

Problemáticas socioambientales en torno al agua utilizada para actividades agrícolas en cinco municipios del estado de Chihuahua, México

Socio-Environmental Problems of Water in Relation to Agriculture in Five Municipalities of the State of Chihuahua, Mexico

Esmeralda Cervantes Rendón^I, Sarahí Sánchez León^{II} y Gabriela Montano Armendáriz^{III}

Resumen

El objetivo del presente artículo es identificar las características e interacciones sociales y ambientales en la relación agua-agricultura en los municipios de Juárez, Chihuahua, Cuauhtémoc, Delicias y Nuevo Casas Grandes del estado de Chihuahua, México, los cuales presentan problemáticas de calidad y abastecimiento de agua. Para ello se realizó un diseño bibliográfico a partir de la búsqueda, selección y sistematización de documentos académicos de acceso abierto del periodo 2000-2016 para los cinco municipios de interés, obteniendo un total de 134 publicaciones que se agruparon en tres categorías: 1) legislaciones internacionales, 2) interacción con comunidades extranjeras y 3) otras actividades económicas (industria maquiladora). Como resultados se encontraron diferencias en la tecnificación y tipo de inversión en los distritos de riego afectados por los tratados internacionales mientras que, en la interacción con comunidades, se identificó que las poblaciones mormona y menonita cuenta con condiciones diferentes de acceso y uso de agua respecto a los agricultores mexicanos, lo que ha ocasionado conflictos. En el grupo de la industria maquiladora, el principal problema se relaciona con el abastecimiento de agua y el consumo público-urbano. Se concluye que la relación entre los aspectos sociales, ambientales y económicos es competitiva en búsqueda de un beneficio local y externo.

^I Doctorado en Investigación por El Colegio de Chihuahua, México. Profesora-investigadora de El Colegio de Chihuahua, México. Líneas de interés: estudios socioambientales para la aplicación de energías renovables y el uso del agua, estudios de ciencimetría en temas ambientales. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0227-0963>. Correo electrónico: ecervantes@colech.edu.mx

^{II} Doctorado en Ciencias Económicas por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), México. Profesora-investigadora de El Colegio de Chihuahua, México. Líneas de interés: integración económica y crecimiento económico. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1109-5669>. Correo electrónico: ssanchez@colech.edu.mx

^{III} Estudiante del Doctorado en Investigación de El Colegio de Chihuahua, México. Investigadora asistente de El Colegio de Chihuahua, México. Líneas de interés: historia ambiental y conflictos socioambientales. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1002-8464>. Correo electrónico: gmontano@colech.edu.mx

Palabras clave: relación agua-agricultura; agua binacional; interacciones socioambientales; comunidades mormona y menonita; industria maquiladora;

Abstract

The objective of this article is to identify the social and environmental characteristics and interactions in the water-agriculture relationship in the municipalities of Juárez, Chihuahua, Cuauhtémoc, Delicias and Nuevo Casas Grandes of the state of Chihuahua, For this, a bibliographic design was made from a search, selection and systematization of Open Access academic documents of the 2000-2016 period, obtaining a total of 134, from this analysis three categories were obtained: 1) international legislation, 2) interaction with communities foreign and 3) other economic activities (maquiladora industry), within which the five municipalities were grouped. As results, differences were found in the technification and type of investment in the irrigation districts affected by international treaties, while, in the interaction with communities, Mormons and Mennonites were identified with different conditions of access and use of water with respect to Mexican farmers, which has caused conflicts. In the maquiladora industry group, the main problem is related to the water supply for public-urban consumption. It is concluded that the relationship between social, environmental and economic aspects is competitive in search of a local and external benefit.

Keywords: water-agriculture relationship; bi-national water; socio-environmental interactions; Mormons and Mennonites communities; maquila industry;

Introducción

El agua es un recurso que permite el desarrollo de la sociedad, contribuye a la distribución equitativa, a la justicia social y contrarresta a la pobreza. Hinrichsen *et al.* (1998) relaciona la gestión del agua con el desarrollo económico y argumenta que el desarrollo sostenible es incongruente con una mala gestión de los recursos escasos. Otros autores resaltan la necesidad de analizar al agua, no sólo como un recurso natural, sino también en términos culturales, simbólicos y como elemento esencial para todos los seres vivos (Iñiguez, 1996; Oltra, 2005; Rodríguez, 2006; Camarero, 2006; Paz, 2014; Velázquez, 2010).

En México existen 459 acuíferos (Muñiz *et al.*, 2005), que son regulados por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) mediante la Ley de Aguas Nacionales y, en el caso de la zona fronteriza de México-Estados Unidos, también por la Comisión Internacional de Límites y Aguas

(CILA). Las primeras perforaciones de pozos en México datan de 1847, marcando el inicio de la historia de los usos del agua subterránea (Domínguez y Carrillo, 2007).

Con relación al uso del agua, el sector agrícola en México representó en el 2017, 76 % de los volúmenes concesionados, y de éste 42 470 hm³ provino de fuentes superficiales y 24 320 hm³ de fuentes subterráneas (CONAGUA, 2018a). Cabe mencionar que México es uno de los países que tiene mayor superficie con infraestructura de riego, y que pasó del octavo lugar en el 2008 (CONAGUA, 2010) al séptimo lugar en el 2017 con una extracción total de 87 840 hm³/año (CONAGUA, 2018a).

El estado de Chihuahua, que tiene condiciones semidesérticas, tiene un volumen de agua concesionado para uso agrícola del orden del 89.1 %, que lo sitúa en tercer lugar a nivel nacional (CONAGUA, 2018a), mientras que de sus 61 acuíferos registrados, 15 se encuentran sobreexplotados.¹ De éstos, solamente en tres la concesión para la actividad agrícola no representa más del 80 %: Cuauhtémoc (64 % agrícola), Chihuahua Sacramento (15 % agrícola) y Valle de Juárez (2.2 % agrícola); en estos dos últimos casos, el mayor uso corresponde al público urbano.

Además, Chihuahua tiene una diversidad de población migrante proveniente de otros estados mexicanos, de países de Centro y Latinoamérica, de comunidades indígenas en su mayoría rarámuris y de comunidades menonitas y mormonas que arribaron a nuestro país en 1922 y 1886 respectivamente. Esta migración comparte también con agricultores, ejidatarios y población local la actividad desarrollada por la industria maquiladora.

La importancia de analizar la relación agua-agricultura conlleva la necesidad de abordar el tema desde un enfoque socioambiental y a partir, en primera instancia, de una revisión de literatura sistematizada que contribuya a contestar las siguientes preguntas de investigación: ¿cuáles son los problemas socioambientales que se generan en la relación agua-agricultura en los municipios de Chihuahua que cuentan con población mayor a 50 mil habitantes? y ¿cómo se dan en estos municipios las interacciones sociales, económicas y ambientales relacionadas con el agua, tomando como base su actividad agrícola?

Interacción socioambiental

La relación ambiente-sociedad se ve marcada por la búsqueda del bienestar humano, entendiendo éste en su dualidad objetiva-subjetiva de satisfacción de las necesidades más elementales y de

¹ Estos acuíferos sobreexplotados son: Ascensión (clave 801), Baja Babícora (clave 803), Buenaventura (clave 804), Cuauhtémoc (clave 805), Casas Grandes (clave 806), El Sauz-Encinillas (clave 807), Palomas-Guadalupe (clave 812), Laguna la Vieja (clave 819), Flores Magón-Villa (clave 821), Chihuahua-Sacramento (clave 830), Meoqui-Delicias (clave 831), Jiménez-Camargo (clave 832), Valle de Juárez (833), Los Juncos (clave 847) y Laguna de Palomas (clave 848) (CONAGUA, 2018b).

aquellas otras que apuntan a la aspiración de autorrealización (Iñiguez, 1996). En esta búsqueda, las sociedades se adaptan y llevan a cabo transformaciones de los ecosistemas que los rodean para suplir necesidades o para mejorar su estilo de vida. De acuerdo con Oltra (2005), esta adaptación dependerá principalmente de tres factores: 1) el acceso y tipo de tecnología, 2) el conocimiento científico y 3) las relaciones sociales entre los distintos grupos que conformen la sociedad.

De aquí que esta relación no puede ser considerada como estática y lineal, sino más bien como una interacción dinámica influida por cuestiones materiales, naturales, culturales y simbólicas, que pueden llevar a problemas que, a su vez, se pueden convertir en conflictos (Paz, 2014) y que muestran también las diferencias entre los ciclos humanos y de la naturaleza (Rodríguez, 2006).

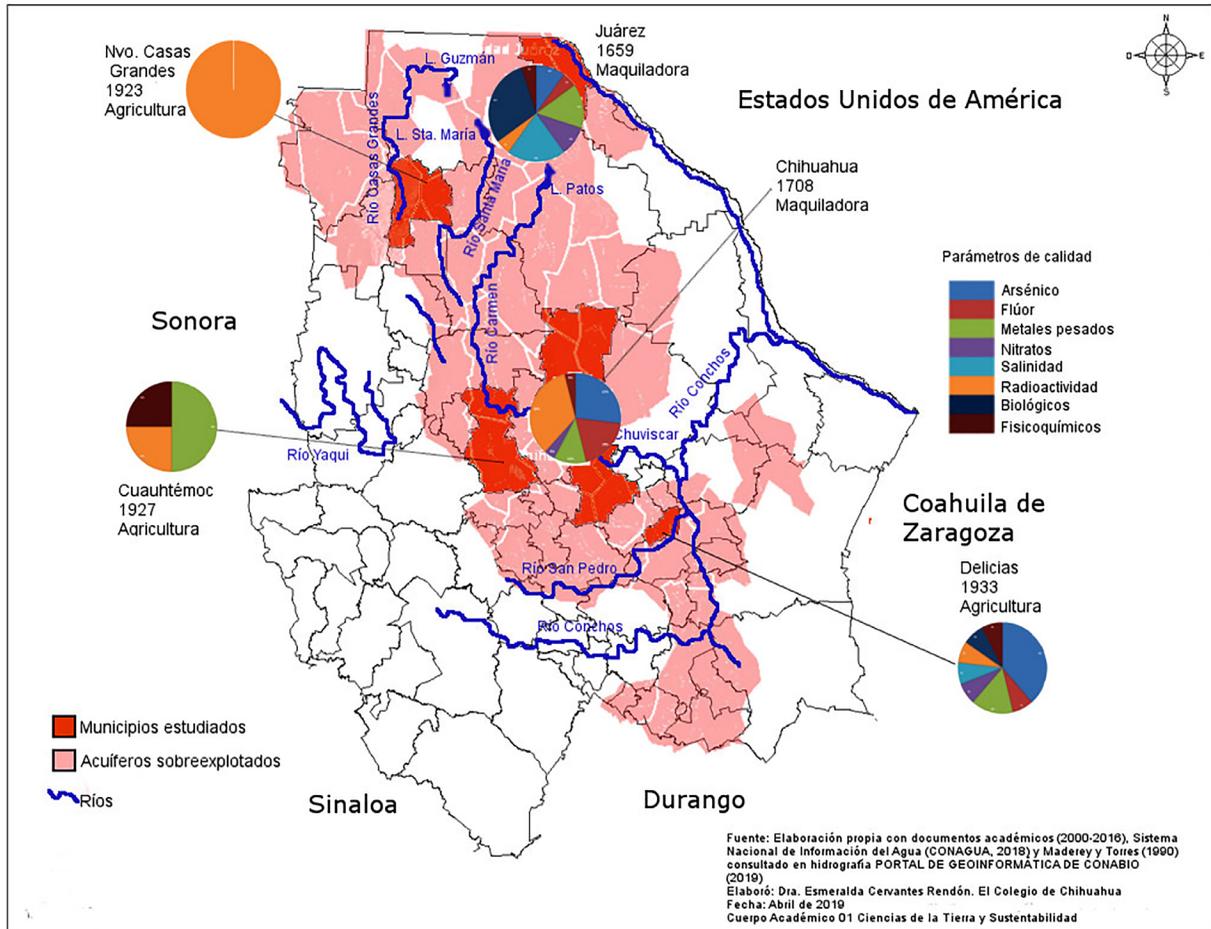
Características generales del estado de Chihuahua relacionadas al agua y agricultura

