Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

DOI: 10.24850/j-tyca-2021-01-08

Artículos

Productividad industrial del agua en México: análisis de eficiencia para ocho sectores

Industrial water productivity in Mexico: Efficiency analysis for eight sectors

Hilda R. Guerrero-García-Rojas¹, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4226-8027

Diego García-Vega², ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2267-8491

Luis Seguí-Amórtegui³, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2470-2456

¹Facultad de Economía, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México, hilda.guerrero@umich.mx

²Facultad de Economía, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México, diego.garcia@umich.mx

³Facultad de Empresa y Comunicación, Universidad Internacional de la Rioja, España, luisalberto.segui@unir.net

Autora para correspondencia: Hilda R. Guerrero-García-Rojas, hilda.guerrero@umich.mx



Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Resumen

Se presenta un análisis de eficiencia sobre el uso y aprovechamiento de los recursos hídricos por parte de los principales sectores industriales que mayor volumen consumen en México en sus procesos de producción. Dicho análisis fue elaborado a nivel nacional para cada uno de los ocho sectores industriales seleccionados. Previo al análisis de eficiencia hídrica, se contextualizan y se describen algunas características y particularidades sobre los recursos hídricos, así como los principales rasgos de la industria. El procedimiento metodológico de la investigación fue de tipo descriptivo y deductivo, basado en fuentes oficiales de México. Entre algunas de las conclusiones se pueden mencionar: 1) el acceso limitado y disperso a las fuentes oficiales de información en materia de uso y aprovechamiento del agua en la industria; 2) las estimaciones de eficiencia hídrica muestran cierta heterogeneidad y mayor dominio de los volúmenes de agua por parte de algunos sectores industriales, sobre otros de menor relevancia; 3) la eficiencia hídrica estuvo basada en la relación costo-producción; 4) el aprovechamiento hídrico industrial es geográficamente heterogéneo y disperso, ya que la mayoría de las industrias se localizan en las zonas del centro y norte del país, donde paradójicamente existen menores niveles de disponibilidad hídrica, contrario a las zonas del sur y sureste del territorio mexicano, donde la disponibilidad hídrica es abundante y, en contraste, existe menor dinamismo económico, y 5) los resultados de eficiencia hídrica son estimaciones aproximadas debido a la complejidad de los datos y los filtros que se tuvieron que realizar durante la investigación.

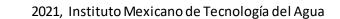


Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Palabras clave: eficiencia hídrica, industria mexicana, agua y recursos hídricos, sustentabilidad.

Abstract

An efficiency analysis is presented on the use and exploitation of water resources by the main industrial sectors, which consume the greatest volume in Mexico in their production processes. This analysis was carried out at the national level for each of the eight selected industrial sectors. Prior to the analysis of water efficiency, some characteristics and particularities of water resources are contextualized and described, as well as the main features of the industry. The methodological procedure of the investigation was descriptive and deductive, based on official sources in Mexico. Some of the conclusions include: 1) limited and scattered access to official sources of information on the use and exploitation of water in industry; 2) estimates of water efficiency show some heterogeneity and greater mastery of volumes of water by some industrial sectors, on others of lesser relevance; 3) water efficiency was based on the cost-production relationship; 4) industrial water use is geographically heterogeneous and dispersed, since most industries are located in the central and northern areas of the country, where paradoxically there are lower levels of water availability, contrary to the southern and southeastern areas of Mexican territory, where water availability is abundant and, paradoxically, there is less economic dynamism, and 5) the water efficiency results are rough estimates, due





to the complexity of the data and the filters that you they saw what to do during the investigation.

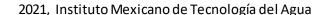
Keywords: Water efficiency, mexican industry, water and water resources, sustainability.

Recibido: 13/11/2019

Aceptado: 21/06/2020

Introducción

El actual desafío de lograr un modelo de desarrollo plenamente inclusivo y ambientalmente sustentable nos obliga a examinar en profundidad los estilos de desarrollo a la luz de la realidad del siglo XXI. En este nuevo escenario coexisten una creciente desigualdad, y cada vez mayores presiones sobre el medio ambiente y los recursos naturales, con el surgimiento de nuevos polos y poderes económicos, la expansión de las nuevas tecnologías, una rápida urbanización y la mayor importancia de los espacios regionales de integración, entre otros cambios (CEPAL, 2015). De cara a este escenario y con miras a perfilar un mejor futuro



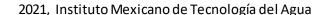


para todos, se necesitan políticas y acciones fundamentadas en la visión holística que implica el desarrollo sustentable.

El agua es esencial para la vida. La gestión sustentable de nuestros escasos recursos de agua dulce es clave para mantener un medio ambiente sano y asegurar el bienestar humano a largo plazo (Tunza, 2010). Aunque la disponibilidad de agua dulce es crítica, determinada por patrones de precipitación, las demandas de los distintos sectores han venido aumentando continuamente desde el siglo pasado en todo el mundo, y se prevé que sigan creciendo en las próximas décadas (Seguí, García, & Guerrero, 2016).

Según datos del IMTA (2017), durante las últimas décadas, la incesante demanda por recursos hídricos y su mal uso han incrementado la contaminación y agravado el estrés hídrico en muchas partes del mundo, con graves consecuencias para la salud pública, la sostenibilidad ambiental, el desarrollo económico, y la seguridad alimentaria y energética, con lo que el agua a menudo se ha convertido en un factor limitante, en lugar de un facilitador del bienestar social, ambiental y económico. Sin embargo, esta crisis mundial del agua es principalmente de gobernanza más que de disponibilidad.

