



FINGUACH

Año 2 • Número 2 • Enero - Junio 2021

Universidad Autónoma de Chihuahua
Facultad de Ingeniería

E-ISSN: 2683-3387

<https://vocero.uach.mx/index.php/finguach>



UACH
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA

M.E. Luis Alberto Fierro Ramírez
Rector

M.E.A. Alfredo Ramón Urbina Valenzuela
Director de Investigación y Posgrado

M.L. Ramón Gerónimo Olvera Neder
Director de Extensión y Difusión Cultural

M.I. Javier González Cantú
Director de la Facultad de Ingeniería



La revista FINGUACH, año 2, No. 2, Enero-Junio 2021, es una publicación semestral editada por la Universidad Autónoma de Chihuahua, calle Escorza 900, Col. Centro, Chihuahua, Chih., C.P. 31000, Tel. (614) 442-9500 ext 2545, <https://vocero.uach.mx/index.php/finguach>. Editor responsable: Javier González Cantú. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2020-042310492700-203, E-ISSN: 2683-3387, otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Responsable de la última actualización de este Número, Javier González Cantú, Editor, Circuito No. 1, Campus Universitario II, Chihuahua, Chih., C.P. 31125, el día 31 de mayo de 2021. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Autónoma de Chihuahua.



latindex

Contenido

Carta del Editor	2
Aprovechamiento de agua subterránea. El caso del estado de Chihuahua	3

Comite Editorial

M.I. Javier González Cantú
Editor en jefe

M.I. David Maloof Flores
Editor

**Dra. Guadalupe Irma Estrada
Gutierrez**
Editora

Dr. José Luis Herrera Aguilar
Editor

Dr. Alejandro Villalobos Aragón
Editor

**M.I. Jesús Roberto López
Santillán**
Editor

Dr. Luis Carlos González Gurrola
Editor

**M.A. Luis Carlos González
Martínez**
Editor

M.E.S. Irma Liz Piñón Carmona
Editora





Carta del editor


El presente año 2021 continúa representando un momento importante para avanzar en las tecnologías que faciliten el aprendizaje a distancia. En la Universidad Autónoma de Chihuahua esto no es una excepción. Por otro lado, en el ámbito de la investigación, el mundo comprende su valor y la urgencia con la que se requiere tener una eficiente comunicación entre científicos alrededor del mundo, a través de la difusión con el uso de las tecnologías de la información y comunicación. Y de igual manera con la sociedad, el distinguir entre información confiable y dudosa.

La revista FINGUACH ha transitado a la distribución electrónica, buscando que cuente con dos Números Internacionales Normalizados de Publicaciones Seriadas (Printed ISSN y Electronic ISSN), otorgando una oportunidad para facilitar la distribución electrónica de futuras publicaciones, y abriendo puertas para ingresar a distintos sistemas de indización.

Asimismo, el Comité Editorial de FINGUACH continúa replanteando estrategias para asegurar la calidad, y mejorar la visibilidad e impacto de la revista. Esta actualización abarca esencialmente el proceso de arbitraje con revisión por pares doble ciego, en una modalidad de publicación continua (semestral, enero y julio) y, de igual manera, buscamos ampliar la base de datos de revisores (nacionales e internacionales). Trabajaremos a fin de asegurar la calidad y ética de las publicaciones con acciones que nos permitan lograr los más elevados índices.

Agradecemos a los autores que participan en cada número, a los lectores y al equipo de trabajo de la revista. En esta ocasión este espacio servirá de agradecimiento a Humberto Silva Hidalgo, Guadalupe Irma Graciela Estrada Gutiérrez, Adán Pinales Munguía, Martha Lorena Calderón Fernández, María Socorro Espino Valdés y Juan Carlos Burillo Montúfar, por compartirnos el artículo "Aprovechamiento de agua subterránea. El caso del estado de Chihuahua".

Javier González Cantú
Editor



Aprovechamiento de agua subterránea. El caso del estado de Chihuahua

Humberto Silva Hidalgo¹, Guadalupe Irma Graciela Estrada Gutiérrez¹, Adán Pinales Munguía¹, Martha Lorena Calderón Fernández¹, María Socorro Espino Valdés¹, Juan Carlos Burillo Montúfar¹.