El estado de Chihuahua posee una extensión del 12.6 % del territorio nacional y tiene principalmente dos tipos de clima; uno que va de seco a muy seco en la zona norte del estado, y el otro, correspondiente al ecosistema de la zona serrana, que abarca la parte sur del estado. En cuanto a sus fuentes y cuerpos de agua superficiales, el estado cuenta con siete presas, tres lagunas y 21 ríos, de los que destacan el río Conchos, el río Bravo que funge como línea divisoria entre México y Estados Unidos, el río San Pedro, el río Chuvíscar y el río Casas Grandes (INEGI, 2013). A pesar de contar con 67 municipios, seis municipios concentran 77.5 % de la población total estatal: Juárez, Chihuahua, Delicias, Nuevo Casas Grandes, Hidalgo del Parral y Cuauhtémoc, y los dos primeros el 63.7 % (INEGI, 2017).

La relación de las sociedades con el agua se identifica claramente por dos aspectos: el origen del asentamiento que se desarrolla en cercanía a un río o lago (Nuevo Casas Grandes con el río Casas Grandes, Delicias cerca del río Conchos, Cuauhtémoc cercano a la laguna de Bustillos, Ciudad Juárez cerca al río Bravo y Chihuahua al río Chuvíscar), y el reconocimiento territorial que permite identificar las riquezas de la tierra y los métodos de trabajo. Ambas características son parte de los cinco municipios analizados. Los primeros asentamientos en Juárez datan de 1659, en la ciudad de Chihuahua de 1708, en Nuevo Casas Grandes de 1923, en Delicias de 1933 y en Cuauhtémoc de 1937.

Por lo que toca a la cuestión de la contaminación, los parámetros estudiados en el municipio de Juárez reportan presencia de metales pesados, mientras que en Chihuahua destacan problemas de radioactividad, arsénico y flúor en el agua. Para Cuauhtémoc y Delicias se han analizado los metales pesados y arsénico, mientras que en Nuevo Casas Grandes no se identificaron estudios de contaminación, lo que no quiere decir que no exista este problema (Figura 1 y Tabla 1).

Figura 1. Mapa del estado de Chihuahua con sus ríos, acuíferos sobreexplotados y actividad económica de los cinco municipios estudiados



Fuente: elaboración propia con información de CONAGUA, 2018b

Tabla 1. Características socioeconómicas, demográficas y de abastecimiento de agua de los cinco municipios estudiados del estado de Chihuahua

Datos principales	Municipio				
	Juárez	Chihuahua	Cuauhtémoc	Delicias	Nuevo Casas Grandes
Fundación del municipio	1659	1708	1937	1933	1923
Población 2015	1 391 180	878 062	168 482	148 045	63 412

Datos principales	Municipio				
	Juárez	Chihuahua	Cuauhtémoc	Delicias	Nuevo Casas Grandes
Comunidades relacionadas con la agricultura	Agricultores locales	Agricultores locales	Agricultores locales y mormones	Agricultores locales	Agricultores locales y menonitas
Legislaciones internacionales	Tratado de 1906			Tratado de 1944	
Superficie (km ²)	3 561.14	8 394	3 018.9	534.9	2 605
Densidad poblacional (hab/ Km ²)	391	105	55	277	24
Principal actividad económica	Industria manufacturera	Industria manufacturera	Agricultura	Agricultura	Agricultura
Principales cultivos (superficie cosechada 2017)	Nuez, sorgo forrajero y alfalfa	Algodón, sorgo forrajero y alfalfa	Maíz, avena y frijol	Alfalfa, maíz y nuez	Maíz, algodón y chile verde
Clima	Árido y extremo	Semiseco-templado	Semiseco-templados; en la zona suroeste subhúmedo-semifríos	Muy seco-semicálido	Seco-templado; en la zona suroeste subhúmedo-semifrío
Precipitación media anual (mm)	167	438.3	532.32	284	297
Acuíferos	Valle de Juárez y Conejos Médanos	Chihuahua-Sacramento, Taboapa-Aldama y El Sauz-Encinillas	Cuauhtémoc	Meoqui-Delicias	Casas Grandes
Fuentes de agua superficial	Río Bravo	Río Chuvíscar	Laguna de Bustillos y mexicanos	Río Conchos y San Pedro	Río El Rancho
Presas		Chihuahua, El Rejón		La Boquilla y Francisco I. Madero	Laguna Grande y Fierro
Disponibilidad media anual de agua subterránea (2015) (mm ³ / año)	-56.83 12.99	-45.46 12.36 -27.55	-196.08	-172.19	-20.12

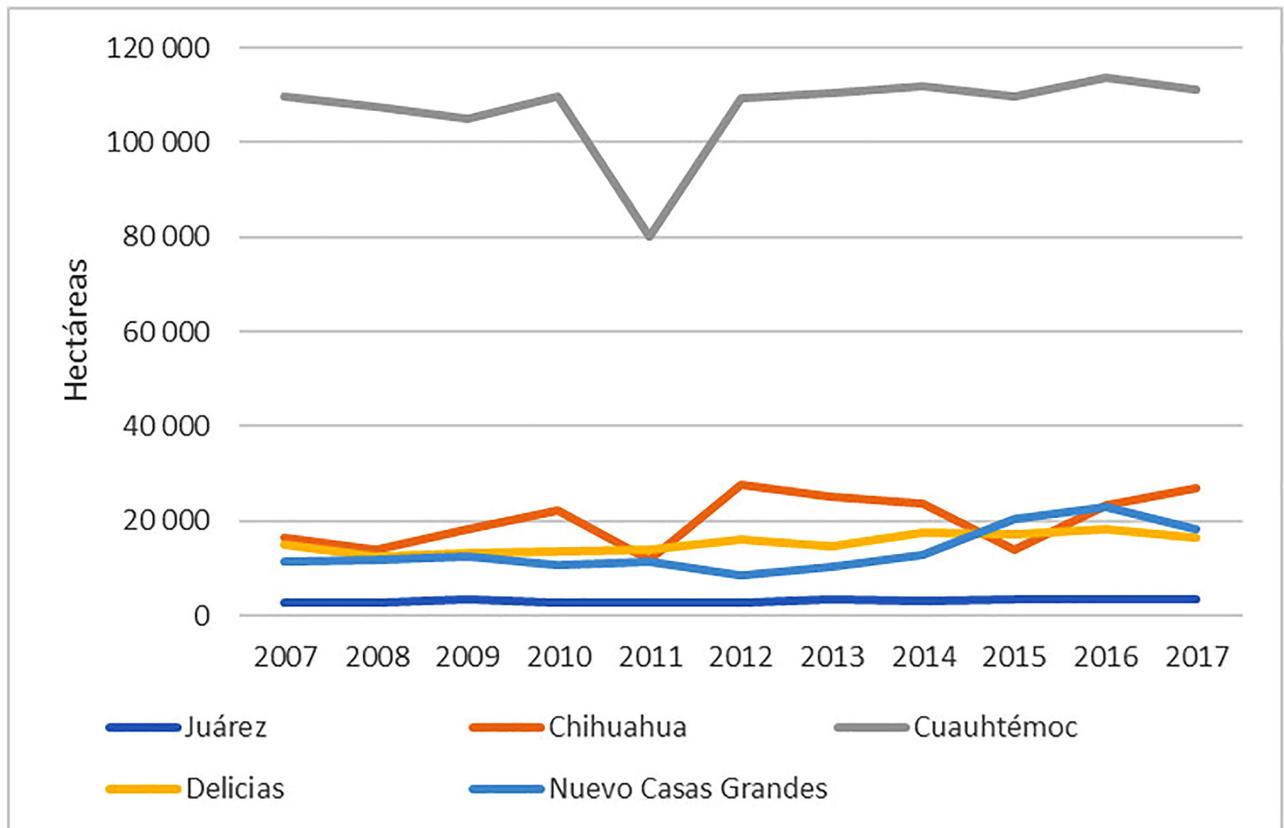
Datos principales	Municipio				
	Juárez	Chihuahua	Cuauhtémoc	Delicias	Nuevo Casas Grandes
Porcentaje de uso de agua del acuífero (2015)	94.3 % público urbano, 2.2 % agrícola, 2.8 % industrial, 0.7 % para uso pecuario, 99 % público urbano y 1 % doméstico	78 % público urbano, 15 % agrícola, 7 % industrial y otros	64 % agrícola, 26 % público urbano y doméstico y 10 % industria y servicios	90 % agrícola, 7 % público, 2 % industrial y 1 % doméstico.	93 % agrícola, 5 % público urbano y 2 % otros

Fuente: elaboración propia con información de DOF (2015a,b,c,d,e,f,g); DOF (2016); SIAP, 2017 (<https://nube.siap.gob.mx/cierreaagricola/>) del Anuario Estadístico de la Producción Agrícola (Cíclicos-Perennes, Riego + Temporal, 2017); INEGI, 2015.

