



**AgEcon** SEARCH

RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

*No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.*

# AGUA SUBTERRÁNEA:

Fuente de vida bajo nuestros pies,  
Y su administración en regiones áridas

H<sub>2</sub>O

Saldierna-Ramos, J.J.<sup>1</sup>; De la Garza-Requena, F.R.<sup>1</sup>; Ventura-Houle, R.<sup>1</sup>; Heyer-Rodríguez, L.<sup>1</sup>; Salinas-Castillo, W.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería y Ciencias. Centro Universitario Adolfo López Mateos de la Universidad Autónoma de Tamaulipas; Cd. Victoria, Tamaulipas, México. C.P 87149.

**Autor Responsable:** [saldiernajose@gmail.com](mailto:saldiernajose@gmail.com)

## RESUMEN

**S**e muestra la diferencia de niveles piezométricos entre finales de los años setenta y los registrados en 2012, además de exponer la importancia del agua subterránea, sus propiedades y la necesidad de implementar un programa de gestión de recursos hídricos que contenga programas y acciones de sustentabilidad en una región árida de Tula-Bustamante, Tamaulipas, México.

**Palabras clave:** Disponibilidad, Agua subterránea, Importancia

## INTRODUCCIÓN

**El agua** es vital para todos los seres vivos; el organismo de una persona se constituye de hasta 70% de agua y, de igual manera, las plantas la necesitan para su desarrollo y el transporte de nutrientes, que contribuye al proceso de fotosíntesis, mediante el cual la planta fija CO<sub>2</sub> y libera oxígeno. Del agua contenida en el planeta, 97% es salada y no es apta para el consumo humano; el 3% restante es agua dulce. Sin embargo, de este último, 75% se encuentra en forma de hielo en los casquetes polares, 24% está en el subsuelo y únicamente 1% forma los ríos y los lagos (Chung, 2002). Existen

dos problemáticas principales en relación con el agua y la sociedad; la primera es la baja disponibilidad, que genera escasez con impactos negativos para la sociedad en lo que concierne al consumo humano y producción de alimentos, por ejemplo; la segunda se refiere a la calidad de la misma, de la cual depende la viabilidad para los usos consumptivos, factores que impactan definitivamente la calidad de vida de los seres humanos (Custodio, 2002; Salazar *et al.*, 2010; Wu *et al.*, 2013). Existen dos fuentes convencionales de abastecimiento de agua para las actividades humanas: la superficial (cuerpos de agua naturales) y la de origen subterráneo; esta última se puede aprovechar mediante su flujo en manantiales, o bien, aplicando mecanismos de extracción a través de perforaciones en el suelo, como las norias, con profundidades de 10 a 30 m (Figura 1 A) y los pozos profundos (Figura 1 B), los cuales llegan a registrar hasta 800 metros de profundidad. El agua subterránea es muy importante, ya que representa la única fuente de abastecimiento en muchas regiones áridas del planeta que carecen de ríos o lagos perennes (Vasanthavigar *et al.*, 2012).



Figura 1. Sistemas de extracción de agua subterránea en el municipio de Tula, Tamaulipas, México. A: noria. B: pozo profundo.

Las ventajas del agua subterránea sobre las fuentes de abastecimiento superficial son: menor riesgo de contaminación por actividades del hombre, que presenta mejor calidad debido a procesos de filtración natural en el subsuelo (en la mayoría de los casos), así como menor riesgo a alteraciones y mayores capacidades de almacenamiento sin comprometer áreas en la superficie (Figura 2). Sin embargo, como desventajas se tiene la contaminación natural, vulnerabilidad a procesos de degradación y salinización en casos de sobreexplotación (Silva-Hidalgo *et al.*, 2013).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Caso de estudio: Tula, Tamaulipas

En México, la disponibilidad natural media por año de agua es de aproximadamente 462 mil millones de metros cúbicos, de los que 14.3% se destina al servicio público, 4% a uso industrial, 5.1% a energía eléctrica y 76.6% a la producción de alimentos. Para el estado de Tamaulipas se tienen contemplados 6,197 millones de metros cúbicos de disponibilidad de agua, donde la mayoría se destina a la producción agrícola (CONAGUA, 2012).