El escenario actual es preocupante, ya que el impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos se enmarca en el contexto de una creciente demanda de agua tanto para las actividades económicas como para la población, lo que intensificará las presiones sobre esos recursos (UN-Water, 2014). Ello se ejemplifica con la evolución acelerada en la demanda de agua destinada al consumo humano.





Además de satisfacer necesidades humanas básicas, el agua contribuye al desarrollo sustentable en otras formas importantes. Es una de las principales fuentes de energía en algunas partes del mundo, mientras que en otras su potencial como fuente de energía todavía no se está aprovechando al máximo. El agua es necesaria también para la agricultura y para muchos procesos industriales y, en algunos países, forma parte integrante de los sistemas de transporte (UN-Water, 2017).

En el mejor de los casos, se han implementado acciones de uso eficiente y manejo integrado del agua al incorporar tecnologías modernas y nuevas formas de administración que no necesariamente han resuelto los problemas. Una medida para incrementar la oferta de agua son los trasvases, que permiten exportar o importar agua de una cuenca a otra, o de un país a otro, pero cada día son más objetados, tanto en México como en el mundo, por los impactos ecológicos, económicos, sociales y políticos que provocan, aun cuando existan tratados internacionales o convenios nacionales o regionales (IMTA, 2017: 5).

Urge, pues, una nueva manera de pensar sobre los problemas del agua y sus soluciones. Repensar los problemas del agua significa enfrentar los desafíos que nos impone el futuro a partir de dos nuevos paradigmas: el de la *complejidad* y el de la *incertidumbre*. El primero nos plantea el hecho incontrovertible de que los problemas en torno a los usos del agua serán cada día más complejos (Galindo, Samaniego, Alatorre, & Carbonell, 2014).

México recibe alrededor de 1 489 mil millones de metros cúbicos al año de agua en forma de precipitación, de los cuales el 67 % cae entre

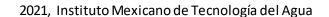


Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

los meses de junio y septiembre, sobre todo en la región sur-sureste, donde se recibe 49.6 % de la lluvia. De este total, 73 % se evapotranspira y regresa a la atmósfera; 22 % escurre por los ríos o arroyos, y 6 % se infiltra al subsuelo de forma natural y recarga los acuíferos. Tomando en cuenta las exportaciones e importaciones de agua con los países vecinos, México tiene 471.5 mil millones de metros cúbicos de agua dulce renovable por año y está considerado como un país con baja disponibilidad de agua (Conagua, 2018). México tiene un 0.1 % del total de agua dulce disponible a nivel mundial, lo que determina que un porcentaje importante del territorio esté catalogado como zona semidesértica.

El crecimiento poblacional y económico han ejercido mayor presión sobre los recursos hídricos en México, al punto de que el volumen demandado de agua siempre es mayor que el volumen suministrado, lo que obliga a decidir a quién dejar sin este recurso, generando problemas distributivos y conflicto social (García & Guerrero, 2018a). La competencia entre los sectores industrial, urbano y agrícola por este recurso es ya causa de conflictos a diferentes escalas y en diferentes intensidades, presentándose tanto entre los sectores privados y públicos. En un intento por controlar el uso del agua y de evitar los conflictos, el marco institucional ha ido cambiando, sin conseguir del todo una reforma acorde con el nivel del problema.

Si bien en algunas regiones del país el agua es suficiente para satisfacer las demandas sin conflicto de por medio, en dos tercios del territorio, es decir, zona centro y norte, donde, por cierto, ocurre el mayor



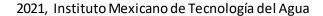


desarrollo económico y la concentración demográfica más importante, existe una gran presión sobre el vital líquido, de por sí escaso, al encontrarse comprometido para usos previamente establecidos (Conagua, 2018).

De modo que, para comprender la escasez de agua en cualquier país, es fundamental contabilizar y analizar con rigurosidad los montos de agua destinados para cada uso: consumo humano, urbano y rural; agricultura; agroindustria; industria, etcétera. García y Guerrero (2018b) comentan, en ese sentido, al hablar de la cantidad y el uso que se le da al recurso hídrico en la industria mexicana, que es indispensable considerar diversos factores, como precio, disponibilidad, calidad y demanda, entre otros, como referentes para el análisis.

En general, la situación actual por la que pasan los recursos hídricos en México son consecuencia de un uso y aprovechamiento ineficiente; de una dirección gubernamental meramente ingenieril; de una laxa aplicación jurídica; una productividad decreciente del recurso; crecientes costos ambientales y financieros derivados de la extracción, distribución, tratamiento, y la existencia de estructuras tarifarias que no permiten una aproximación a la recuperación de los costos económicos, sociales y ambientales. Por lo tanto, resulta de gran importancia articular un modelo de gestión de recursos hídricos cada vez más eficiente y flexible, acorde con su entorno, sin limitar el desarrollo económico y social del país.