De los cinco municipios, la mayor actividad agrícola se da en Cuauhtémoc, Delicias y Nuevo Casas Grandes, mientras que en Juárez y Chihuahua domina la industria maquiladora, lo que explica que en ellos existan mayores centros urbanos y por lo tanto una mayor demanda de agua para este sector (Ávila, 2011) que se surte con más de un acuífero. En términos de convivencia entre diferentes culturas que comparten el recurso agua para la actividad agrícola, hay que señalar que en los municipios de Cuauhtémoc y de Nuevo Casas Grandes se encuentran respectivamente establecidas comunidades de mormones desde 1886 y de menonitas desde 1922 (Lloyd, 2006) cuyos principios religiosos establecen las jornadas y métodos de trabajo.

En cuestión de producción agrícola, el municipio de Cuauhtémoc es el que cuenta con una mayor superficie cosechada, superando en la mayoría de los años las 100 mil hectáreas; por su parte, los municipios de Delicias, Chihuahua y Nuevo Casas Grandes tienen entre 11 y 20 mil hectáreas. Este último municipio presenta un incremento de la superficie a partir del 2010, mientras que Juárez es el de menor superficie incrementando desde el 2007 de 2 mil a 3 mil quinientas hectáreas (Figura 2). Entre los cultivos cíclicos-perennes con mayor superficie para el 2017 se encuentran maíz, algodón y sorgo forrajero, mientras que la nuez empieza a tomar posición, no solamente en el Valle de Juárez, sino también en los municipios de Nuevo Casas Grandes, Delicias y Chihuahua, ya que tiene un mayor valor de producción. Por otra parte, aunque en Cuauhtémoc no se identifique a la manzana como la de mayor superficie sembrada, ya que se encuentra en cuarto lugar con una superficie de 8 274 ha, es la que tiene un mayor valor de producción en el municipio (SIAP, 2017).

Figura 2. Superficie cosechada para cultivos cíclicos-perenne durante el 2007-2017 para cinco municipios del estado de Chihuahua



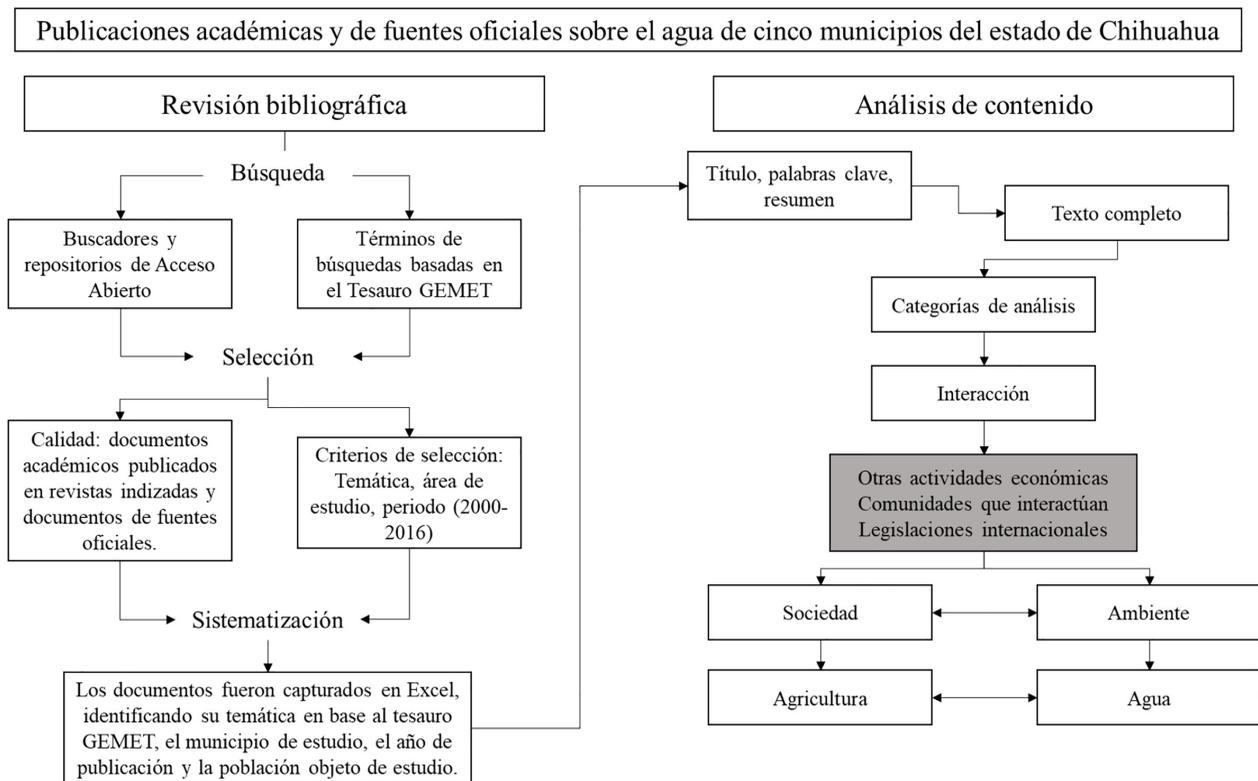
Fuente: elaboración propia con datos del SIAP del Anuario Estadístico de la Producción Agrícola (<https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>).

Metodología

Como una primera aproximación a las interacciones socioambientales, se realizó un diseño de investigación bibliográfica (Tamayo, 2017) donde se identificaron tres categorías para un análisis de contenido de los documentos recopilados en la búsqueda (Figura 3), para los municipios de Juárez, Chihuahua, Cuauhtémoc, Nuevos Casas Grandes y Delicias.²

² Documentos por municipio: Chihuahua (37), Juárez (60), Cuauhtémoc (19), Delicias (24) y Nuevo Casas Grandes (4), con un total de 144. El número es mayor por la repetición de municipios.

Figura 3. Pasos seguidos en la revisión bibliográfica y análisis de contenido



Fuente: elaboración propia

A partir de la búsqueda,³ selección⁴ y sistematización, se obtuvieron 134 documentos, clasificados de acuerdo con los términos del Tesauro GEMET.⁵ En estos documentos se analizaron las interacciones socioambientales en tres ejes: 1) otras actividades económicas, 2) comunidades que interactúan y 3) legislaciones internacionales.⁶ De la identificación de estos cruces entre categorías se generaron los siguientes grupos:

- Grupo 1. Relación agua-agricultura-aguas binacionales: en este grupo se incorporaron los municipios de Delicias y Juárez por los efectos de los acuerdos internacionales sobre su manejo en ambos y, en el caso de Juárez, por sus actividades en el distrito de riego 009 Valle de Juárez.

³ Buscadores y repositorios: Google académico, Scielo, Redalyc, MDPI y SpringerOpen. Las frases de búsqueda incluyeron la palabra Chihuahua y el municipio. Se realizaron en inglés y español.

⁴ Documentos aceptados: artículos, capítulos de libros, libros, memorias en extenso, informes técnicos y tesis de posgrado.

- Grupo 2. Relación agua-agricultura-comunidades mormonas y menonitas: se abordan las interacciones entre agricultores locales y las comunidades de mormones en Cuauhtémoc y menonitas en Nuevo Casas Grandes relacionadas a la producción agrícola y uso del agua.
- Grupo 3. Relación agua-agricultura-industria maquiladora: se analizan los municipios de Chihuahua y Juárez debido al mayor consumo de agua relacionado al uso público-urbano derivado del crecimiento poblacional que ocasiona la industria maquiladora.

De la revisión bibliográfica resultó una descripción de la situación de cada grupo con las particularidades de sus municipios que se presenta en la primera sección de resultados de este artículo como problemáticas socioambientales. En esta sección, primero se da una descripción general de las dinámicas que impactan al grupo, para después describir las particulares de cada municipio y cerrar con la identificación puntual de las problemáticas socioambientales conforme a la categoría de análisis que define al grupo. En la segunda sección de resultados se presentan, mediante un esquema, las interacciones sociales, ambientales y económicas que permiten visualizar las alteraciones que se llevan a cabo en un ecosistema.

Resultados

Problemáticas socioambientales

Grupo 1. Relación agua-agricultura-aguas binacionales

La relación internacional sobre la cuenca del río Bravo en la zona Paso del Norte se ve afectada por los Tratados de 1906 y 1944.⁷ Si bien en el primero se establece la cantidad de 74 mm³ de agua proveniente del río Bravo que Estados Unidos debe de entregar a México para la actividad agrícola del Valle de Juárez, esto no es suficiente, por lo que también se utilizan las aguas residuales tratadas provenientes de Ciudad Juárez y el agua subterránea del Acuífero Valle de Juárez (Bolsón del Hueco) (Palomo, 2005; Salas-Plata *et al.*, 2005). Por su parte el Tratado de 1944,⁸ establece que México debe de proporcionar al país vecino anualmente 432 mm³ provenientes del río Conchos, cuya cuenca es la más importante del estado de Chihuahua en cuanto a recursos hidrológicos aprovechados, ya que abarca una superficie aproximada de 68 527 km² en 40 municipios de Chihuahua y Durango (Jiménez, 2008) y es donde se encuentra el distrito de riego 05 Delicias.

⁷ La Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y Estados Unidos fue establecida en 1889, con la función de vigilar y aplicar las convenciones y tratados sobre límites y aguas, así como para regular y ejercer los derechos y obligaciones asumidos bajo dichos tratados. En el caso de Chihuahua, la entidad está regulada por la Convención distribución de las aguas del río Grande (Tratado de agua para el Valle de Juárez) de 1906 y por el Tratado de distribución de las aguas internacionales de 1944 (cila.sre.gob.mx).

⁸ Tratado entre el gobierno de México y Estados Unidos acerca de las aguas internacionales de los ríos Colorado, Tijuana y Bravo, que abarca desde Fort Quitman en Texas hasta el Golfo de México. Artículo 4, inciso B-c. Consultado en Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y Estados Unidos (2018). Tratados y Convenciones (<http://www.cila.gob.mx/tyc/1944.pdf>) (14 de mayo de 2018).

El primer tratado fue firmado hace más de 110 años y el segundo hace 75 años, en condiciones y contextos diferentes ya que, aunque actualmente continúan los grandes distritos de riego en ambos países, éstos han sufrido cambios en su población urbana: los condados de Estados Unidos de 1944 al 2000 tuvieron un incremento del 500 %, mientras que en los municipios fronterizos mexicanos fue del 2 000 %, ocasionando un aumento en las necesidades de consumo de agua de tipo urbano (Castro *et al.*, 2011). Sumado a lo anterior, ambos países se han visto afectados por periodos de sequía que han impactado su desarrollo regional y provocado reducciones en sus fuentes de agua superficial (Soto y Escobedo, 2011).