El municipio de Tula, Tamaulipas, México, localizado en una zona árida, corresponde al acuífero denominado Tula-Bustamante (Figura 3), el cual tiene una disponibilidad de 21.5 millones de metros cúbicos. Esta fuente corresponde a una cuenca cerrada que da lugar a una unidad acuífera de origen aluvial propenso a suministrar una deficiente calidad de agua (Jones y Schilling, 2011; Korbelt *et al.*, 2013), debido a procesos como la interacción roca-agua y



Figura 2. Fuente de abastecimiento de agua subterránea.

su capacidad de reaccionar entre sí dentro del sistema acuífero (Gaillard, 1994; Subba, 2009), y la actividad biológica presente en el agua subterránea (Raju *et al.*, 2009); además de factores como el arrastre de partículas de fertilizantes, pesticidas, materia orgánica u otros desechos originados por actividades del hombre (Jalali, 2006; Prasanna *et al.*, 2011).

Las profundidades a las que se encuentra el espejo de agua se denominan niveles piezométricos donde una diferencia negativa significa que el agua está a mayor profundidad (Sánchez-San Román, 2012). En la región de Tula, las fuentes de agua subterránea son de gran interés tanto para el uso agrícola como para el urbano, lo que conlleva a ejercer gran presión sobre el sistema acuífero Tula-Bustamante. Las mediciones de niveles piezométricos realizadas en 2012 muestran una diferencia promedio de  $-9.8$  metros, con valores máximos de hasta  $-21$  metros, en comparación con estudios de medición realizados a finales de la década de los setenta.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base en lo anterior, existe la posibilidad de presentar problemas relacionados con la sobreexplotación,

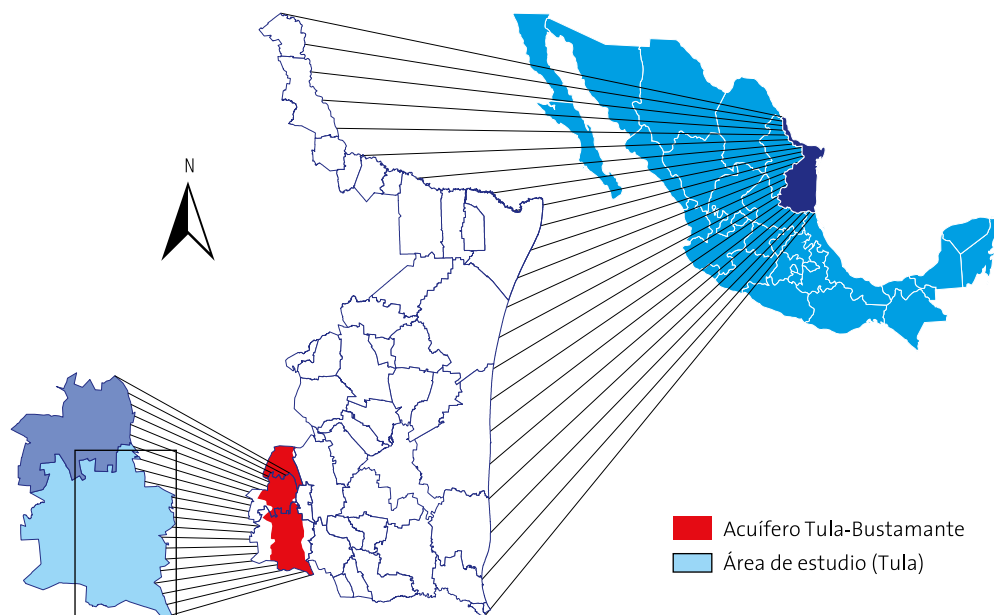


Figura 3. Localización del área de estudio, municipio de Tula, Tamaulipas, México.

como un deterioro de la calidad y una consecuente disminución del volumen disponible (Sánchez-San Román, 2012), con especial énfasis de afectación en las zonas localizadas en el oeste y el sureste del municipio de Tula (CEAT, 2012) (Cuadro 1, Figura 4).

### Gestión de recursos hídricos

Como resultado de la presión sobre el medio ambiente y la competencia entre usuarios, se han diseñado diversos mecanismos de gestión de agua, donde el principal objetivo es la sustentabilidad del recurso; sin embargo, el continuo aumento en la demanda y la baja disponibilidad ha generado la necesidad de diseñar reglas de operación y acceso a los recursos hídricos, para lo cual se hace necesario conocer perfectamente su cantidad (inventario de agua) y su calidad, además de realizar proyecciones al menos entre 20 y 30 años en cuanto a su uso para ejercer programas de gestión con un enfoque multidisciplinario y transversal (Figura 5).