En este contexto, el objetivo principal radicó en estimar la eficiencia, en términos de aprovechamiento hídrico, de los ocho principales sectores industriales en México para sus procesos de producción. Es decir, la

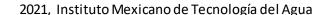




eficiencia hídrica, que aquí entenderemos como la cantidad menor de agua posible requerida para producir una unidad de cualquier bien o producto industrial, estuvo medida mediante la relación que hay entre el volumen concesionado de agua y la producción bruta total de cada sector. El análisis comparativo de los ocho sectores industriales se puede observar en la Tabla 4 de la sección de resultados.

Usos y aprovechamientos del agua en la industria mexicana

El agua es fundamental en los procesos industriales de producción, ya sea como vehículo energético, de transporte, disolvente, en operaciones de lavado, como disipador de calor, etcétera. Esto hace de la contaminación industrial la más diversa. No obstante, su impacto está más relacionado con las descargas de agua residual industrial que con la cantidad de agua que utilizan. De hecho, estas descargas generan 340 % más contaminación que las municipales (OCDE, 2015). Si a esto agregamos que hacia el año 2050, el sector industrial será el que más incrementará su demanda de agua, hasta 400 % más, en comparación con el 130 % del incremento para uso doméstico, se vuelve imprescindible considerar la contaminación, particularmente las descargas de aguas residuales





industriales, como aspecto prioritario en la gestión del agua, sobre todo en el marco del derecho humano al agua y al saneamiento, y a un medio ambiente sano.

El uso que se le da al agua en la industria es uno de los factores determinantes para comprender la crisis del vital e indispensable recurso para todo proceso de producción. Esto es así en tanto que los procesos productivos demandan porcentajes significativos del total de agua disponible. En el mundo se estima que un 22 % del agua se dedica a las actividades industriales.

En el año 2015, el uso agrícola del agua representó el 76.3 % del volumen total autorizado; del agua restante, el uso industrial, que considera la minería, la construcción y la manufactura, ocupó el 13 %, algo más de dos billones de litros. Además, la Comisión Nacional del Agua (Conagua) incluye el uso agroindustrial, de servicios y de comercio en un solo rubro denominado *industria autoabastecida*, que en los últimos diez años incrementó su demanda en 27 %, más del doble que cualquier otro uso (Conagua, 2018). El asunto es que en México las descargas comúnmente no se tratan; 70 % de los residuos industriales son vertidos sin ningún tratamiento y son las que más incumplen las normas oficiales.

México cuenta con un sistema de concesiones y asignaciones de agua superficial y subterránea regida por la Ley de Aguas Nacionales (LAN), donde la Conagua es la autoridad nacional en la materia. Sin embargo, los esfuerzos para administrar los recursos hídricos del país han sido insuficientes, en virtud de que no se han consolidado los mecanismos



e instrumentos para implementar eficazmente las políticas públicas en materia de agua.

En México, el agua tiene diversos usos en las actividades humanas; bien puede ser utilizada para subsistir como para la producción. El Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) clasifica los usos del agua en 12 rubros. En términos agrupados estos doce rubros se clasifican de la siguiente manera: 1) agrícola; 2) abastecimiento público; 3) industria autoabastecida; 4) energía eléctrica e hidroeléctrica. Esta clasificación se puede observar en la Tabla 1. Además, se detallan los rubros a que pertenece cada uso agrupado, así como el empleo del agua consuntivo o no consuntivo.

Tabla 1. Clasificación agrupada de los usos del agua (Conagua, 2018).

Uso agrupado	Consuntivo/no consuntivo	Rubros de clasificación del REPDA
Agrícola	Consuntivo	Agrícola, acuicultura, pecuario, usos múltiples, otros usos
Abastecimiento público	Consuntivo	Doméstico, público urbano
Industria autoabastecida	Consuntivo	Agroindustrial, servicios, industrial, comercio

Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Energía eléctrica,	Consuntivo	Industrial
excluyendo		
hidroelectricidad		
Hidroeléctrico	No consuntivo	Hidroeléctricas

En México, de cada 100 litros de agua que se utiliza, 76 son para actividades agropecuarias; 14, para abastecer a la población; 5 para la industria autoabastecida (industrias que cuentan con abastecimientos propios e independientes del abastecimiento público); por último, 5 para la generación de energía eléctrica (ver Tabla 2 y Figura 1).

Tabla 2. Origen y utilización del agua según su uso (Conagua, 2018).

Tipo de uso	Uso del agua	Superficial	Subterránea			
Uso agropecuario	76	50	26			
Uso público	14	9	5			
Uso industrial	5	3	2			
Energía eléctrica	5	4	1			
Unidades: litros de agua						



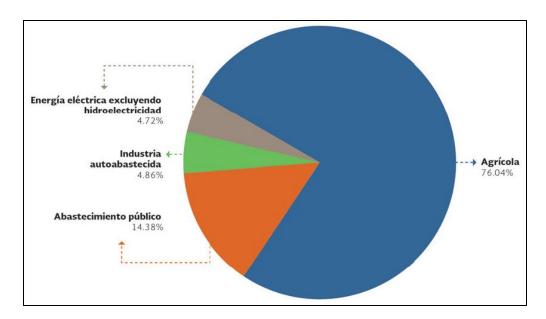


Figura 1. Origen y utilización del agua según su uso (Conagua, 2018).