Esta relación de entrega y recepción de agua entre México y Estados Unidos contempla, por ejemplo, las inversiones en cuestión de infraestructura para agua y agua residual que han sido certificadas por la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF) para la zona del Valle de Juárez y que se han enfocado en alcantarillado, saneamiento y tratamiento de agua residual con un total de 16 proyectos certificados durante el periodo de 1997-2017 y una inversión de \$133 044 400 dólares (COCEF, 2019). En el caso del distrito de riego 005 Delicias, solamente se tienen dos proyectos certificados: el primero del año 2002 para la modernización y tecnificación del riego con una inversión de \$143 60 000 dólares; y otro en el año 2015 para tratamiento de agua residual con una inversión de \$17 200 000 dólares (COCEF, 2019) debido a que parte del agua residual de Delicias es utilizada en el municipio de Meoqui.

Cabe señalar que, en estos proyectos de inversión para modernización y tecnificación, no solamente se consideraron los aspectos técnicos, sino que también se trabajó con los campesinos mexicanos para llegar a concretar acuerdos o convenios para la implementación de esta tecnología. Sin embargo, autores como Luján y Kelly (2003) señalan que sería necesario también capacitar en uso de esta tecnología, mientras que Ortega (2013) apunta que no fueron considerados varios factores socioculturales como la percepción, capacitación y sensibilización de los usuarios en los planes de riego establecidos y que faltan políticas de gestión del agua adecuadas.

Juárez (El Valle de Juárez)

El distrito de riego 009 Valle de Juárez también lo componen los municipios de Guadalupe y Práxedes G. Guerrero y, dentro de las principales problemáticas por el uso de agua residual se encuentra que, al mezclarla con el agua proveniente del río Bravo, se logra un proceso de dilución natural de los coliformes presentes en el agua residual (Palomo y Figueroa, 2007) que han generado enfermedades gastrointestinales por microorganismos patógenos y hábitos de saneamiento inadecuados de la población afectada (Flores *et al.*, 2010). También se han identificado concentraciones de nitratos debido al uso de fertilizantes, lo que ocasiona contaminación hacia el acuífero somero y en el suelo,

ya que en la parte final del valle (de Práxedes a Porvenir) en ocasiones se utiliza el agua del drenaje de cultivo (Palomo *et al.*, 2010). Por su parte, en el agua diluida proveniente del agua residual de Ciudad Juárez y por el Tratado de 1906, se ha detectado una salinidad histórica, con valores que pudieran ser perjudiciales para el cultivo, con un promedio histórico en la Acequia Madre de 822 mg/L (Salas-Plata *et al.*, 2005).

Delicias

En 1930 dio inicio el proyecto Comisión Nacional de Irrigación del río Conchos, en la zona que ahora es denominada Delicias. La obra clave de este proyecto de irrigación fue el canal principal que medía 105 km de longitud y cuyo objetivo fue unir las aguas del Conchos con las del San Pedro. En 1933 comenzó la construcción de la ciudad de Delicias (Aboites, 1994; Carrera, 2003) y, para 1935, el Congreso del estado lo decretó municipio debido a la importancia agrícola que adquirió la región cuando se constituyó el sistema de riego número 05 en 1932 (INAFED, 2010).

El municipio de Delicias junto con Meoqui, Saucillo, Camargo y Jiménez conforman una región en tanto mantienen características específicas, métodos de trabajo y los mismos problemas por la calidad del agua y el suministro en tanto que comparten el acuífero Meoqui-Delicias (DOF, 2015f). Su principal producción es la leche bovina y la agricultura, que, en el año agrícola 2016 en modalidad de riego y temporal, representó el 20 % del valor de producción del estado de Chihuahua (SIAP, 2018b).⁹

Por lo que toca a la contaminación, se ha identificado preocupación por la presencia de arsénico y metales pesados en mayor proporción que nitratos y salinidad, los cuales están más relacionados con la agricultura y el agua residual. Diversos autores mencionan que la contaminación por arsénico en esta zona se debe al contacto con el suelo que lo contiene por una falla natural entre las capas geológicas del subsuelo (Villalba *et al.*, 2013), así como debido a actividades antropogénicas (Reyes *et al.*, 2006).

Categorías de problemáticas socioambientales identificadas

Estos municipios cuentan con inversión de fondos binacionales distribuidos por COCEF, pero el enfoque de los proyectos varía de un distrito de riego a otro: en el Valle de Juárez los recursos están destinados a dar solución a la falta de agua para riego a través del uso de agua residual tratada, y en Delicias están dirigidos a la modernización y tecnificación necesarias para cumplir con la cantidad de agua que se debe entregar al vecino país de acuerdo con los acuerdos binacionales. Resulta nece-

⁹ Búsqueda realizada en la sección de Anuario Estadístico de la Producción Agrícola por Estado. Resultado del Año Agrícola 2016 (primavera-verano y otoño-invierno), modalidad Riego y temporal. Se sumaron los datos de los valores de producción de los municipios del distrito de riego Delicias 05.

sario que las instituciones gubernamentales encargadas de dar legalidad en materia del agua, como la CONAGUA y la CILA, hagan una revisión de los tratados de 1906 y 1944, así como de la función o beneficio que se esperaba obtuvieran los agricultores de Delicias con base en lo acordado en el Acta 308 de la Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y Estados Unidos; lo anterior con la intención de lograr una actualización que redunde en beneficios para ambos países. En este sentido, las problemáticas socioambientales que se identificaron en este grupo fueron las siguientes:

1. Afectación por legislaciones internacionales: diferencias en torno a la regulación de la entrega o recepción de agua de acuerdo con la legislación, en particular en lo referente a la inversión en infraestructura, así como las limitaciones para cumplir con los compromisos de los tratados y suplir las necesidades actuales de consumo de agua.
2. Contaminación del agua relacionada con la fuente y la actividad agrícola: en el caso del Valle de Juárez, relacionada al uso de agua gris y de fertilizantes, así como por grandes problemas de salinidad. En Delicias se tiene una mayor preocupación por la concentración de arsénico que por nitratos y salinidad.
3. Tecnificación: en Delicias se identificó que existe presupuesto destinado y un gran impulso para su uso en la agricultura, mientras que en el Valle de Juárez no se otorga apoyo por parte de gobierno y persiste la modalidad de distribución de agua rodada.
4. Concientización en el uso sustentable del agua: se identificaron más programas en el municipio de Delicias que en el Valle de Juárez, donde son pocos y se enfocan únicamente a la purificación del agua.
5. Percepción del recurso agua: en Delicias domina la idea del agua como un recurso que debe ser cuidado por los agricultores, existe además la conciencia de que debe de compartirse con el vecino país, mientras que en el Valle de Juárez se le percibe como un recurso escaso que se debe de tratar para su consumo.

Grupo 2. Relación agua-agricultura-comunidades mormonas y menonitas

Tanto Nuevo Casas Grandes como Cuauhtémoc tienen entre sus pobladores a grupos mormones y menonitas que llegaron al estado en 1886 y 1922 respectivamente y quienes, a partir de acuerdos con el gobierno mexicano, contaron y cuentan con oportunidades y ventajas diferentes a las de los agricultores mexicanos. Esta situación ha generado tensiones de diferente nivel y manifestaciones por parte de grupos organizados como El Barzón, que denuncian las desventajas que tienen en relación al acceso al agua y el poco apoyo que reciben por parte de la CONAGUA (Sin embargo,

2015), las dificultades que enfrentan para la importación y exportación de los productos generados en México por mexicanos, así como para la obtención de semillas, fertilizantes o maquinaria.

Los desacuerdos entre productores mormones, menonitas y locales se han visto incrementados debido a las ventajas de los primeros, ya que éstos invierten capital extranjero, además de utilizar en las últimas décadas mejor tecnología en la agricultura y ganadería, lo cual les ha facilitado su inserción en el mercado y la venta de sus productos en el extranjero (Martínez, 2018). Por su parte, el productor local se enfrenta a obstáculos que impiden su desarrollo, como la sequía que genera bajo nivel en las presas de agua y con ello la falta de agua para riego, así como la apertura comercial internacional, la cual trae consigo una mayor exigencia en la competitividad de los mercados ya sean nacionales o internacionales (factor que ha generado un desplazamiento de los productos estatales y la necesidad de una adecuada planeación como capacitación y asistencia técnica). Aunado a estos obstáculos, destacan los problemas de cartera vencida, que disminuyen sus oportunidades de inversión en las unidades de producción para modernización, ya que los créditos son escasos y la tasa de interés muy alta (Gobierno del estado de Chihuahua, s.f.).

Estas inconformidades de los productores nacionales con los mormones y menonitas se remontan a la Ley del 15 de diciembre de 1883 sobre el deslinde y fraccionamiento de los terrenos baldíos y la repartición de éstos entre extranjeros y mexicanos por medio de compañías deslindadoras (Dublán y Lozano, 1887 citado en Montano, 2014), las cuales otorgaron a los extranjeros múltiples ventajas, como la facilidad de pagar el territorio en abonos y en un plazo de diez años, el derecho de importación y exportación sin costo, la provisión de lo necesario para la construcción de sus colonias y la labranza, así como la posibilidad de conservar su nacionalidad u obtener la mexicana (Lloyd, 1997).

Se considera que el hecho de que los mexicanos no contaran con las mismas condiciones en esos años, marcó el inicio del conflicto entre los tres grupos mencionados. Un ejemplo es la compra en 1922 de los terrenos, por parte de los menonitas a la familia Zuloaga, en lo que ahora es Cuauhtémoc, lo cual causó la inconformidad de familias mexicanas que se encontraban como aparceros o alquilando estos terrenos y que esperaban que se aplicara la Reforma agraria y se les reconociera con mayores derechos sobre esas tierras. Si bien el conflicto se solucionó con la reubicación de los campesinos, los pobladores originarios menonitas sufrieron actos de vandalismo que los obligaron a solicitar la protección del gobierno federal (Taylor, 2005; Aboites, 1995).