Resumen

En el estado de Chihuahua se identifican sesenta y un acuíferos, de los cuales ocho son transfronterizos entre México y Estados Unidos. Otros ocho acuíferos tienen su zona de recarga en territorio chihuahuense, pero son aprovechados en Sonora y Sinaloa. En la mayor parte del planeta, el agua superficial fue aprovechada inicialmente, por lo que se usa más que la subterránea. Sin embargo, en el estado de Chihuahua, el aprovechamiento de agua subterránea rápidamente alcanzó los niveles de la superficial e incluso los rebasó hace tiempo. De acuerdo con la publicación de disponibilidad de agua subterránea en el Diario Oficial de la Federación, en la actualidad se tienen 30 acuíferos en déficit. De acuerdo con esta información, es de mayor importancia que se establezcan medidas que permitan restablecer el equilibrio hidrológico en los acuíferos en déficit de agua, así como planes de manejo en aquéllos que aún tienen disponibilidad. No se debe soslayar que el desarrollo socioeconómico, así como el medio ambiente y la flora y fauna que en él habitan, dependen de ello. Tampoco se debe dejar de lado que los sistemas acuíferos son sensibles tanto a las alteraciones naturales, como a las antropogénicas, razón por la cual es imprescindible trabajar decididamente en campañas de cultura del agua que involucren a la sociedad en prácticas responsables de uso y cuidado del líquido, pero también del medio ambiente.

Palabras clave: agua subterránea, disponibilidad de agua, cultura del agua.

1. INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento sustentable de agua subterránea es imprescindible en muchas regiones áridas del planeta, si se ha de asegurar el suministro futuro de agua de estas fuentes. En estos lugares, el clima es extremoso, por lo que a pesar de las bajas precipitaciones anuales, a menudo se presentan tormentas (eventos aislados de precipitación) que causan inundaciones y consecuentemente daños importantes a las zonas urbanas y productivas; esto puede ocurrir por igual en años de lluvia abundante, promedio e incluso anómalamente secos. Pero el agua, así como produce efectos adversos como la sequía e inundaciones, también es fuente de producción, crecimiento y riqueza, ya que sin este valioso líquido, se imposibilitan las actividades sociales, económicas y en general productivas de la humanidad.

Bajo esta perspectiva es de mayor importancia que los países hagan las inversiones necesarias en materia de infraestructura hidráulica, de manera que puedan controlar de la mejor forma posible, los escurrimientos superficiales que se generan en ellos. Lo anterior, permite minimizar los efectos adversos de las inundaciones, así como de las sequías, con lo que las inversiones en reconstrucción de infraestructura y reparación de daños se disminuyen, y de este modo se pueden emplear para atender otras prioridades relacionadas con el desarrollo de dichas regiones.

En una zona árida como lo es una gran extensión del estado de Chihuahua, localizado en la porción central norte del país, en el denominado Desierto Chihuahuense, la escasez del agua es una condición natural, que se matiza con los prolongados y recurrentes periodos de sequía que se presentan (Kelly, 2001). Geográficamente se ubica entre las latitudes que corresponden a la franja de los grandes desiertos del mundo.

De acuerdo con la Instituto Mundial de Recursos (WRI por sus siglas en inglés) en México se tenía en el año 2007 una disponibilidad de agua dulce del orden de 4,250 m³/hab/año, que se puede considerar baja, pero suficiente. Sin embargo, este valor corresponde a una media nacional, que a nivel entidad federativa suele ser muy distinta. El valor real es muy superior en los estados del sureste y mucho menor en la porción centro y norte del país. En el estado de Chihuahua se estima que es del orden de 1,831 m³/hab/año que corresponde a una zona vulnerable próxima a una zona con estrés hídrico (fao, 2007). Este valor es inferior al 50% de la media nacional y es función de la población. Así, se estima que en el año 1950 se tenía una disponibilidad de 18,035 m³/hab/año, valor que disminuyó a 4,000 m³/hab/año para el año 2013, lo que corresponden en promedio a una disminución de 222.78 m³/hab/año en cada uno de los 63 años de este periodo.