La Figura 2 muestra la evolución del volumen concesionado para usos consuntivos del periodo 2008-2017. Como se observa, 60.9 % del agua utilizada para uso consuntivo proviene de fuentes superficiales (ríos, arroyos y lagos), mientras que el 39.1 % restante corresponde a fuentes subterráneas (acuíferos). Existen tanto incrementos como decrementos en los volúmenes concesionados a lo largo del tiempo. Respecto de 2008, año inicial de la figura, en el año 2017 el volumen de agua superficial concesionada es 6.0 % mayor, en tanto que la subterránea es 6.9 % mayor.



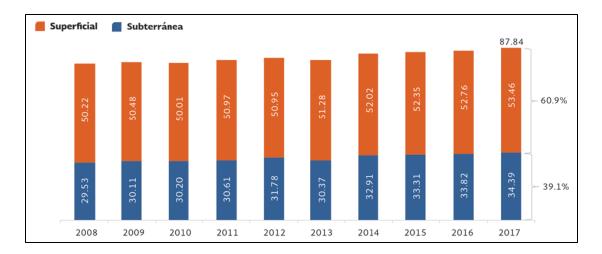


Figura 2. Volumen concesionado para usos consuntivos por tipo de fuente, 2008-2017 (miles de hm³) (Conagua, 2018).

La contaminación de los cuerpos de agua es producto de las descargas de aguas residuales sin tratamiento, ya sea de tipo doméstico, industrial, agrícola, pecuario o minero. A finales del año 2010, más de 70 % de los cuerpos de agua del país presentaba algún indicio de contaminación (Conagua, 2018). Las cuencas que destacan por sus altos índices de contaminación son Lerma-Santiago-Pacífico, Balsas y, sobre todas, la del Valle de México.

La sobreexplotación de los acuíferos ha ocasionado también el deterioro de la calidad del agua, en particular por intrusión salina y migración de agua fósil, la que, de manera natural, después de siglos, contiene sales y minerales nocivos para la salud humana, inducidas por los efectos del bombeo y por contaminación difusa producida en las ciudades y zonas agrícolas. Por otra parte, el monitoreo de la calidad de



Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

los acuíferos es escaso y poco confiable (FCEA, 2017). Debido a las características propias del ciclo hidrológico, un río puede quedar limpio en un tiempo relativamente corto si la fuente de contaminación se suspende y si no queda atrapada una cantidad importante de contaminantes en el sedimento; sin embargo, cuando se contamina un acuífero, el problema puede durar decenas de años.

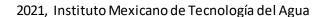
Algunas de las razones importantes respecto a las dificultades de conocer con certeza las dimensiones de la contaminación industrial en México son (FCEA, 2017): 1) del total de títulos de aprovechamiento para el uso público y la industria autoabastecida, en el REPDA, el 15 %, poco más de 30 mil títulos, no presenta información sobre el volumen concesionado; 2) por lo común, las industrias ubicadas en zonas urbanas vierten sus desechos al sistema de drenaje público, esto obliga a considerar el uso público y el de industria autoabastecida juntos y complica la identificación del volumen de contaminantes que genera en este sector; 3) el 7.3% del total del volumen concesionado para todos los usos está geográficamente mal referenciado, las coordenadas del registro están fuera de los límites continentales del país; 4) la falta de monitoreo y verificación han ocasionado que los registros estén desactualizados, omitiendo cambios de uso en las extracciones del agua, por ejemplo, en 2014, tres de cada diez litros que se extrajeron de zonas urbanas estaban clasificados como uso "agrícola"; esto es importante, pues si bien las tarifas difieren de una entidad a otra, el uso agrícola siempre tiene tarifa preferencial.



Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

En cuanto a la descarga de aguas residuales, la industria genera por segundo 210.3 metros³, de los cuales únicamente se trata el 27 %. Para el año 2013 se contaba con 2 617 plantas para aguas residuales industriales, en contraste con 2 287 plantas destinadas para los centros de población. Si bien la industria autoabastecida sólo consume 4 % del agua total (3.5 km³ anuales), la contaminación que genera en demanda bioquímica de oxígeno es tres veces mayor que la que producen 100 millones de habitantes. En 2009, los giros industriales con mayores descargas contaminantes sumaban un volumen total de 176 m³/s. La actividad con mayor volumen de descarga es la acuicultura, con 68 m³/s (39 %); seguida por la industria azucarera con 46 m³/s; la petrolera, con 12 m³/s; los servicios, con 11 m³/s, y la química con 7 m³/s (Conagua, 2018). La industria azucarera es la que produce la mayor cantidad de materia orgánica contaminante, y la petrolera y química las que producen los contaminantes de mayor impacto ambiental. El sector industrial compite por el uso del agua con otros sectores productivos, en particular con el agrícola.

Un problema recurrente para las comunidades con casos de contaminación industrial es que el grado de cumplimiento de las normas ambientales es dudoso, la vigilancia sobre empresas privadas es limitada y en muchas situaciones son las mismas autoridades estatales las que transgreden las normas, pues no vigilan su aplicación ni sancionan su incumplimiento. Esto hace fácil para las industrias sucias beneficiarse de la complacencia de las autoridades. Por otra parte, no existe la obligación del monitoreo de gran número de parámetros fisicoquímicos, y no se



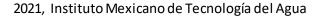


cuenta con la infraestructura suficiente como para hacer una evaluación del estado de la contaminación química inorgánica.

