

Balance hídrico del acuífero Silao-Romita

Rocío Guadalupe Morales Romero

rmorales.ug@gmail.com

Introducción o antecedentes del trabajo

El acuífero Silao-Romita, es una porción compleja de la realidad, cuya geografía se ubica dentro del territorio del estado de Guanajuato y por sus características es una de las más estratégicas en la región; ya que la gran producción industrial y de agricultura demanda una gran cantidad de agua; por lo que son necesarios mecanismos adecuados de distribución. Es importante señalar que el desarrollo industrial aunado al crecimiento poblacional y la contaminación ambiental, así como las características climatológicas de la región han provocado el deterioro y la sobreexplotación.

El acuífero es un claro ejemplo de cómo los mantos freáticos han sido demandados para cumplir con las necesidades humanas de desarrollo; lo cual se ha traducido en una crisis inminente. El agua en la región de estudio ha generado conflicto e carácter técnico, político y social entre los diferentes actores; lo cual reafirma que gran parte de praxis científica del agua debe focalizarse en solventar soluciones que además de integrar la calidad, cantidad y distribución del líquido; así como problemas sociales; los cuales en su conjunto se puedan traducir en la generación de conocimiento.

Las aportaciones previas en el área de estudio se han enfocado en un primer momento en el conocimiento del acuífero y su diagnóstico técnico, como por ejemplo el “Estudio Hidrogeológico y Modelo Matemático del Acuífero Silao-Romita” (1998), “Actualización del inventario de aprovechamientos subterráneos para el Acuífero Silao-Romita” (2009), entre las aportaciones de estudio desde el campo social y de gestión podemos referir a Guzmán *et. al* (2009); Foster *et. al* (2004), Maganda (2004), Marañón (2010).

Definición del problema.

El agua forma parte de un complejo ciclo de cambio global y futuro desarrollo tanto en el ámbito internacional como nacional. Como lo explican Arreguín *et al.* (2010) los retos que afronta el sector hidráulico en nuestro País tienen que ver con la escasez, contaminación del recurso, impacto del cambio climático sobre el ciclo hidrológico, administración fortalecida con la participación de todos los usuarios, un mejor ordenamiento ecológico y la revisión del sistema de ciencia y tecnología en el país. Este contexto nos permite la reflexión en el análisis de la sobreexplotación del acuífero Silao-Romita.

Es necesario un modelo que prevea la integración del acuífero en el cual se pueda visualizar la complejidad que demanda el agua en la zona de estudio. Este modelo es de naturaleza dinámica, cambiante y en el que se muestren las relaciones entre las características de balance.

A nivel nacional, la reforma constitucional al artículo 4 garantiza el acceso del líquido a todos los mexicanos, sin embargo a la fecha no se tienen las formas para lograr esta difícil tarea. Por otra parte la Ley de Aguas Nacionales carece de un reglamento, los consejos de cuenca no tienen la autoridad ni relevancia necesaria en la toma de decisiones y a nivel estatal el alcance de autoridad y toma de decisiones se limita al abastecimiento de agua. La crisis de este recurso ha generado diversas visiones por parte de los actores relevantes en el orden internacional, que sirvan como referentes para crear una política hídrica mundial que tenga impacto local.

Fundamentación

La dinámica de sistemas es una metodología diseñada para analizar y modelar el comportamiento temporal de entornos complejos, Forrester (1961). La selección del modelo está basada esencialmente en la elección de sus niveles (características físicas del agua, población, crecimiento, desarrollo de la agricultura, industria, desarrollo económico y uso de los recursos) los cuales

deben generar una visión completa del sistema. De manera paralela debe considerarse en análisis del sistema un contexto que abarca la complejidad física y de gobernanza que se desarrolla en un entorno socio-económico, político y ambiental.

En sus inicios, esta metodología fue utilizada para modelar un sistema de gran escala en escenarios socio-económicos y ambientales. En el libro “Los límites del crecimiento” Meadows (1972), se hicieron predicciones sobre el deterioro del medio ambiente físico, la enajenación de la juventud, la brecha creciente entre países pobres e industrializados, la inseguridad y empleo.