Por otro lado, es importante mencionar que la cultura menonita se nutre de su religión, idioma, sistema educativo, vestido y sistema de trabajo, siendo la religión un eje importante que define su accionar, la cual está relacionada con el trabajo y la dedicación al campo. Cabe decir que

actualmente la comunidad se divide en dos grupos: los liberales y los tradicionales, donde los primeros se enfocan más al comercio y los segundos a cultivar la tierra (Islas *et al.*, 2014).

Nuevo Casas Grandes

Su fuente subterránea de agua es el acuífero Casas Grandes (0806) que comprende también a las localidades de Casas Grandes, Galeana, Ascensión, Janos y Madera. La necesidad del agua se ha ido incrementando debido al crecimiento de la población, mientras que las condiciones del clima seco y la falta de lluvia afectan la recarga del acuífero, mismo que ya presenta un abatimiento por su explotación intensiva; inclusive se han establecido diversas vedas en la región para proteger el acuífero de un desequilibrio que pudiera afectar las actividades económicas que dependen del mismo (DOF, 2015d). Además de este acuífero, en Nuevo Casas Grandes también se encuentra el río Casas Grandes de cuyos escurrimientos se forma la laguna Fierro y Grande y, aproximadamente a 50 km aguas arriba de Nuevo Casas Grandes, se construyó la presa La Junta de los Arroyos para uso agrícola (DOF, 2015c).

De acuerdo con el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) en Nuevo Casas Grandes se otorgaron 1 099¹⁰ concesiones, de las cuales 59 % fueron para uso agrícola y 13.1 % para uso pecuario. Sáenz *et al.* (2016) señala que, si bien se ha identificado una problemática de sobreexplotación del acuífero, sólo se cuenta con un estudio de 2006 elaborado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

Cuauhtémoc

Este municipio aportó del 2005 al 2015, 17 005 millones de pesos al Producto Interno Bruto (PIB) estatal derivado de dos actividades productivas centrales: sus cultivos de durazno, cereza, fresa y nuez, los cuales requieren de una gran cantidad de agua; y la producción de derivados lácteos. La producción de leche en el 2015 fue de 308 217 toneladas con un valor monetario de \$ 1 989 millones de pesos, y sus productos (yogures, cremas y quesos) son muy preciados en el mercado y cuentan con amplios canales de comercialización (IMIP, 2015). Por su parte, la Secretaría de Economía del Gobierno del Estado de Chihuahua informó en el 2012 que el municipio de Cuauhtémoc producía 630 533 toneladas anuales de manzana, lo que representó el 73 % de la producción a nivel nacional (Rebélez, 2009; Díaz, 2012) y que, por su calidad, sabor, textura y por la extensión de las tierras

¹⁰ Búsqueda realizada el 6 de junio de 2018 con fecha de corte al 31 de marzo de 2018 para el municipio de Nuevo Casas Grandes en el REPDA (Registro Público de Derechos de Agua: <http://app.conagua.gob.mx/Repda.aspx>)

en que se siembra, es considerada una de las mejores manzanas del mundo (Rebélez, 2009; Flota, 2012; Olivas, 2017).

La fuente subterránea para Cuauhtémoc, el acuífero que lleva su mismo nombre, cuenta con uno de los más altos déficits del estado, siendo de 197 % en el 2014. Si bien este déficit se relaciona con la actividad agrícola intensiva de este municipio (Gutiérrez *et al.*, 2016) y se sabe que la producción de manzana consume una mayor cantidad de agua que otros cultivos anuales de la zona como el frijol, maíz o avena, su producción se ha seguido incrementando, ocasionando una mayor presión sobre el acuífero (Díaz *et al.*, 2014).

En cuestión de fuentes de agua superficial, en el municipio se encuentran la laguna de Bustillos y Mexicanos. Estudios sobre su calidad muestran altas concentraciones de nitratos y fosfatos, tanto en las lagunas como en los efluentes, en especial en puntos cercanos a zonas de descarga de lecherías y queserías (Amado *et al.*, 2016). En cuanto a metales pesados como boro, cadmio, cobre y el metaloide arsénico, Quintana *et al.* (2014) señalan concentraciones que rebasan los estándares internacionales relacionados al correcto desarrollo de la vida acuática y concentraciones variables en diferentes puntos de la laguna Bustillos, relacionando esta variación con las actividades antropogénicas.

Categorías de problemáticas socioambientales identificadas

Uno de los problemas del municipio de Nuevo Casas Grandes se refiere a la poca cantidad de estudios académicos que se tienen sobre la región en los temas de agricultura y agua; situación que difiere del caso de Cuauhtémoc, donde se ha visto un incremento debido a la instalación de un campus de la universidad pública estatal. Las problemáticas socioambientales se pueden resumir como sigue:

1. Abastecimiento de agua: en el municipio de Cuauhtémoc se identifica un claro problema de abastecimiento, ya que tiene uno de los acuíferos con mayor grado de sobreexplotación y son muy pocas sus fuentes superficiales, mientras que en el municipio de Nuevo Casas Grandes éste es un problema que no se ha abordado lo suficiente para poder caracterizarlo de mejor manera.
2. Tecnificación: en ambos municipios se tiene interés por desarrollar la tecnificación.
3. Contaminación del agua: Cuauhtémoc ha registrado problemas de contaminación, sobre todo en sus lagunas, mientras que en Nuevo Casas Grandes no se tienen estudios suficientes al respecto.
4. Uso del agua de acuerdo con su cultura: de acuerdo con la cultura del uso del agua entre morrones y menonitas, éste es un recurso para el consumo de la población, la agricultura y el de-

sarrollo de sus actividades, ya que el trabajo del campo es la actividad económica que conforma su identidad.

5. Desventajas entre los productores locales y los mormones de Nuevo Casas Grandes y menonitas de Cuauhtémoc: se puede relacionar principalmente al acceso a recursos económicos y el uso de tecnología para las actividades agropecuarias.

Grupo 3. Relación agua-agricultura-industria maquiladora

La industria maquiladora dio inicio a partir de la implementación del Programa Nacional Fronterizo de 1960 que tenía por objetivo incrementar la economía conformando parques industriales y apoyando el establecimiento de industrias extranjeras que contrataran mano de obra en las localidades fronterizas como Juárez y Chihuahua (Aboites, 1994). Sin embargo, la instalación de la industria maquiladora no sólo ha incrementado el consumo de agua derivado de sus actividades, sino que genera un crecimiento de población que demanda consumo de agua de carácter público-urbano (Ávila, 2011).

Juárez

El agua que utiliza la población de Juárez proviene de dos acuíferos, uno de ellos es el Bolsón del Hueco cuya extracción es compartida con Estados Unidos. México inició dicha extracción alrededor de 1912 y, durante los años de 1926 al 2003, se reportó haber extraído 3 mil 775 millones de metros cúbicos de agua (Caballero, 2004). Cabe señalar que la cantidad de agua extraída del acuífero es un aproximado, ya que la utilizan ambas ciudades fronterizas: Juárez y El Paso. El otro acuífero es el denominado Conejos-Médanos cuya extracción inició en el año 2010 mediante la infraestructura de 72 kilómetros de tubería que interconecta 23 pozos, transportando mil litros por segundo de agua potable (Carrasco, 2012). El acuífero Conejos-Médanos comprende los municipios de Juárez, Ascensión y Ahumada (DOF, 2018). Para el abastecimiento de la ciudad, de acuerdo con Lemus (2017) se tienen registrados 212 pozos distribuidos en la zona urbana, incluidos los 23 pozos de Conejos-Médanos. La Junta Municipal del Agua aplica un tratamiento con gas cloro en cada uno de los pozos que presentan contaminación, además se ha identificado abatimiento del nivel estático de hasta 90 metros (Lemus, 2017).

Chihuahua

La vocación productiva está dominada por la industria manufacturera, con una participación del 48.8 % de la producción total municipal; la minería, que aporta el 7.4 %, y el comercio al menudeo que participa del 8.3 % del total (INEGI, 2014). El abastecimiento de agua para la ciudad

de Chihuahua, en cuanto a fuentes subterráneas, proviene de tres acuíferos: 1) Acuífero Chihuahua-Sacramento, 2) Acuífero Tabaloapa-Aldama y 3) Acuífero El Sauz-Encinillas (Herrera *et al.*, 2016). Respecto a sus fuentes superficiales, se encuentra el río Chuvíscar, sobre el que se construyeron tres obras hidráulicas: la presa Chihuahua, con una capacidad de 24.83 mm³, la presa El Rejón construida sobre este arroyo y con una capacidad de 6.53 mm³, y la presa Chuvíscar. Las tres tienen el propósito de suministrar agua potable a la ciudad de Chihuahua y el control de avenidas (INEGI, 2003).

En cuestión de contaminación de sus fuentes de agua, en el municipio de Chihuahua se ha identificado la presencia de radioactividad por uranio, arsénico y flúor. Respecto al primer elemento, Villalba *et al.* (2005, 2006), Reyes *et al.* (2012), Burillo *et al.* (2012) y Rentería *et al.* (2012) señalan que en la subcuenca de Sacramento se han detectado concentraciones de uranio en el agua subterránea que van de 460 a 1260 Bq/m³ (Villalba *et al.*, 2006 citado en Burrillo *et al.*, 2012), así como en el río Chuvíscar que se encuentra cercano a la ciudad de Chihuahua y al distrito de Peña Blanca.

En el caso del arsénico, se han identificado concentraciones arriba de 0.025 mg/L, que es lo que establece la normatividad mexicana, en regiones como el valle de Tabaloapa-Aldama-El Cuervo cercano a la ciudad de Chihuahua (Reyes *et al.*, 2010). Asimismo, se han encontrado en pozos concentraciones de flúor que están por encima de lo que establece la Norma Oficial Mexicana (NOM-127-SSA1-1994). Estas concentraciones elevadas de arsénico y flúor pueden afectar la salud humana; presencia que se constata en las pruebas de orina de ciudadanos de este municipio (González *et al.*, 2015), lo que ha llevado a buscar métodos para reducirlas (Piñón y Pérez, 2011).

