texas A&M University (ATM), Michigan Tech y University of New Mexico (UNM) desarrollan el proyecto de recursos hídricos sustentables.

En este se realiza la modelación de disponibilidad de agua en la zona fronteriza Paso del Norte entre los Estados Unidos Mexicanos y Estados Unidos de América. Con dicho proyecto establecerán mediante el uso de información climática, hidrometeorológica, geohidrológica y de uso de suelos los diferentes escenarios futuros del recurso hídrico en dicha zona; Sin embargo, hace falta integrar la modelación de las aguas superficiales con las aguas subsuperficiales de los acuíferos.

METODOLOGÍA

Para lograr los objetivos de este proyecto, inicialmente se realizó un proceso de recopilación de información del área de estudio, correspondiente a modelos digitales de elevación, información climática histórica, redes hidrológicas, caudales de vertimiento de PTAR, mapas de uso y tipo de suelo, todo este material fue suministrado por el personal del equipo de trabajo del proyecto “Recursos hídricos sustentables”.

Con toda la información obtenida, se realizó el proceso de modelación hidrológica superficial utilizando la herramienta SWAT integrada al sistema de información geográfica Arcmap, junto con la ayuda de las estudiantes Katya Esquivel y Carolina Salazar, se procedieron a modelar las condiciones hidrológicas de la zona de estudio de los años 1995 a 2015 en periodos de quinquenios.

El proceso de modelación realizó un análisis de sensibilidad estableciendo diferentes escenarios hipotéticos para determinar la respuesta de la cuenca en función de la recarga y la intervención de algunas variables de tipo antropogénico, como lo son el flujo de agua otorgada por Estados Unidos a México bajo las condiciones del Tratado de Aguas Internacionales del Río Grande y el uso de las aguas residuales tratadas.

En cuanto al modelo del acuífero, se generó utilizando información estratigráfica de la zona de estudio obtenida de un estudio de la CONAGUA en 2009, y la información de las conductividades hidráulicas de cada uno de los estratos geológicos obtenida mediante consulta bibliográfica.

Por último para la integración de los modelos de recarga obtenidos en SWAT y el modelo del acuífero realizado en Visual Modflow Flex, se realizaron diferentes pruebas como la inclusión de archivos shapes, generación de puntos de recarga, generación de superficies directa e indirectamente al modelo del acuífero, hasta obtener una metodología funcional y práctica que permitiera obtener resultados de los niveles de agua del acuífero durante los quinquenios de 1995 a 2015 y hacer una estimación futura a 2040.

RESULTADOS

En el modelo hidrológico realizado con SWAT se logró identificar que el área de estudio cuenta con zonas de recarga marcadas, ubicadas en las sierras y parte del área agrícola como se observa en la Figura 1, además de esto se logró identificar que el 72% de la cuenca tiene

una recarga anual de entre 0mm a 24.49mm de acuerdo a la Figura 2, mostrando así que en general la recarga superficial en la cuenca se realiza en cantidades muy bajas.

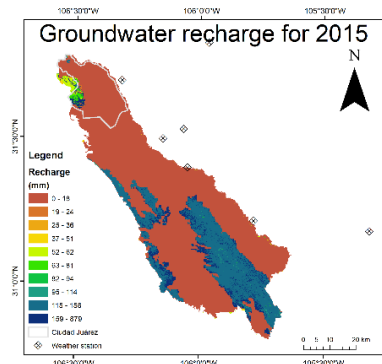


Figura 1 Mapa de Recarga Superficial modelo SWAT 2015

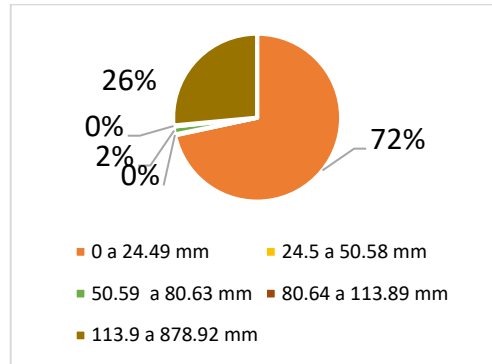


Figura 2 Distribución de la recarga superficial

El procedimiento obtenido para la integración de los resultados de recarga al modelo del acuífero, se inicia con la adecuación de información del modelo SWAT en Arcmap la cual se resume en la Figura 3 y que en general se resume en generar una nube de puntos en la cual se extrae la información de recarga de las diferentes zonas del área de estudio, la nube de puntos es importada a Modflow y convertida en una superficie que se integrará como una superficie de recarga en las condiciones de frontera del modelo.

Habiendo determinado el proceso de integración de los dos modelos se procedió a generar los diferentes mapas de niveles del acuífero para cada uno de los años modelados y proyectar el comportamiento del acuífero al año 2040 analizando el comportamiento de toda la cuenca.