El objetivo básico de la Dinámica de Sistemas es llegar a comprender las causas estructurales que provocan el comportamiento del sistema. Esto implica tener un conocimiento profundo con respecto a cada elemento del sistema y así poder ver como diferentes acciones, efectuadas sobre partes del sistema, acentúan o atenúan las tendencias de comportamiento implícitas en el mismo. El sistema analizado se realiza con base en los datos históricos de las variables denominadas independientes, y se aplica la estadística para determinar los parámetros del sistema de ecuaciones que las relacionan con las otras denominadas dependientes.

Entre los ejercicios de simulación relacionados con el tema de estudio, podemos citar a Vázquez (2005), Modelo de simulación de gestión de residuos sólidos domiciliarios en la Región Metropolitana de Chile; Martínez Fernández *et al.* (2007) Gestión integrada de cuencas costeras: dinámica de los nutrientes en la cuenca del Mar Menor (sudeste de España) Madani (2010), Silva (2006), Izquierdo (2008), Martínez (2007). *Rehan, et. al* (2012), *Xi-Xi et. al* (2013), *Evan et. al* (2011), realizaron la integración de un modelo que incluye los submodelos social-económico y sistema ambiental; con el proyecto sobre estrategias de gestión sostenibles en aguas residuales urbanas, utilizando la dinámica de sistemas. En el territorio del Bajío y en concreto del acuífero no se han realizado aportaciones similares. Con este ejercicio se buscará crear un referente que

pueda ser considerado para la toma de decisiones, actualmente 77% de la extracción del recurso del subsuelo se destina al sector agropecuario, mientras que el 20% al abastecimiento público el 3% a la industria autoabastecida.

Objetivo

Identificar la problemática general del acuífero de estudio Silao-Romita a través de los diagramas causa-efecto de Forrester y generar un sistema que permita el análisis.

Metodología

La evolución a largo plazo podrá ser comprendida únicamente si se identifican las principales causas de los posibles cambios, lo cual es facilitado por una correcta selección de las variables. Idealmente, los límites del sistema deberán incluir todo el conjunto de mecanismos capaces de explicar las alteraciones importantes de las principales variables del sistema a través del amplio horizonte temporal utilizado. Así pues, la Dinámica de Sistemas permite la construcción de modelos tras un análisis cuidadoso de los elementos del sistema. Este análisis permite extraer la lógica interna del modelo, y con ello intentar un conocimiento de la evolución del sistema.

El balance de aguas subterráneas se planteó para el periodo 2008-2009 en una superficie aproximada de 1014.5 km² de la zona en la que están dispersos los aprovechamientos y en la que se cuenta con información piezométrica.

La diferencia entre la suma total de las entradas (recarga), y la suma total de las salidas (descarga), representa el volumen de agua perdido o ganado por el almacenamiento del acuífero. La ecuación general de balance, de acuerdo a la ley de la conservación de la masa es la siguiente:

$$\begin{array}{ccccc} \text{Entradas} & - & \text{Salidas} & = & \text{Cambio} \\ \text{(E)} & & \text{(S)} & & \text{de masa} \end{array}$$

Al retomar la información de la actualización del inventario de aprovechamientos subterráneos para el Acuífero Silao-Romita (2009), la disponibilidad de aguas subterráneas, constituye el volumen medio anual de agua subterránea disponible en un acuífero, al que tendrán derecho de explotar, usar o aprovechar los usuarios, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro a los ecosistemas.