En específico, en referencia al análisis del agua para la industria, existen antecedentes teóricos indispensables (García & Guerrero, 2018a). No obstante, es preciso aclarar que parte de la relevancia de la presente propuesta radica en que los estudios en los ámbitos nacional e internacional dedicados a determinar y/o estimar la demanda y consumo del agua en la industria aún son escasos, y por su naturaleza han de actualizarse con una periodicidad lo más breve posible (García & Guerrero, 2018b).

Además, la información pública desagregada respecto a la industria es prácticamente inexistente. El acceso a datos sobre el volumen de insumos que utiliza cada industria o empresa, el monto de las regalías que pagan por esto, o los estudios de geoquímica o de impacto ambiental están reservados o a la venta. De esta forma, quienes conocen esta información son sólo los empresarios, y no los dueños de la tierra o la sociedad en general.

De manera general, se requieren evaluaciones en el marco legal y cambios en la estructura institucional, que debe ser eficiente y participativa. Es necesario ser consciente de que los desbalances jurídicos e institucionales a favor del uso industrial excesivo no contribuyen al ejercicio de nuestro derecho al medio ambiente sano ni a nuestro derecho al agua potable.



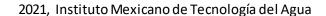


Materiales y métodos

La investigación sobre la productividad industrial del agua en México principalmente se realizó mediante un análisis de eficiencia, a través del volumen concesionado de agua que cada sector industrial requiere para llevar a cabo su proceso de producción. Este uso y/o aprovechamiento de agua se analizó para los ocho principales sectores industriales consumidores de agua en México.

Autores como Renzetti (1988), y Dupont y Renzetti (2001) son los referentes a nivel internacional en el estudio de la estimación econométrica de la demanda del agua en diversos usos. Sus trabajos son referentes para las bases teóricas en esta investigación, a partir de sus estimaciones con funciones principalmente translogarítmicas. En esta investigación se procederá a poner en marcha un análisis sobre los usos y aprovechamientos del agua en la industria para el caso mexicano.

Durante los últimos años se han realizado diversas investigaciones respecto al tema de los recursos hídricos en México. En Guerrero y Alban (2004); Guerrero (2005); Guerrero (2007); Guerrero, Yúnez-Naude y Medellín (2008); Guerrero, Gómez y Rodríguez (2013); Guerrero (2015); Guerrero, Gómez y Rodríguez (2015), y (García & Guerrero, 2017) se puede consultar una amplia variedad de estudios referentes a los recursos



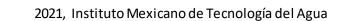


hídricos tanto desde la perspectiva económica y social como ambiental. Gracias a la compilación de bases de datos sobre el recurso agua construidas en los proyectos de investigación previos al presente, se han logrado visualizar diversas relaciones entre los distintos sectores de la economía en materia de uso consuntivo del agua, lo cual funge como base para esta investigación.

De manera reciente, en Guerrero, García y Herrera (2019a), y Guerrero, Gómez y Maldonado (2019b) se han presentado investigaciones actualizadas en materia de política hídrica en México. Por una parte, se hizo un análisis sobre la política de precios del agua y su papel institucional como un instrumento económico para la gestión del agua. Por la otra, se analizó el uso industrial del agua mediante la elasticidad precio del agua.

La información obtenida en los proyectos de investigación realizados previos al presente representan los antecedentes de esta investigación. En Guerrero (2005), se hizo un análisis econométrico sobre la demanda del agua industrial en México, tomando como fuente principal los Censos Económicos 1999. El número total de observaciones fueron 500 firmas, las cuales representaban a los ocho principales sectores industriales, además de 14 variables. El análisis se llevó a cabo por Región Hidrológica Administrativa (RHA).

Una de las principales conclusiones en Guerrero (2005) fue que los sectores industriales del papel, azúcar y bebidas eran los mayores consumidores del recurso hídrico en ese momento. La industria del papel y azúcar estaban localizadas principalmente en la región central y norte





del Golfo de México, en donde el grado de presión del recurso hídrico es bajo; sin embargo, el sector industrial de bebidas se encontraba situado, principalmente, en las zonas centro y norte de la república mexicana, áreas en donde el grado de presión del agua es alto, por encontrarse en una zona de disponibilidad baja del recurso hídrico.

Conforme al Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN), perteneciente al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), las actividades secundarias, conocidas como "la industria", están conformadas por los sectores de minería, electricidad, agua y suministro de gas por ductos al consumidor final, así como por la construcción y las industrias manufactureras, de las cuales, dentro de estas últimas, industrias manufactureras, se encuentran 7 de los 8 sectores industriales tomados como referencia para el presente proyecto, es decir, acero, alimentos, azúcar, bebidas, papel, química y textil, además de la minería, los cuales representan los sectores que consumen mayor cantidad de agua dentro de la industria. Además, en México, la industria es uno de los principales sectores responsables de la mayoría de los contaminantes, ya que menos del 25 % del agua residual que se vierte a ríos y lagos es tratada.

Teniendo como referencia la investigación de Guerrero (2005), en donde se analizaron ocho sectores de la actividad industrial (tomándolos como el conjunto referente de los sectores industriales de mayor aprovechamiento de agua en México), se continuó con el mismo procedimiento, es decir, se analizaron los sectores de acero, alimentos, azúcar, bebidas, papel, química, textil y minería. Los primeros siete





sectores pertenecen a la industria manufacturera. Si bien la actividad económica de la minería estrictamente no pertenece a la industria manufacturera, se agrega en esta investigación debido a que es una de las actividades con mayor consumo de agua en sus procesos de producción.