Categorías de problemáticas socioambientales identificadas

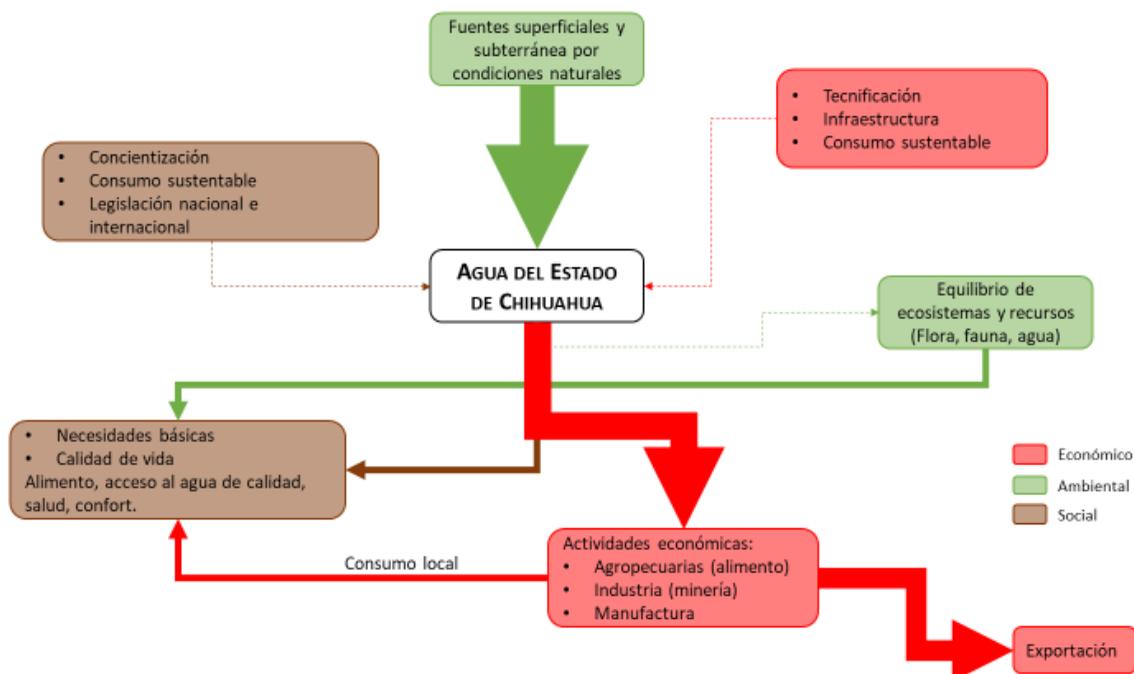
En este grupo destacan principalmente dos problemáticas socioambientales relacionadas más con la instalación de la maquiladora y la actividad industrial que con la agricultura.

1. Abastecimiento de agua: el problema se relaciona directamente con que son los dos municipios con mayor cantidad de población en el estado y el suministro depende de tres acuíferos para el caso de Chihuahua y de dos para el caso de Juárez.
2. Contaminación del agua: el municipio de Chihuahua presenta problemas de contaminación relacionados con depósitos radioactivos y concentraciones de metales pesados, flúor y arsénico, mientras que en Ciudad Juárez la mala calidad del agua se subsana con tratamientos con cloro.

Interacciones sociales, económicas y ambientales

El comportamiento del uso del agua en el estado de Chihuahua, considerando los factores sociales, ambientales y económicos señalados, se caracteriza por un sistema con entradas y salidas, donde la principal entrada se da en el aspecto ambiental con sus fuentes superficiales y subterráneas, mientras que las entradas desde la sociedad y la economía no se han visto reflejadas adecuadamente en los cinco municipios estudiados. Se consideran como entradas al sistema desde la sociedad, la concientización para el uso sustentable y el ahorro del consumo del agua, y desde la parte económica, la tecnificación e infraestructura que permitan un consumo sustentable (Figura 4). Cabe mencionar que no se identificaron estrategias claras para el respeto de las zonas de veda, lo que significa que continúan explotándose los acuíferos sin una conciencia que les permita su conservación con miras a más años de funcionamiento.

Figura 4. Entradas y salidas de los aspectos sociales, ambientales y económicos respecto al agua en el estado de Chihuahua



Fuente: elaboración propia, 2018

De los cinco municipios, Delicias y Cuauhtémoc cuentan con estudios sobre la tecnificación y uso eficiente de los recursos en la actividad agrícola, en menor grado en Nuevo Casas Grandes y Chihuahua, mientras que en el Valle de Juárez no se identificaron indicios de su aplicación. De ahí que la flecha se trace de manera punteada con el fin de denotar que si bien existen esfuerzos, constituye uno de los temas que requiere mayor estudio para la implementación de políticas adecuadas. Además, es importante que en los municipios donde se considere la necesidad de concientización de los usuarios, se logre reconocer que el beneficio no será para incrementar inmediatamente la capacidad de cultivo, sino que se verá a largo plazo en el ahorro de agua y por tanto en la recarga del acuífero.

En cuanto a las salidas se identificó que, de acuerdo con los datos de extracción de los acuíferos, en los municipios de Cuauhtémoc, Delicias y Nuevo Casas Grandes, la mayoría es concesionada para uso agropecuario (64 %, 90 % y 93 % respectivamente), mientras que en el caso del municipio de Chihuahua se enfrentan problemas de abastecimiento de agua de calidad para consumo humano. Por ello en la Figura 4 se marca en menor grosor la flecha de salida hacia la sociedad y con mayor grosor la salida hacia el sector económico.

Esto debido a que la mayor parte de la producción que se genera en el estado es de exportación: en 2016, Chihuahua ocupó el primer lugar en exportación, representando 13.3 % del valor nacional (Secretaría de Economía, 2018) con 506 establecimientos de la industria manufacturera, maquiladora y de servicios de exportación. Cabe señalar que Juárez aporta el 78 % en este rubro (Secretaría de Innovación y Desarrollo Económico, 2017). Lo anterior denota que el consumo de agua para las actividades económicas no resulta equiparable a las necesidades de la comunidad donde ésta se genera, sin embargo el gasto de agua, el abatimiento de los acuíferos y la calidad para su consumo, sí afecta a la población local, a su calidad de vida y a su salud.

Otra salida presentada en la Figura 4 es hacia el ambiente donde, con el fin de mantener un equilibrio en los ecosistemas, resulta esencial la recarga natural del agua. Sin embargo, en ninguno de los municipios se identificó que se diseñe o aplique una política de uso sustentable en donde esté considerada la preservación de los ecosistemas. En el caso de los acuíferos y fuentes subterráneas contaminadas con arsénico, metales pesados y otras sustancias generadas por las actividades humanas, además de la implementación de sistemas de tratamiento de agua, resulta necesario trabajar en el correcto manejo del agua y en la concientización de los generadores de contaminación que afectan tanto a las fuentes superficiales como subterráneas, es decir, es un trabajo que debe asumir la sociedad, el sector privado y el gobierno con una guía académica para atender y resolver problemáticas específicas por municipio.

Conclusiones

En este análisis se presenta la continua transformación de los ecosistemas en relación con el agua que genera en la actividad económica agrícola, desde el establecimiento de cada comunidad hasta su desarrollo urbano. Asimismo, se destacan los efectos que tiene el compartir agua con otro país, con otras comunidades y con la actividad maquiladora. Respecto a los problemas socioambientales identificados en los cinco municipios destacan: la diferencia de tecnificación en el Valle de Juárez con Delicias; las diferencias culturales, de acceso a recursos y de legislaciones entre agricultores locales y comunidades de menonitas y mormones; y el crecimiento poblacional vinculado con el desarrollo de la industria maquiladora en Chihuahua y Ciudad Juárez, aspectos que se reflejan en el consumo, abastecimiento y calidad del agua de estos municipios y que están relacionados con factores culturales, de identidad, económicos y con el desarrollo tecnológico.

En la interacción entre ambiente, sociedad y sector económico resalta que, si bien todos comparten el consumo del agua y la mayor entrada se da por el factor ambiental, la mayor salida es hacia el sector económico, por lo que se puede concluir que la relación entre estos ámbitos es de tipo competitivo donde se busca la satisfacción de necesidades, no solamente locales, sino también externas.

Por otro lado, es importante mencionar que en los años recientes se han incrementado las publicaciones que cuentan con un enfoque socioambiental en relación a los temas de agua y agricultura en Chihuahua, sin embargo queda claro que es necesario no sólo describir los problemas encontrados, sino también definir estrategias y realizar estudios de corte cualitativo con las comunidades que interactúan, sobre todo en el municipio de Nuevo Casas Grandes, que es el que cuenta con menor cantidad de estudios de caracterización ambiental o social.

Agradecimientos

Al proyecto “Geografía del agua en el ordenamiento territorial del estado de Chihuahua” aprobado en la Convocatoria de Fortalecimiento de Cuerpos Académicos 2017 PRODEP-SES-SEP y desarrollado de junio de 2017 a junio del 2018. Dicha investigación fue realizada por participantes del cuerpo académico Ciencias de la Tierra y Sustentabilidad perteneciente a El Colegio de Chihuahua en Ciudad Juárez. Agradecemos también a la Red Temática de Sustentabilidad Energética, Medio Ambiente y Sociedad (Red SUMAS), al proyecto CONACYT núm. 281101 y a la Universidad Autónoma del Estado de Morelos por su apoyo en la gestión y disponibilidad para el uso de la base de datos INPRO, que fue esencial para dicha investigación.

Referencias

- Aboites, Luis (1994). *Breve historia de Chihuahua*. México: Fondo de Cultura Económica, 186 pp.
- Aboites, Luis (1995). *Norte precario: poblamiento y colonización en México (1960-1940)*. México: El Colegio de México, 312 pp.
- Amado, Jesús Pilar; Pérez, Pedro; Ramírez, Orlando, y Alarcón, Juan José (2016). “Análisis de la calidad de agua en las lagunas de Bustillos y de los Mexicanos (Chihuahua, México)”. *Papeles de Geografía*, 62, pp. 107-118. doi: 10.6018/geografia/2016/255811
- Ávila, Andrés (2011). “El agua en la frontera México-Estados Unidos, un asunto de seguridad nacional”. En Úrsula Oswald (coord.), *Retos de la investigación del agua en México*. México: UNAM, pp. 467-481.
- Burillo, Juan Carlos; Reyes, Miguel; Montero, María Elena; Reyes, Ignacio; Espino, María Socorro; Rentería, Marusia, y Herrera, Eduardo Florencio (2012). “Radioactive Hydrogeochemical Processes in the Chihuahua-Sacramento Basin, Mexico”. *Revista mexicana de física*, 58(3), pp. 241-248. Recuperado de <http://www.revistas.unam.mx/index.php/rmf/article/view/31858/29425>
- Caballero, Edith (2004). “Disminuye calidad del agua, escasez en el Bolsón del Hueco provoca que la extraída en pozos tenga mayor nivel de sales minerales”. *Norte de Ciudad Juárez* (30 septiembre de 2004).
- Camarero, Luis (coord.) (2006). *Introducción de medio ambiente y sociedad. Elementos de explicación sociológica*. España: Thomson.
- Carrasco, Horacio (2012). “Analizarán en Europa o EU tubería del acueducto por fallas”. *El Diario de Juárez*, p. 1. (29 de junio de 2012).
- Carrera, Jorge (2003). *Utopías y colonización. Los primeros años de ciudad Delicias*. Chihuahua, México: Doble hélice, 134 pp.
- Castro, José Luis; Cortez, Alfonso A., y Sánchez, Vicente (2011). “La frontera México-Estados Unidos. Conflictos, retos y oportunidades para el manejo local y binacional del agua”. En Úrsula Oswald (coord.) *Retos de la investigación del agua en México*. México: UNAM, pp. 483-492.
- COCEF (Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza) (2019). “Proyectos certificados”. Recuperado de <http://www.cocef.org/proyectos/proyectos-certificados>
- Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y Estados Unidos (2018). “Tratados entre el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y el Gobierno de los Estados Unidos de América de la Distribución de las aguas internacionales de los Ríos Colorado, Tijuana y Bravo, desde Fort Quitman, Texas, hasta el Golfo de México”. Recuperado de <http://www.cila.gob.mx/tyc/1944.pdf>
- CONABIO (2019). “Portal de Geoinformática. Sistema Nacional de Información sobre biodiversidad. Hidrografía”. Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- CONAGUA (2010). *Estadísticas del Agua en México, edición 2010*. México: SEMARNAT/ CONAGUA. Recuperado de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM2010-16Junio2010.pdf>