Para lograr que el recurso hídrico sea sustentable en la región de Tula, Tamaulipas, se han desarrollado actividades en apego al programa de gestión de agua del acuífero Tula-Bustamante, en coordinación con el Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS), con el fin de formular y ejecutar programas con base en acciones que permitan la recuperación, estabilización y preservación de las fuentes de abastecimiento subterráneo, así como la implementación de un inventario de recurso hídrico, saber qué cantidad de agua se encuentra disponible y en dónde; establecer programas de medición anuales, con el fin de determinar el gasto que se tiene del acuífero y cuánto ha disminuido su nivel; un monitoreo de calidad del agua, para conocer las condiciones o cambios que se puedan presentar; la generación de conocimiento, para comprender el comportamiento del sistema acuífero; un padrón de usuarios, que considere el uso y el gasto de agua para cada beneficiario; y programas de educación ambiental

Cuadro 1. Comparación de niveles piezométricos de pozos de abastecimiento localizados en el municipio de Tula, Tamaulipas, México.

Pozo	Piezometría 1979	Piezometría 2012	Diferencia (m)
P 97	1042.7	1038.5	-4.2
P 98	1037	1034.14	-2.86
P 99	1042	1032.99	-9.01
P 101	1050	1034.98	-15.02
P 102	1041	1036.19	-4.81
P 12	1049	1038	-11
P 15	1033.7	1018	-15.7
P 16	1034	1025.15	-8.85
P 78	1037	1026.19	-10.81
P 21	1032	1025	-7
P 25	1037	1031.34	-5.66
P 30	1049.86	1028.6	-21.26
P 23	1036.83	1022.26	-14.57
P 26	1026.71	1021.15	-5.56
P 37	1044	1021.87	-22.13
P 38	1047.75	1034.35	-13.4
P 39	1026.5	1015	-11.5
P 40	1031.5	1018.5	-13
P 60	1016.3	1006.22	-10.08
P 61	1005.85	995.5	-10.35
P 93	984.15	972.88	-11.27
P 62	1009	998.35	-10.65
P 63	977	976.59	-0.41
P 65	986.21	985.53	-0.68
P 66	988.5	985.43	-3.07
P 69	995	985.48	-9.52
P 70	998.25	988.23	-10.02
P 5	1042	1031.7	-10.3
P 42	997.6	981.2	-16.4
P 41	1005.35	992.37	-12.98
P 43	1010.95	992.7	-18.25
P 44	981.55	972.9	-8.65
P 4	997.65	995.7	-1.95
P 36	986	985.5	-0.5
P 35	1007.84	998.5	-9.34
P 34	1023.57	1008.5	-15.07
P 33	996.2	985.85	-10.35
P 48	991	987.38	-3.62
P 2A	998.6	978.09	-20.51

Fuente: Comisión Estatal del Agua de Tamaulipas, 2012.

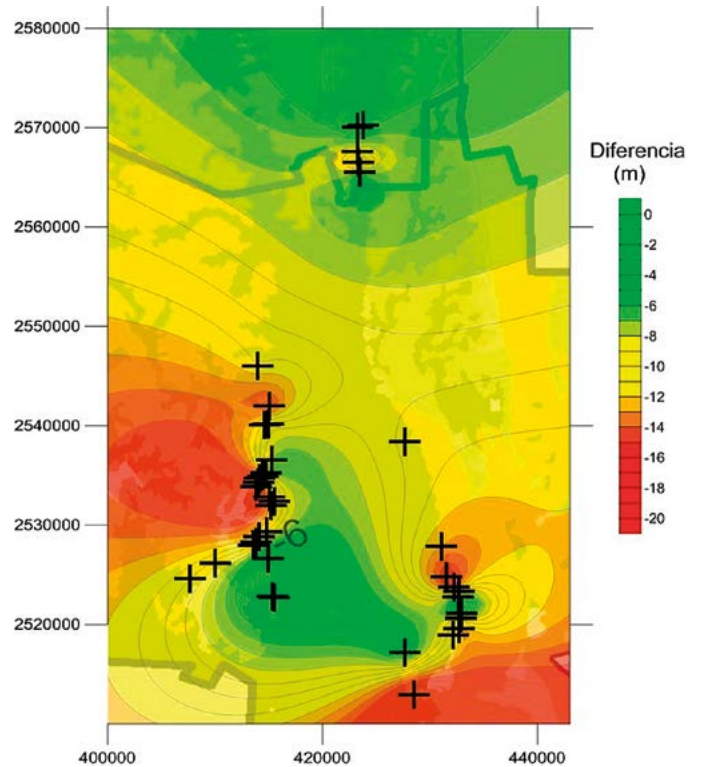


Figura 4. Mapa de prospección hidrogeoquímica de diferencia de niveles piezométricos. El símbolo + es la localización de pozos de abastecimiento en Tula, Tamaulipas, México.