De manera original, con la intención de realizar una caracterización socioeconómica más amplia, para el análisis de los ocho sectores industriales se consideraron las 11 variables más representativas, provenientes de fuentes oficiales, principalmente INEGI y Conagua: 1) unidades económicas; 2) personal ocupado total; 3) total de remuneraciones (miles de pesos mexicanos); 4) producción bruta total (miles de pesos mexicanos); 5) materias primas e insumos (miles de pesos mexicanos); 6) total de gastos (miles de pesos mexicanos); 7) total de ingresos (miles de pesos mexicanos); 8) título de concesión; 9) titular o razón social; 19) volumen anual (mm³); 11) volumen concesionado (Mm³). Para los fines de esta investigación sólo se tomarán en cuenta dos variables: a) volumen concesionado (Mm³) y b) producción bruta total (miles de pesos mexicanos). De tal forma que de estas dos variables se obtendrá la relación costo/producción para cada sector industrial, con la intención de analizar su eficiencia por el uso de agua en sus procesos de producción.

En México, si bien aparentemente en la actualidad existe mayor flujo, acceso y generación de información sobre el recurso hídrico, tal parece no ser así de manera absoluta o, al menos, no de forma sistematizada o sincronizada; debido a ello, fue necesario consultar

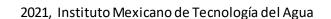


Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

diferentes fuentes, con el objeto de homogenizar la información. Las primeras siete variables se consultaron del Sistema Automatizado de Información Censal (SAIC), el cual muestra los resultados definitivos de los Censos Económicos 2009 del INEGI para cada sector industrial; las del últimas cuatro variables se consultaron Localizador Aprovechamientos del REPDA (LocREPDA) de la Conagua para cada sector industrial. Además, se consultó como fuente complementaria el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) del INEGI y posteriormente se realizó el análisis por RHA. El nivel de desagregación de los datos fue por municipio.

Tratar de responder a las preguntas: ¿Cuánta agua utiliza actualmente la industria en México? ¿Cuál industria mexicana consume más agua? ¿En qué región de la república mexicana se aprovecha más o menos agua para la industria? ¿Cuál o cuáles industrias en el país son más eficientes en el uso del recurso hídrico? ¿Cómo se ha transformado el uso del agua en la industria mexicana desde finales del siglo XX hasta principios del siglo XXI? ¿Cuál es el esquema de tarifas que la industria en México paga por el uso o aprovechamiento del agua? ¿Cuáles son las políticas implementadas en México para alcanzar un uso eficiente del agua en la industria? implicó investigar en diferentes fuentes oficiales, ya que la información competente en materia hídrica no está concentrada en una sola.

La Conagua, órgano descentralizado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), es actualmente la encargada de llevar a cabo la política hídrica del país. A través del Sistema Nacional

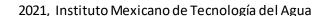




de Información del Agua (SINA), dicha institución proporciona un amplio contenido de tipo cualitativo y cuantitativo en materia hídrica; sin embargo, en lo que respecta a datos relacionados con el uso o aprovechamiento del agua en el sector industrial, la información es limitada y, en algunos casos, escasa.

Por su parte, el INEGI, a través de su SAIC, proporciona 148 variables en total sobre las unidades económicas en México, en términos de producción, gastos, ingresos, remuneraciones, laborales, inversión, inventarios, etcétera, sin embargo no proporciona información o variables que estén relacionadas con el uso o aprovechamiento del agua en el sector industrial, no al menos de manera explícita, pues hay variables como "total de gastos", "otros gastos", "total de otros gastos por consumo de bienes y servicios" o " "materias primas e insumos que se integran físicamente a los bienes producidos", las cuales no especifican estrictamente su contenido.

Por lo tanto, indagar en la pregunta ¿Quién o quiénes hacen uso del recurso hídrico en el sector industrial en México? nos condujo a investigar en la base de datos del LocREPDA de la Conagua. La consulta se realizó tanto para el aprovechamiento de aguas subterráneas como de aguas superficiales. Dicha base de datos se consulta por medio de "registros", es decir, para el aprovechamiento en aguas subterráneas se consultaron 6 675 registros y para el aprovechamiento en aguas superficiales se consultaron 549 registros, en total 7 224 registros. Evidentemente, el aprovechamiento del recurso hídrico es mayor en aguas subterráneas que en aguas superficiales, pues representa 92.4 % del total de registros.

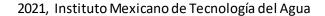




Teniendo como referencia la base total de concesiones de aprovechamiento del recurso hídrico para uso industrial en México, se procedió al análisis. Es preciso señalar que para los fines y tiempos establecidos en la presente investigación no fue posible efectuar un análisis de la totalidad de registros de aprovechamiento del recurso hídrico. Por tanto, en primera instancia se procedió a realizar un filtro de la base de datos total de concesiones; al tener presente que los aprovechamientos subterráneos representan más del 90 % del total de registros, se optó por filtrar a los 500 registros que presentaran los mayores volúmenes de agua concesionada; para el caso de los aprovechamientos superficiales, sólo se filtraron seis registros, al ser los únicos que presentaban cantidades de volumen concesionado de agua similares a los aprovechamientos subterráneos.