- CONAGUA (2018a) “Estadísticas del agua en México, edición 2017”. México: SEMARNAT/ CONAGUA. Recuperado de http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2018.pdf
- CONAGUA (2018b) “Volumen de acuífero (2018) Chihuahua. Sistema Nacional de Información del Agua (SINA)”. México: CONAGUA. Recuperado de <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=acuiferos&n=estatal>
- Diario Oficial de la Federación (2015a). “Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de aguas nacionales subterráneas del Acuífero Valle de Juárez, clave 0833, en el Estado de Chihuahua, Región Hidrológico-Administrativa Río Bravo.” (19 de agosto de 2015).
- Diario Oficial de la Federación (2015b). “Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de aguas nacionales subterráneas del Acuífero El Sauz-Encinillas, clave 0807, en el estado de Chihuahua, Región Hidrológico Administrativa río Bravo” (26 de junio de 2015).
- Diario Oficial de la Federación (2015c). “Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de aguas nacionales subterráneas del Acuífero Casas Grandes, clave 0806, en el estado de Chihuahua, Región Hidrológico Administrativa río Bravo” (6 de julio de 2015).
- Diario Oficial de la Federación (2015d). “Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de aguas nacionales subterráneas del Acuífero Cuauhtémoc, clave 0805, en el estado de Chihuahua, Región Hidrológico Administrativa río Bravo” (06 de julio de 2015).
- Diario Oficial de la Federación (2015e). “Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de aguas nacionales subterráneas del acuífero Meoqui-Delicias, clave 0831, en el estado de Chihuahua, región hidrológico-administrativa río Bravo” (19 de agosto de 2015).
- Diario Oficial de la Federación (2015f). “Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de aguas nacionales subterráneas del acuífero Chihuahua-Sacramento, clave 0830, en el estado de Chihuahua, Región Hidrológico-Administrativa río Bravo” (25 de agosto de 2015).
- Diario Oficial de la Federación (2016). “Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de aguas nacionales subterráneas del acuífero Tabalaopa-Aldama, clave 0835, en el estado de Chihuahua, Región Hidrológico-Administrativa río Bravo” (16 de febrero de 2016).
- Diario Oficial de la Federación (2015g). “Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de aguas nacionales subterráneas del Acuífero Conejos-Médanos, clave 0823, en el estado de Chihuahua, Región Hidrológico-Administrativa río Bravo” (03 de noviembre de 2015).
- Díaz, Lourdes (2012). “La tierra de la manzana más grande del mundo compra manzana a EUA, la mayoría de esta fruta que se vende en el supermercado viene de Washington”. *El Diario de Chihuahua*, pp. 3-4. (13 de agosto 2012).
- Díaz, Rolando Enrique; Bravo, Luis Carlos; Alatorre, Luis Carlos, y Sánchez, Erick (2014). “Análisis geoespacial de la interacción entre el uso de suelo y de agua en el área peri-urbana de Cuauhtémoc, Chihuahua. Un estudio socioambiental en el norte de México”. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, 83, pp. 116-129. doi: 10.14350/ig.32694

- Domínguez, Judith y Carrillo, Joel (2007). "El agua subterránea como elemento de debate en la Historia de México". En Alicia Mayer (coord.), *México en tres momentos: 1810-1910-2010*. México: Instituto de Investigaciones Históricas-UNAM, pp. 177-199.
- Flores, Juan Pedro; Ramírez, Alberto; Olivas, Evangelina; Hurtado, Roberto; Gardea, Jorge L.; Borrego, Alberto; Rodríguez, Alberto; Lizárraga, Gilberto Martín; Agüero, Luz del Carmen; Salazar, Aracely, y Corral, Baltazar (2010). *Gastrointestinal Diseases and Causal Effects in the Valle de Juárez, Chihuahua, México*. Recuperado de <http://www.uacj.mx/DGDCDC/SP/Documents/RTI/RTI/16.%20Gastrointestinal%20diseases.pdf>
- Flota, Mario Iván (2012). "Estudio de mercado por el Comité Nacional Sistema Producto Manzana, A.C.". *Revista Unifrut*, 10(1), pp. 12-13. Recuperado de http://www.unifrut.com.mx/pagina/revista/revista_unifrut_2.pdf
- Gobierno del estado de Chihuahua (s.f). "Programa sectorial, desarrollo rural 2004-2010". Recuperado de <http://www.chihuahua.gob.mx/atach2/sf/uploads/indtfisc/progsec04-10/Rural.pdf>
- González, Carmen; Ballinas, Lourdes; Sánchez, Blanca; Ishida, María C.; Barrera, Ángel; Gutiérrez, Daniela; Zacarías, Olga L.; Saunders, R. Jesse; Drobná, Zuzana; Méndez, Michelle A.; García, Gonzalo; Loomis, Dana; Styblo, Miroslav, y Del Razo, Luz M. (2015). "A Concurrent Exposure to Arsenic and Fluoride from Drinking Water in Chihuahua, Mexico". *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 12(5), pp. 4587-4601. doi: 10.3390/ijerph120504587
- Gutiérrez, Mélida; Reyes, Víctor M.; Alarcón, María Teresa, y Núñez, Daniel (2016). "Acuíferos en Chihuahua: estudios sobre sustentabilidad". *Tecnociencia Chihuahua*, 10(2), pp. 58-63. Recuperado de http://tecnociencia.uach.mx/numeros/v10n2/Data/Acuiferos_en_Chihuahua_estudios_sobre_sustentabilidad.pdf
- Herrera, Eduardo F.; Bojórquez, Martín; Navarro, Carmen Julia, y Navarro, Humberto Iván (2016). "El flujo de agua subterránea en los acuíferos 0830 y 0835 del estado de Chihuahua (México), importancia del análisis geoestadístico e hidrogeoquímico". Memorias en extenso del II Congreso Nacional de riego y drenaje COMEII, Chapingo, Edo. de México (8 al 10 de septiembre de 2016). Artículo: COMEII-16034. Recuperado de <http://comeii.com/comeii2016/congreso2016/php/ponencias/extenso/COMEII-16034.pdf>
- Hinrichsen, Don; Robey, Bryant; Upadhyay, Ushma (1998). "Solutions for a Water-Short World". *Population Report*, (14), pp. 1-31.
- IMIP (Instituto Municipal de Investigación y Planeación) (2015). "Radiografía socioeconómica del Municipio de Juárez, 2014, 'así comenzó 2015'". Versión comentada. Recuperado de http://www.imip.org.mx/radiografia2015/1.Radiografia_2014-2015_VersionComentada.pdf
- INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal) (2010). "Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Estado de Chihuahua". Recuperado de <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM08chihuahua/index.html>
- INEGI (2003). "Síntesis de información geográfica del estado de Chihuahua". México: INEGI.
- INEGI (2013). "Conociendo Chihuahua. México". Recuperado de http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/estudios/conociendo/Chihuahua.pdf

- INEGI (2014). “Censos Económicos 2014”. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ce/ce2014/default.aspx>
- INEGI (2015). “Tabulados de la Encuesta Intercensal 2015”. Recuperado de <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/especiales/intercensal/>
- INEGI (2017). “Conociendo Chihuahua”. Aguascalientes, México: INEGI. Recuperado de http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/estudios/conociendo/702825093914.pdf?platform=hootsuite
- Iñiguez, Luisa (1996). “Lo socioambiental y el bienestar humano”. *Revista cubana de salud pública*, 22(1), pp 1-6.
- Islas, Patricia; Treviso, María Olivia; Pérez, Francisco Alberto, y Heiras, Alberto (2014). “La identidad cultural de los menonitas mexicanos”. *IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH*, 5(9), pp. 69-76. Recuperado de <http://www.rediech.org/inicio/index.php/biblioteca/articulos/item/440-la-identidad-cultural-de-los-menonitas-mexicanos>
- Jiménez, Gerardo (2008). “El valle de Delicias en la Cuenca del río Conchos”. *Boletín del archivo histórico del agua*, 13(38), pp. 27-35. Recuperado de <http://132.248.9.34/hevila/Boletindelar-chivohistoricodelagua/2008/vol13/no38/3.pdf>
- Lemus, Ranulfo (2017). “Balance y perspectivas de la administración del agua en el municipio de Juárez”. Parte I. *Culcyt*, 14(61), pp. 14-23. Recuperado de <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/1625/2398>
- Lloyd, Jane (1997). *Cuatro versiones de la cuestión agraria mexicana decimonónica*. México: Universidad Iberoamericana.
- Lloyd, Jane (2006). Las colonias mormonas porfiristas de Chihuahua: ¿Un proyecto de vida comunitaria alterna? En: Delia Salazar Anaya (coord.), *Xenofobia y xenofilia en la historia de México: siglos XIX y XX. Homenaje a Moisés González Navarro*. México: Colección Migración SEGOB/Instituto Nacional.
- Luján, Concepción y Kelly, Mary E. (2003). *Agricultural Irrigation Conservation Projects in the Delicias, Chihuahua Irrigation District: A Report on Public Participation, Certification and Early Implementation*. English Executive Summary. Environmental Defense. Recuperado de <http://bva.colech.edu.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/HASH82580f4475c8e821ed1f4d/ag002.pdf?sequence=3>
- Martínez, Edna (2018). “Barzonistas vs Mormones, renace racismo por viejos problemas condenados a repetir la historia si no hay autoridades que intervengan para solucionar conflicto entre familia LeBarón y el Barzón, afirma historiador”. *El Heraldo de Chihuahua*, p. 4 (5 de mayo de 2018).
- Montano, Gabriela (2014). “Relaciones de poder y resistencia. Mexicanos y mormones en el noroeste de Chihuahua. Dos momentos históricos de 1909 a 1913 y del 2005 al 2010” (Tesis de maestría). México: El Colegio de Chihuahua. Ciudad Juárez, Chihuahua, pp. 42-43. Recuperado de <http://www.colech.edu.mx/cont/tesis/gmontano.pdf>