Figura 3 Procedimiento de adecuación de resultados de recarga en Arcmap

En el caso del 2040, se evidencia en la Figura 4 que la zona norte en donde se ubica la mancha urbana de ciudad Juárez, cuenta con niveles bajos de agua en el acuífero, estos son mayores a 700 de profundidad saliéndose del límite del modelo hidrogeológico, pero haciendo un análisis de la evolución de los niveles de agua usando una curva hipsométrica mostrada en la Figura 5, se determina que la cuenca en general tiene un incremento en los niveles freáticos del acuífero, exceptuando la zona de ubicación de Juárez que por el incremento en las extracciones presenta un abatimiento que genera el descenso de los niveles.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos del análisis de sensibilidad permitieron determinar que la variable con mayor influencia en la recarga del área de estudio son las descargas de agua residual generadas por las plantas de tratamiento de ciudad Juárez.

La distribución de la recarga en el área de estudio, de acuerdo con los modelos sin calibrar se encuentra bastante marcada entre zonas de alta y baja recarga, siendo las zonas de las sierras, aquellas en donde de forma natural se produce la mayor cantidad de infiltración de agua que llega al acuífero.

Según los resultados de los modelos integrados, el Bolsón del Huevo con el paso del tiempo ha tenido un proceso de recarga el cual aumenta los niveles piezométricos en casi la totalidad del acuífero. Sin embargo, en la parte norte de la cuenca geohidrológica, los niveles de agua no se recuperan debido a la continua extracción de agua para suplir la demanda hídrica de Ciudad Juárez, lugar en donde se encuentra un cono de abatimiento que incrementa con el paso del tiempo.

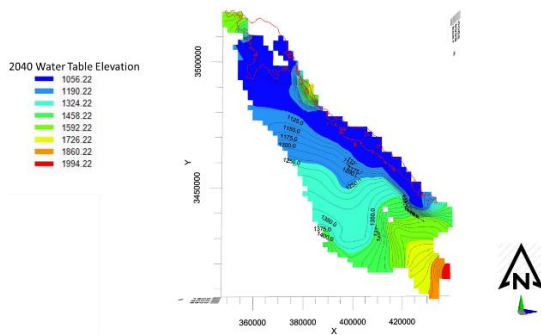


Figura 4 Resultados modelo integrado del acuífero Bolsón del Huevo 2040

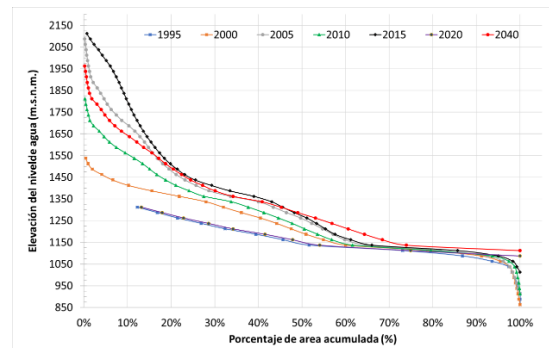


Figura 5 Curva hipsométrica de elevación del nivel de agua en el acuífero

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo-Díaz, J. A., García-Carmona, A., Aragón-Méndez, M. M., & Oliva-Martínez, J. M. (2017). Modelos científicos: Significado y papel en la práctica científica Scientific models: Meaning and role in scientific practice Modelos científicos: Significado e papel na prática científica. *Revista Científica*, 30(3), 155–166. <https://doi.org/10.14483/23448350.12288>
- Alatorre, L. C. (2017). Mapa de uso de Suelos Ciudad Juárez.
- Alatorre, L. C. (2019). Proyección de uso de suelo Ciudad Juárez 2040.
- Ann, S. (2019). Modelos de cambio climático R.C.P a 2040' en la zona Juárez, México—El Paso, E.E.U.U.
- CNA. (2009). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Valle de Juárez (0833), Estado de Chihuahua (N.o 5; pp. 8 – 22). CONAGUA. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/103594/DR_0833.pdf
- Junta Municipal de Agua Juárez. (2018). Informe Agosto2018 JMAS Juárez reunión Mensual Consejo (pp. 57-63) [Ejecutivo]. <http://www.jmasjuarez.gob.mx/transp/v0/download.php?w=2153>
- Luján, R., Garza, V., & Quevedo, H. (2005). Tecnologías alternativas de desalinización del acuífero del Bolsón del Huevo para el abastecimiento de agua potable a Ciudad Juárez, Chih., México. *CULCyT*, 8(2), 4–15.
- Reyes, A., & Quintero, M. L. (2009). Problemática del agua en los distritos de riego por bombeo del estado de Sonora. *Revista Digital Universitaria*, 10(6), 1–19. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Salas-Plata, J. A. (2006). Problemática del Agua y Crecimiento Urbano en Ciudad Juárez, Chihuahua. *Culcyt*, 3(14-15), 5–18.

- Soto, A. (2018). Disponibilidad de Agua Subterránea y su relación con el Desarrollo Urbano en Ciudad Juárez , Chihuahua: Un análisis retrospectivo y prospectivo durante el periodo 2008 al 2030 [Pre- Tesis]. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
- Texas A&M University. (2018). SWAT Soil & Water Assessment Tool. <https://swat.tamu.edu/>
- UACJ. (2018). Sustainable water resources for irrigated agriculture in a desert river basin facing climate change and urban growth: Form characterization to solutions (p. 16). Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.