Es preciso mencionar que dos variables del conjunto analizado no se encontraron en la base total de concesiones, es decir, la categoría "titular" y "sector industrial"; se agregaron después para complementar el análisis. La categoría titular o razón social se obtuvo de la base de datos del REPDA para cada uno de los 506 registros analizados. Para la categoría sector industrial simplemente se le asignó uno de los ocho sectores analizados (acero, alimentos, azúcar, bebidas, minería, papel, química y textil).

Es importante mencionar que para los registros que no se obtuvo información del REPDA, debido a que la base de datos de dicha fuente no arrojó ningún tipo de información, se clasificaron como No Disponibles (ND).





Debemos señalar que no necesariamente un registro equivale a un título o titular, pues en el análisis de los 506 registros filtrados se detectó que un titular o razón social puede tener registrado uno o más títulos, e inclusive un título puede ser repetitivo en más de un registro. Debido a lo anterior, si se identificaba un título repetido en más de un registro, se tomó la decisión de solamente identificarlo como uno, para evitar duplicidad de información.

Por último, para integrar el total de información generada de los 506 registros analizados, se procedió a reunirla, integrando los ocho sectores industriales y las 11 variables más representativas, ya mencionadas. A continuación se muestran los resultados obtenidos de manera desglosada para cada sector industrial.

Resultados

En la Tabla 3 se reúnen los resultados generales obtenidos para los ocho sectores industriales seleccionados inicialmente en la investigación, como el conjunto industrial que mayores niveles del recurso hídrico utiliza para sus procesos de producción en México. En términos generales, de los 506 registros filtrados y analizados posteriormente, se pudieron identificar



Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

195 títulos o concesiones, distribuidos en 66 titulares o razones sociales. En estricto sentido, para los ocho sectores industriales sólo fue posible tener acceso a 92 títulos, asignados a 66 titulares. Esto representa el 47.17 % de los 195 títulos identificados. El resto de los títulos, es decir, 103 (52.83 %), no fue posible analizarlos debido a que desde la fuente original de consulta, el REPDA, no se proporcionó ningún tipo de información. Podríamos decir que de esos 103 títulos a los que no fue posible acceder, en teoría deberían pertenecer a 103 titulares; sin embargo, no es posible afirmar dicho argumento, pues un titular puede tener bajo su cargo más de un título.

Tabla 3. Total de sectores industriales y variables seleccionadas (elaboración propia, 2018).

Sector indus- trial	Título (cantidad de títulos)	Titular (cantidad de titulares)	Volumen anual (Mm³)	Volumen concesionado (Mm³)	Unidades económicas	Personal ocupado total (L)	Total de remuneraciones (CL) (miles de pesos)	Producción bruta total (Q) (miles de pesos)	Materias primas e insumos que se integran fisicamente a los bienes producidos (M) (miles de pesos)	Total de gastos (miles de pesos)	Total de ingresos (miles de pesos)
Acero	12	11	13 404 172	13 919 172	11	4 129	671 561	15 338 467	8 898 078	12 397 875	16 101 320
Alimentos	5	5	5 444 646	4 990 685	5	1 550	124 296	7 121 520	2 081 767	5 197 063	7 076 666
Azúcar	3	2	2 825 640	2 825 640	2	1 278	222 108	1 606 240	994 801	1 244 607	1 640 174
Bebidas	24	15	61 371 896	54 262 953	15	17 087	2 560 127	80 779 297	15 963 023	59 946 126	83 049 489



Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Minería	31	17	310 861 670	267 412 969	17	8 438	920 460	12 009 737	1 679 534	7 189 949	11 875 440
Papel	6	5	14 925 896	9 665 736	5	5 624	735 015	12 221 957	5 283 893	9 067 653	12 434 217
Química	7	7	44 903 379	45 914 885	7	4 147	1 530 967	17 535 602	9 502 154	12 737 978	17 307 355
Textil	4	4	4 054 904	3 877 062	4	1 396	60 270	596 369	265 364	386 824	605 766
ND	103	ND	220 030 329	198 091 153	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Total	195	66	677 822 532	600 960 255	66	43 649	6 824 804	147 209 189	44 668 614	108 168 075	150 090 427

En lo que respecta a los sectores industriales, podemos identificar que el sector minería es el que tiene el mayor número de títulos y también el mayor número de titulares. Además, los volúmenes de concesión de agua para su proceso de producción son ampliamente mayores que los de los demás sectores industriales. En cuanto al personal ocupado total, el sector bebidas es el mayor empleador, inclusive duplica al segundo sector, la minería. De igual manera, en lo que respecta a las variables de producción, materias primas, gastos e ingresos, calculados en miles de pesos, el sector industrial de bebidas es el preponderante, demostrando con ello una amplia participación en el conjunto industrial analizado.

En términos de aprovechamiento o uso del recurso hídrico, se utilizaron dos variables que el LocREPDA proporciona: volumen anual y volumen concesionado, ambas calculadas en Mm³. El volumen anual, el cual integra al aprovechamiento subterráneo y superficial de los 506 registros analizados, suma un total de 677 822 532 Mm³, esto representa el 7.65 % del volumen anual total, el cual es de 8 854 619 714 Mm³. En



Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

cuanto al volumen concesionado, de los 506 registros analizados, suma un total de 600 960 255 Mm³, que representa el 11.89 % del volumen concesionado total: 5 052 847 050 Mm³.