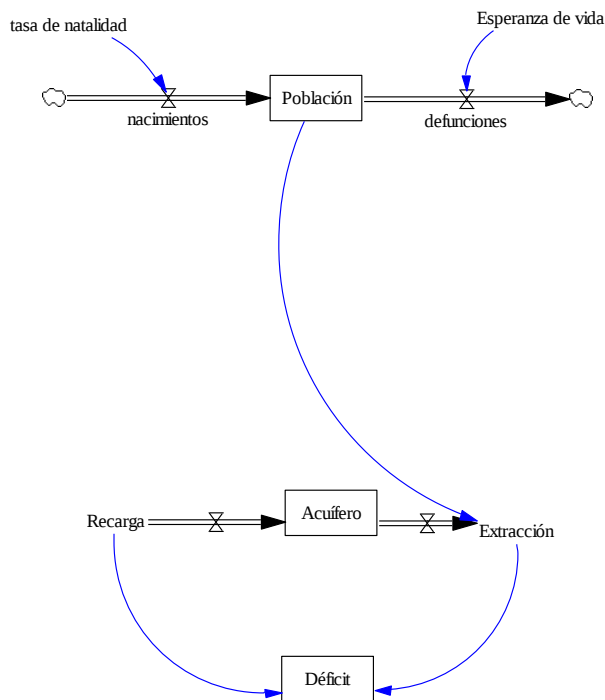
Conforme a la metodología indicada en la norma referida anteriormente, de acuerdo con la expresión (3), se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de aguas subterráneas concesionado e inscrito en el REPDA.

$$DAS = Rt - DNCOM - VCAS \quad (3)$$

$$DAS = 243.5 - 0.0 - 363.7$$

$$DAS = -120.2 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

El resultado actual indica que no existe disponibilidad de agua subterránea para otorgar nuevas concesiones. Por el contrario su déficit es de 120'200,000 m³ anuales que se están extrayendo a costa del almacenamiento no renovable del acuífero; por lo que se realiza el siguiente ejercicio.



Podemos observar entonces que existe un déficit del recurso hídrico (mostrado al 2010); por lo que es necesario enfocar la mirada hacia las estrategias de recarga del acuífero para los próximos años, recarga que incluya especial atención a la correlación entre la recarga y extracción, en relación con la población.

Bibliografía

- Agenda Nacional del Agua (2011) <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Temas/AgendadelAgua2030.pdf>
- Estudio Hidrogeológico y Modelo Matemático del Acuífero Silao-Romita, (1998) <http://seia.guanajuato.gob.mx/panel/document/phpver.php?Id=2889>
- Estadísticas del agua en México, edición 2011 http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/SINA/Capitulo_7.pdf
- Foster S., Garduño, H. y Kemper, K. (2004). "México - los COTAS: Avances en la gestión participativa del agua subterránea en Guanajuato". *Colección de casos esquemáticos, Banco Mundial Programa asociado de la GWP.*
- Forrester, J., (1961) "Industrial dynamics". Pegasus Communication.
- Forrester, J., (1998) Diseñando el futuro. Universidad de Sevilla, España.
- Forrester, J., (1992) La dinámica de sistemas y el aprendizaje del alumno en la educación escolar. Texto traducido por el ITESM.
- Guiponi C., J. Jakerman A., Karssenbergd., Karssenbergm., (2006) "Sustainable Management of water resources" E.E.
- Guzmán-Soria, E., Hernández-Martínez J., García-Salazar J., Rebollar-Rebollar, S., De la Garza-Carranza M., Hernández-Soto D., (2009) Consumo de agua subterránea en Guanajuato, México. *Agrociencia* 43: 749-761.

Herrera, A., Scolnick., Chichilinsky G., Gallopin G., Hardoy J., Mosovich D., Oteiza E., De Romero Brest G., Suárez E., Talavera L., (2004) “¿Catástrofe o nueva sociedad? Modelo Mundial Latinoamericano 30 años después”. IIED.

Herrero, A., “Desarrollo metodológico para el análisis del riesgo hídrico poblacional humano en cuencas periurbanas. Caso de estudio: Arroyo las Catonas” Región metropolitana de Buenos Aires. <http://tierra.rediris.es/hidrored/ponencias/Tcarolina.html>

Hoffmeister, M.C., (2010) Plan integrado para la gestión sostenible de aguas subterráneas: El caso de la cuenca del río Rapel, VI región de Chile. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Hritonenko N., Yatsenko Y. (2010) Mathematical Modeling in Economics, Ecology and the Environment.