En México, el principal usuario de las aguas nacionales es el sector agrícola que consume el 77% del total del agua aprovechada, mientras que el uso público-urbano demanda el 14%, y en el sector industrial se utiliza el 9% restante (CONAGUA, 2016).

Cómo ocurre en otras regiones áridas del mundo, en México se utiliza más agua superficial (62%) que subterránea (38%), sin embargo a nivel entidad federativa en algunos casos la situación es diferente. En Chihuahua se usa aproximadamente el 61.3% de aguas subterránea y sólo el 38.7% de superficial (CONAGUA, 2016).

2 MARCO LEGAL PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL AGUA EN MÉXICO

En México se tiene un marco jurídico para el aprovechamiento de sus recursos hídricos nacionales (superficiales y subterráneos). El primer ordenamiento es la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CDHCU, 2017), en donde se establece en el artículo 27 que: (1) las aguas dentro del territorio son propiedad de la nación, (2) las aguas pueden ser libremente alumbradas pero que por causas de interés público, se puede reglamentar o vedar su aprovechamiento, y (3) el aprovechamiento de las aguas nacionales podrá realizarse mediante concesiones otorgadas por el Ejecutivo Federal, conforme a las reglas y condiciones que establezcan las leyes.

La Ley de Aguas Nacionales (LAN) en su artículo 22 establece que el otorgamiento de concesiones estará sujeto a la propia ley y su reglamento, y que para el efecto tomará en cuenta la disponibilidad media anual del agua (CDHCU, 2016). El artículo transitorio 13 del reglamento de la LAN (CDHCU, 2014) especifica que la disponibilidad media anual de agua se determinará conforme a las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que se emitan para tal efecto. Finalmente la NOM-011-CNA-2015 establece el método para determinar la disponibilidad de aguas nacionales (SEMARNAT, 2015).

2.1 Disponibilidad de agua superficial

La Norma (SEMARNAT, 2015) en su especificación 4.2.1, establece que la disponibilidad media anual de agua superficial, D , es el valor que resulta de la diferencia entre el volumen medio anual de escurrimiento de una cuenca hacia aguas abajo, A_b , y el volumen anual actual comprometido aguas abajo, R_{xy} , como se presenta en la Ecuación (1):

$$D = A_b - R_{xy} \quad (1)$$

2.2 Disponibilidad de agua subterránea

Conforme a la especificación 4.3 de la Norma (SEMARNAT, 2015), la disponibilidad media anual de agua subterránea (D) resulta de la diferencia entre la recarga total media anual (R_t) que ingresa al acuífero, con respecto a la descarga natural comprometida (D_{nc}) y la extracción de agua subterránea (Ext), como se presenta en la ecuación (2).

$$D = R_t - D_{nc} - Ext \quad (2)$$

La extracción de agua subterránea corresponde a los volúmenes concesionados o asignados inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua, volúmenes en proceso de registro y titulación, volúmenes considerados en reservas, reglamentos y programación hídrica. En zonas de libre alumbramiento se refiere a volúmenes extraídos que se estimaron mediante estudios técnicos, volúmenes efectivamente extraídos y en su caso, los concesionados de la parte vedada del acuífero. Los volúmenes inscritos en el Registro Nacional Permanente no se consideran a menos que se verifique en campo que son físicamente extraídos.

El concepto de disponibilidad media anual de agua subterránea de la NOM-011-CNA-2015 tiene una connotación jurídico-administrativa o de regulación (Silva-Hidalgo et al., 2013), ya que tiene el objetivo de identificar volúmenes de agua que puedan ser concesionados en un acuífero, sin afectar los volúmenes ya concesionados, ni la descarga natural comprometida (SEMARNAT, 2015).

2. DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA

En cuatro de las RH se tiene disponibilidad de agua, con excepción de la RH 24 Bravo-Conchos, en la que se tiene un déficit importante. En el caso del agua subterránea, 30 acuíferos presentan un déficit o desbalance hidrológico conforme a la condicionante que establece la Ley de Aguas Nacionales vigente (CNA, 2016).