Figura 5. Uso agrícola de agua de origen subterráneo en Tula, Tamaulipas, México.

para generar la concientización sobre el uso y el cuidado del agua en la región.

## CONCLUSIONES

Con la aplicación de acciones de gestión, con un enfoque multidisciplinario y transversal, se podrá disponer de agua para las actividades humanas y su superveniencia, tanto en el presente como en el futuro.

## LITERATURA CITADA

- Chung T.B. 2002. Fundamentos de la calidad del agua, aspectos físicos y químicos del agua para consumo humano. II Curso Nacional de Entrenamiento en Control de Calidad del Agua de Sistemas de Agua Potable. Lima, Perú.
- Comisión Estatal del Agua de Tamaulipas (CEAT). 2012. Actualización del estudio de disponibilidad del acuífero Tula-Bustamante. México 37 p.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) 2012. Atlas digital de México 2012. (En línea). Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/atlas/ciclo12.html>. Fecha de Consulta: 10 de junio del 2013
- Custodio E. 2002. Aquifer overexploitation: what does it mean? *Hydrogeology Journal*, 10:254-277.
- Gaillard J.F. 1994. Early diagenetic modeling: a critical need for process studies, kinetic rates, a numerical method. *Trends Chemistry Geology* 1, 239-252.
- Jalali M. 2006. Chemical characteristics of groundwater in parts of mountainous region, Alvand, Hamadan. *Iran. Environment Geology* 51, 433-446.
- Jones C.S., Schilling K.E. 2011. From Agricultural Intensification to Conservation: Sediment Transport in the Raccoon River, Iowa, 1916–2009. *Journal of Environmental Quality*. 40, 13 p.
- Korbel K.L., Hancock P.J., Serov P., Lim R.P., Hose G.P. 2013. Groundwater Ecosystems vary with land use across a mixed agricultural landscape. *Journal of Environmental Quality*. 42, 11 p.
- Prasanna M.V., Chidambaram S., Shahul-Hammed A., Srinivasamoorthy K. 2011. Hydrogeochemical analysis and evaluation of groundwater quality in the Gadilam river basin, Tamil Nadu, India. *Journal Earth System Science*. 120, 85-98.
- Raju N.J., Ram P., Dey S. 2009. Groundwater quality in the lower Varuna River basin, Varanasi district, Uttar Pradesh, India. *Journal of Geological Society of India*. 73, 178–192.
- Sánchez-San Román F.J. 2012. Conceptos fundamentales de Hidrología. Departamento de Geología. Universidad de Salamanca. España. 10 p.
- Salazar R., Szidarovszky F., Rojano A. 2010. Water Distribution Scenarios in the Mexican Valley. *Water Resources Management*, 24, 2959-2970.
- Silva-Hidalgo H., Aldama A.A., Martín-Domínguez I.R., Alarcón-Herrera M.T. 2013. Methodology to determine availability and deficit of surface water in basins: application case for the Mexican norms. *Tecnología y Ciencias del Agua* 4, 27-50.
- Subba-Rao N. 2001. Geochemistry of groundwater in parts of Guntur district, Andhra Pradesh, India. *Environmental Geology* 41,552–562.
- Vasanthavignar M., Srinivasamoorthy K., Prasanna M.V. 2011. Evaluation of groundwater suitability for domestic, irrigational and industrial purposes: a case study from Thirumanimuttar river basin, Tamilnadu, India. *Environmental Monitoring and Assessment*. 184, 405-420.
- Wu G.Y., Li L.H., Ahmad S., Chen X., Pan X.L. 2013. A Dynamic Model for Vulnerability Assessment of Regional Water Resources in Arid Areas: A Case Study of Bayingolin, China. *Water Resources Management*, 27, 3085-3101.