- Muñiz, Juan I.; Salas-Plata, Jorge, y Turner, Charles (2005). "Restauración del río Bravo/río Grande en el Valle de Juárez: Un análisis". *Culcyt*, 8(2), pp. 16-21. Recuperado de <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/572/551>
- Secretaría de Salud (2000). "Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, 'Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización'" (Fecha de publicación 22 de noviembre de 2000). Recuperado de <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/127ssa14.html>
- Olivas, Guadalupe Isela (2017). *Estudio comparativo con la manzana de Washington y Cuauhtémoc*. Cuauhtémoc, Chihuahua: Unifrut. Recuperado de <http://www.unifrut.com.mx/informacion/manzana-de-washington-chihuahua/>
- Oltra, Christian (2005). "Modernización ecológica y sociedad del riesgo. Hacia un análisis de las relaciones entre ciencia, medio ambiente y sociedad". *Papers*, 78, pp. 133-149.
- Ortega, David (2013). "Factores socioculturales que limitan la gestión y el uso sustentable del agua: el caso del distrito de riego 005 Delicias, Chihuahua". *Artículos y Ensayos de Sociología Rural*, 8(16), pp. 7-19. Recuperado de https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2014/04/Factores_socioculturales_DR_005.pdf
- Palomo, Miguel (2005). "Descripción hidro-agrológica del Valle de Juárez. Memorias del Simposio Binacional Asociaciones de Colaboración para la Conservación del Agua en la Región Paso del Norte, Ciudad Juárez", pp. 28-35.
- Palomo, Miguel y Figueroa, Uriel (2007). "Variabilidad espacial aplicada a coliformes en agua residual a lo largo del distrito de riego 009". *Ciencia en la Frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ*, 4(1), pp. 32-37. Recuperado de http://www.uacj.mx/DGDCDC/SP/Documents/Documents/ciencias%20de%20la%20frontera/VolIV_num1.pdf
- Palomo, Miguel; Figueroa, Uriel; Espinoza, José de Jesús, y Reyes, Arturo (2010). "Comportamiento de la carga nutrimental en drenes agrícolas del Valle de Juárez". *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ*, 8(1), pp. 7-13. Recuperado de <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/cienciafrontera/article/view/1607/1428>
- Paz, María Fernanda (2014). "Conflictos socioambientales en México: ¿Qué está en disputa?". En María Fernanda Paz y Nicholas Risdell, *Conflictos, conflictividades y movilizaciones socioambientales en México: problemas comunes, lecturas diversas*. México: UNAM/PORRÚA, pp. 13-57.
- Piñón, Manuel y Pérez, Antonino (2011). "Estudio de métodos de tratamiento para eliminar la presencia de flúor presente en agua subterránea". Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua. Recuperado de <http://bva.colech.edu.mx/xmlui/bitstream/handle/1/1402/ag0207.pdf?sequence=1>
- Quintana-Martínez, Rey; Soto-Chacón, Gilberto; Rubio-Arias, Héctor; Espinoza-Prieto, José; Holguín-Licón, Celia, y Camarillo-Acosta, Javier (2014). "Evaluación de parámetros fisicoquímicos y contenidos de metales en sedimentos de la Laguna de Bustillos en Chihuahua, México". *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ*, 12, pp. 37-45. Recuperado

de <http://www.uacj.mx/DGDCDC/SP/Documents/Documents/ciencias%20de%20la%20frontera/Ciencia%20en%20la%20Frontera%20Vol%20XII,%20No.%201%20ok.pdf>

- Rebélez, Roberto (2009). "Chihuahua, productor del 70 % de la manzana en el país, una de las empresas más grandes, La norteña emplea a 7 mil personas". *El Diario de Chihuahua*, p. 5 (28 de octubre 2009).
- Rentería-Villalobos, Marusia; Reyes Cortés, Manuel; Mantero, Juan; Manjón, Guillermo; García-Tenorio, Rafael; Herrera, Eduardo, y Montero-Cabrera, María Elena (2012). Uranium in the Surrounding of San Marcos-Sacramento River Environment (Chihuahua, México). *The Scientific World Journal*, ID 616430, pp. 1-13. doi: [dx.doi.org/10.1100/2012/616430](https://doi.org/10.1100/2012/616430)
- Reyes-Cortés, Ignacio; Vázquez, José; Ledesma, Rogelio; Reyes-Cortés, Manuel, y Barrera, Yara-vi (2006). "As en el sistema hidrogeológico del valle de Delicias, Chihuahua, México". *Geos*, 26(1), pp. 40.
- Reyes, Víctor; Alarcón, María; Núñez, Daniel, y Cruz, Rodybeth (2010). "Dinámica del arsénico en el valle de Tabalaopa-Aldama-El Cuervo, en Chihuahua, México". *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 6(1), pp. 21-31.
- Reyes, Manuel; Reyes, Ignacio; Espino, Socorro; Rentería, Marusia; Burillo, Juan, y Montero, Elena (2012). "Origen y distribución de la radiactividad natural en la zona norte de la cuenca de Chihuahua, México". *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 29(3), pp. 659-675. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcg/v29n3/v29n3a11.pdf>
- Rodríguez, Claudia (2006). Reseña de ambiente y sociedad. Conceptos y relaciones de Carlos Rebo-ratti. *Revista Eure*, 32(96), pp. 146-148.
- Sáenz-Rodríguez, Margarita; Flores-Gasca, Santiago; Soto-Tapia, Orlando; Gutiérrez-Gutiérrez, Alejandro, y Bencomo-Trejo, Daniel (2016). "Estado actual del Acuífero Casas Grandes". *Revista Ingenierías*, 19(73), pp. 39-50.
- Salas-Plata-Mendoza, Jorge; Turner, Charles, y Domínguez-Chicas, Angélica (2005). "Aspectos del impacto económico en la agricultura de riego del Valle de Juárez debido a la salinidad y como resultado de la distribución de las aguas entre México y Estados Unidos en 1906". En Jorge Salas-Plata-Mendoza, *Nuevos estudios sobre agua y medio ambiente en Ciudad Juárez* (volumen II), México: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, pp. 9-26.
- Secretaría de Economía (2018). "Información económica y estatal Chihuahua".
- Secretaría de Innovación y Desarrollo Económico (2017). "Prontuario Estadístico". Chihuahua: Centro de Información Económica y Social. Recuperado de <http://www.chihuahua.com.mx/public/uploads/pages/17/Prontuario%20diciembre%202017.pdf>
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2017). "Anuario Estadístico de la Producción Agrícola por cultivo para el año 2017. En cultivos cíclicos-perennes (riego + temporal)". Recuperado de <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (última consulta 12 de abril de 2019).
- SIAP (2018a). "Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Resumen anual 2016 en el distrito Delicias". Recuperado de http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/ (última consulta 28 de mayo de 2018).

- SIAP (2018b). “Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Cierre de la Producción Agrícola del estado de Chihuahua por Distritos 2016”. Recuperado de http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/ (última consulta 29 de mayo de 2018).
- Sin Embargo (2015). “Los menonitas dejan México, su país desde 1922; la razón: Chihuahua se queda sin agua”. *Sin embargo*. <https://www.sinembargo.mx/17-11-2015/1554107> (17 de noviembre de 2015).
- Soto, Vicente Germán y Escobedo, José Luis (2011). “La distribución del agua superficial del río Bravo entre México y Estados Unidos”. En Úrsula Oswald (coord.), *Retos de la investigación del agua en México*. México: UNAM, pp. 483-492
- Tamayo, Mario (2017). *El proceso de la investigación científica*. México: Limusa.
- Taylor, Lawrence Douglas (2005). “Las migraciones menonitas al norte de México entre 1922 y 1940”. *Migraciones internacionales*, 3(1), pp. 5-31.
- Unidad de Estudios Históricos y Sociales-Extensión Chihuahua-UACJ (s.f.). “Mapa Religioso del Estado de Chihuahua”. Recuperado de <http://www.uacj.mx/UEHS/Paginas/MapaReligiosodeChihuahua.aspx>
- Velázquez, Mario Alberto (2010). “Los movimientos ambientales en México”. En Ilán Bizberg y Francisco Zapata (coords.), *Los grandes problemas de México. Tomo VI. Movimientos sociales*. México: El Colegio de México, pp. 275-336.
- Villalba, María; Colmenero, Luis; Montero, Elena; Manjón, Guillermo; Chávez, Rafael; Royo, Miguel, y Pinales, Adán (2005). “Presencia de Uranio en el río Chuvíscar, estado de Chihuahua, México”. *GEOS*, vol. 25(2), pp. 1-5.
- Villalba, María; Montero, Elena; Manjón, Guillermo; Colmenero, Luis; Rentería, Marusia; Cano, Amarabi; Rodríguez, Alfredo; Dávila, Ignacio; Quirino, Leopoldo; Herrera, Eduardo (2006). “Natural Radioactivity in Ground Water and Estimates of Committed Effective Dose to Water Ingestion in the State of Chihuahua (Mexico)”. *Radiation Protection Dosimetry*, vol. 121(2), pp. 148-157. doi: doi.org/10.1093/rpd/nci382
- Villalba, María; Colmenero, Luis; Estrada, Guadalupe; Royo, Miguel; Pinales, Adán, y García, Angélica (2013). “Alternativas para reducir arsénico en agua para zonas rurales del estado de Chihuahua”. En María Alarcón, Alejandra Martín e Ignacio Martín (coords.), *Flúor y arsénico en agua de consumo humano: retos y perspectivas*. México: CIMAV, pp. 78-81.

Editora asociada: Esperanza Tuñón Pablos

Recibido: 9 agosto 2019

Aceptado: 23 enero 2020

Publicado: 16 marzo 2020