En el caso de la RH 24, se presentan problemas importantes en la distribución del agua, que en períodos de sequía antecedentes han mostrado su enorme potencial para generar competencia e incluso conflictos por el vital líquido entre los usuarios del agua. Por tratarse de una cuenca binacional (CILA, 1906 y CILA, 1944) los retos en materia de administración del agua son aún más complejos.

Los problemas que se generan por el desbalance hidrogeológico en los sistemas acuíferos son: descenso de niveles de agua subterránea, afectación a ecosistemas frágiles, pérdida de manantiales y de flujo base en ríos –ríos perennes pasan a intermitentes y con el tiempo a efímeros-, pérdida de biodiversidad en zona riparia y eventualmente en zonas adyacentes, presencia de especies no endémicas, deterioro de la calidad del agua subterránea, incremento en los costos de energía eléctrica para alumbrar el agua a mayor profundidad, incremento en los costos de potabilización de agua con mayores contenidos de iones en disolución, incremento de inversiones para profundizar aprovechamientos y cambio de equipos de bombeo con mayores capacidades, disminución de la utilidad de la actividad productiva, entre otros.

Cabe destacar que un mayor aprovechamiento de agua superficial en la RH 24 no es posible ya que presenta déficit, sin embargo, siete acuíferos también tienen este problema, por lo que la continuidad del desarrollo de la región se puede ver seriamente comprometido. En el caso de los acuíferos que exhiben déficit en las RH 35 y RH 34, aún se tiene disponibilidad de agua, por lo que se podría analizar la posibilidad de atender dicho déficit recurriendo al aprovechamiento de agua superficial, construyendo infraestructura hidráulica en las regiones que resulten factibles.

4 ALTERNATIVAS PARA REESTABLECER EL BALANCE HIDROLÓGICO EN ACUÍFEROS

De la observación de la ecuación (2) se observa que las alternativas para reestablecer el balance hidrológico en acuíferos que observan déficit son: (1) el incremento de la recarga de agua subterránea, ó (2) la disminución o control de la extracción del recurso hídrico subterráneo.

4.1 Incremento de la recarga de agua subterránea

La recarga de agua subterránea puede ser natural o antropogénica. En el primer caso se tiene la porción de la precipitación que se infiltra y que transita por subsuelo (zona no saturada) hasta eventualmente llegar al nivel de aguas subterránea, adicionalmente, se consideran como recarga natural los flujos de agua laterales que provienen de otra unidad hidrogeológica adyacente. En la segunda categoría se tienen los volúmenes de agua que ingresan al acuífero, procedentes de excedentes del aprovechamiento de agua que hace la humanidad; también se le conocen como flujos de retorno, que pueden ser agrícolas, público urbano e incluso industrial.

En el caso de la recarga antropogénica, su existencia es incidental, ya que tiene lugar, pero no es llevada a cabo con el propósito de incrementar la recarga de agua subterránea. Cuando se realizan obras o proceso que tienen como objetivo principal o secundario el incremento de los volúmenes almacenados en el acuífero, se le conoce como recarga artificial de acuíferos o Manejo de la Recarga de Acuíferos (MRA). El MRA es una alternativa viable, siempre y cuando se identifiquen fuentes factibles de agua a introducir al acuífero; puede ser agua procedente de escurrimientos superficiales o aguas tratadas, entre otras posibilidades; sin embargo, es importante que los proyectos cumplan con las normas oficiales mexicanas correspondientes, especialmente en el caso de recarga con agua tratada.

4.2. Disminución o control de la extracción

Dentro de esta alternativa se encuentran varias posibilidades como son: (1) Tecnificación de áreas agrícolas, acompañado de la reducción de la extracción y de las concesiones de agua subterránea, (2) Rescate de concesiones o derechos de agua subterránea de los usuarios, (3) Reemplazo de concesiones de agua subterránea por agua superficial en aquellas RH en las que se tienen disponibilidad de agua superficial, reemplazo de agua subterránea por agua residual tratada en los casos en los que sea factible, (4) Reemplazo de algunos cultivos por otros de menor demanda de agua con igual valor agregado, (5) Uso de dispositivos ahorradores de agua a nivel intradomiciliario en centros de población, (6) Reglamentación de acuíferos (incluyendo el registro de aprovechamientos, medición de la extracción, volumen alumbrado limitado al volumen concesionado), así como (7) Establecimiento de zonas de veda, reserva o reglamentadas.