INEGI: Censo de población (2010) <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?src=487&e=11>

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)
http://www.imta.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=181:agua-subterranea&catid=52:enciclopedia-del-agua&Itemid=80

Izquierdo, M., Galán J., Del Olmo R (2008). Modelado de sistemas complejos mediante simulación basada en agentes y mediante dinámica de sistemas EMPIRIA. Revista de Metodología de Ciencias Sociales

Ley de Aguas Nacionales. Diario Oficial de la Federación el 1º de diciembre de 1992 (Última reforma publicada DOF con fecha 08-06-2012)
<http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16.pdf>

Madani, K., (2010) Towards sustainable watershed management. Using system Dynamics for Integrated water resources planning. VDM Verlag.

Maganda, M., (2004) Disponibilidad de agua, un riesgo construido vulnerabilidad hídrica y crecimiento urbano-industrial en Silao, Guanajuato (México). CIESAS. México.

Martínez Fernández J. Esteve Selma M. Gestión integrada de cuencas costeras: dinámica de los nutrientes en la cuenca del Mar Menor (sudeste de España). Revista de Dinámica de Sistemas Vol. 3 Núm. 1 (Marzo 2007).

Marañón, B., (2010) “Agua subterránea gestión y participación social en Guanajuato”. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Meadows D., Meadows D., Randers J., Behrens W., (1972) “Los límites del crecimiento”. Fondo de cultura Económica.

Meadows, D., (1997) Lugares donde intervenir en un sistema. Whole Earth

Ogata, K. (1987). Dinámica de Sistemas. Prentice –Hall

Periódico Oficial de Gobierno del Estado de Guanajuato no. 15, 19 de febrero de 1999.

Pimentel, J., Velázquez M., Sánchez, M., Seefoó, J., (2011) La ingobernabilidad en la gestión del agua urbana en México”. *Retos de la investigación del agua en México*. Universidad Nacional Autónoma de México.

P. Van Gich J. (2007) “Teoría general de sistemas”. Trillas México.

Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos y la División de Estadística de las Naciones Unidas (2012). http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/irws/irwswebversion_spa.pdf

R. Rehan, A.J.A. Unger, M.A.Knight; C.T. Hass. Financially sustainable management strategies for urban wastewater collection infrastructure- Implementation of a system dynamics model. Tunnelling and underground space technology.

Scheel, C., (1998) Modelación de la Dinámica de Ecosistemas. Trillas.

Silva, J. (2006) Modelo regional de simulación. Enfoque de sistemas (Forrester). Trabajo de investigación.

Steffen C., Echánove F., (2003). “Efectos de la política de ajuste estructural en los productores de granos y hortalizas de Guanajuato”. Universidad Autónoma Metropolitana.

Vázquez, O. 2005. Modelo de simulación de gestión de residuos sólidos domiciliarios en la región metropolitana de Chile. *Revista de Dinámica de Sistemas Vol. 1 Núm. 1 (Septiembre 2005)*.
http://dinamica-sistemas.mty.itesm.mx/docs/vasquez_residuos.pdf

Zamorano, H., (2003) Modelos de simulación como apoyo a la toma de decisiones. Guía de estudios. Facultad de Ciencias Económicas y Estadística UNR.

Dinámica de Sistemas

<http://www.dinamica-de-sistemas.com/>

Vensim

<http://www.atc-innova.com/>

Libros

Cursos Online



[Ejercicios](#)



[Curso Básico Intensivo en Dinámica de Sistemas](#)



[Avanzado](#)



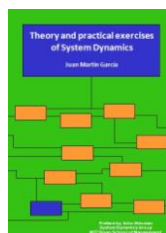
[Curso Superior en creación de modelos de simulación](#)



[Conceptos](#)



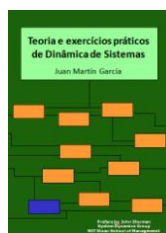
[Modelos de simulación en ecología y medioambiente](#)



[English](#)



[Planificación de empresas con modelos de simulación](#)



[Português](#)



[System Thinking aplicado al Project Management](#)