Finalmente, se tiene como posibilidad el retiro de concesiones por causa de utilidad pública, lo que está previsto en la LAN (CNA, 2004). Esto implica el llevar a cabo actos de autoridad que pueden generar problemas y retos que deben ser analizados y tomados en consideración por la autoridad competente.

5 CONCLUSIONES

Considerando la génesis y evolución del aprovechamiento de agua en el estado de Chihuahua hasta haber alcanzado la situación actual, en el que se tienen cuando menos 30 acuíferos en déficit, es de vital importancia tomar previsiones para evitar que el número se incremente en el futuro.

Se requiere establecer prácticas de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, que involucren el considerar la disponibilidad de agua subterránea y superficial en forma conjunta y no aislada. El poder establecer esta gestión implica entre otras cosas: elaborar planes de manejo con un enfoque holístico en cuencas y acuíferos, revisar y en su caso replantear zonas existentes o establecer nuevas zonas de veda, reglamentadas o de reserva, establecer zonas naturales protegidas en áreas de recarga natural de acuíferos, determinar y establecer flujos ecológicos en cuerpos de agua superficial, hacer campañas estratégicas de cuidado del agua y del medio ambiente, y finalmente, crear conciencia social en torno al tema del cuidado y preservación del agua y del medio ambiente, adaptación a posibles cambios en el clima y prevención de los efectos adversos de eventos meteorológicos extremos como sequías e inundaciones.

BIBLIOGRAFÍA

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (CDHCU), (2017), Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Diario Oficial de la Federación, 15 de septiembre de 2017 (última reforma), México D. F.

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (CDHCU), (2016), Ley de Aguas Nacionales, Diario Oficial de la Federación, 24 de marzo de 2016 (última reforma), México D. F.

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (CDHCU), (2014), Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, Diario Oficial de la Federación, 25 de agosto de 2014 (última reforma), México D. F.

Carabias, J., Landa, R., Collado, J. y Martínez, P., (2005), Agua, Medio Ambiente y Sociedad, Capítulo 10. Estructura Institucional y Descentralización, pp 127-137.

Comisión Internacional del Límites y Aguas, Sección Mexicana (CILA), (1944), Tratado Sobre la Distribución de Aguas Internacionales entre Los Estados Unidos Mexicanos y Los Estados Unidos de América (Tratado de Aguas), México.

Comisión Internacional del Límites y Aguas, Sección Mexicana (CILA), (1906), Convención para la Equitativa Distribución de las Aguas del Río Bravo (Tratado de Agua para el Valle de Juárez), México. Comisión Nacional del Agua (CNA), (2004), México, D.F.

Comisión Nacional del Agua (CNA), (1997), Programa Hidráulico de Gran Visión del Estado de Chihuahua, Contrato: SGC-GRN-CHIH-96-82A, México. D. F.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2016. Estadísticas del Agua en México, Edición 2016, México, D. F.

Kelly, M. E. (2001). El río Conchos: Un informe preliminar. Austin, Texas, Estados Unidos de Norte América: Texas Center for Policy Studies.

Silva-Hidalgo, Humberto, Aldama, Álvaro A., Martín-Domínguez, Ignacio R., Alarcón-Herrera, María Teresa, (2013) Metodología para la determinación de disponibilidad y déficit de agua superficial en cuencas hidrológicas: aplicación al caso de la normativa mexicana. Tecnología y Ciencias del Agua [en línea] 2013, IV (Enero-Marzo). Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=353531981002>> ISSN 0187-8336

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), (2017), NOM-011-CNA-2000 Conservación del Recurso Agua - Que establece las especificaciones y el Método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, Diario Oficial de la Federación, miércoles 27 de marzo, pp. 5-23 (Primera Sección), México D. F. Disponible en <http://www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=2&n2=16&n3=2&n4=11>