En términos de volumen total, es decir, tanto volumen anual como volumen concesionado, los 506 registros analizados suman 1 278 782 787 Mm³, que representa el 9.19 % del volumen total de registros, que son 7 224, equivalentes a 13 907 466 764 Mm³.

Los términos "eficiencia" y "productividad" son vocablos de uso común en nuestro lenguaje habitual. Se suelen escuchar frases como "hay que aumentar la eficiencia de la empresa, los servicios, los productos, o cualquier proceso de producción"; "la industria A es mucho más eficiente que la industria B"; "la industria B es mucho más productiva que la industria A", o "hay que conseguir un nivel de producción eficiente", etcétera. Puesto que frases como esas se usan a diario, no debería ser difícil definir la palabra "eficiencia". Sin embargo, con mucha frecuencia el concepto teórico de eficiencia acaba mal interpretado, y la medida de eficiencia que, por otro lado, es una herramienta muy útil y poderosa que puede ser empleada en campos y ocupaciones muy diversas, al ser empleada de manera incorrecta acaba transformándose en un instrumento que genera indicadores totalmente artificiales.

Podríamos decir que una definición general de eficiencia es la siguiente: "La eficiencia es la relación entre un ingreso y un gasto; entre una entrada y una salida; entre un recurso y un producto".





La expresión en cualquier relación de eficiencia toma la forma de una proporción, es decir, un *input* dividido por un *output*, y se presenta en forma matemática de la siguiente forma:

$$E = I/O$$

Donde:

E = Eficiencia.

I = Input especificado.

O = Output especificado.

Existe un consenso entre los analistas en que la eficiencia y más adecuadamente el incremento de la eficiencia debe reflejar la habilidad de obtener la máxima cantidad de *outputs* para un determinado nivel de *inputs*. Además, la eficiencia refleja la habilidad para utilizar los *inputs* en una proporción óptima, considerando precios, costos y otros factores de los mismos *inputs*.

Para los fines de la presente investigación, en la Tabla 4 se presentan los ocho sectores industriales y las dos variables que fueron seleccionadas para estimar la relación de eficiencia por el uso y/o aprovechamiento de agua en la industria mexicana. Por una parte, la variable "Volumen Concesionado" representa el "input" de la relación de eficiencia, pues abarca el volumen concesionado de agua, que actúa como



insumo o materia prima para los procesos de producción y elaboración de bienes en los distintos sectores industriales. Por otro lado, la variable "Producción Bruta Total" representa el "output" de la relación de eficiencia, al abarcar la producción final de bienes y servicios, finalizando en esta fase el proceso de producción. Con el análisis anterior se pretende identificar cuánta agua o recursos hídricos se necesitan utilizar para generar los bienes y servicios que produce la industria mexicana. Dicho análisis tiene por objetivo estimar la eficiencia de cada sector industrial por la utilización de agua en sus procesos de producción y, con ello, analizar el nivel de productividad industrial del agua en México.

Tabla 4. Relación de eficiencia hídrica de la industria en México (elaboración propia, 2018).

Sector industrial	Volumen concesionado de agua (Mm³) "Input"	Producción bruta total (<i>Q</i>) (miles de Pesos) "output"	Volumen concesionado de agua/producción bruta total (m³ /\$) "Eficiencia"
Acero	13 919 172	15 338 467	907
Alimentos	4 990 685	7 121 520	701
Azúcar	2 825 640	1 606 240	1 759
Bebidas	54 262 953	80 779 297	672
Minería	267 412 969	12 009 737	22 266





Total	402 869 102	147 209 189	36 216
Textil	3 877 062	596 369	6 501
Química	45 914 885	17 535 602	2 618
Papel	9 665 736	12 221 957	791

En la Tabla 4 se presentan los resultados de eficiencia hídrica para cada uno de los ocho sectores industriales seleccionados en esta investigación. Tal como se explicó en párrafos anteriores, la eficiencia fue estimada calculando la relación *input/output*, es decir, el volumen concesionado de agua para cada sector industrial actuó como el dividendo y la producción bruta total como el divisor, generando con ello un cociente o relación de eficiencia.

Por tanto, la relación de eficiencia se interpreta de la siguiente manera: "la cantidad de agua necesaria para generar una unidad de producción en términos monetarios (un peso mexicano)".

Basados en los resultados de la Tabla 4 se puede realizar un análisis comparativo entre las relaciones de eficiencia para cada uno de los ocho sectores seleccionados, mediante el aprovechamiento hídrico, para sus procesos de producción.

Contextualizado en un marco de sustentabilidad hídrica, es evidente que el sector industrial de la minería es el que presenta la menor eficiencia, pues para generar una unidad de producción, en términos monetarios (entendiéndose ésta como cualquier bien o servicio intermedio o final del proceso de producción) se necesitan de 22 266 m³



de agua, aproximadamente. Por otra parte, el sector industrial de bebidas es el que muestra la mayor eficiencia, pues comparado con los demás sectores sólo requiere de 672 m³ de agua para generar una unidad de producción en términos monetarios (ver Figura 3 y Figura 4). Por lo tanto, el incremento de la eficiencia hídrica en cada sector estará basado en la reducción continua del uso o aprovechamiento de agua para los procesos de producción y, viceversa, la reducción de la eficiencia hídrica en cada sector estará basada en el aumento continuo del uso o aprovechamiento de agua para los procesos de producción.

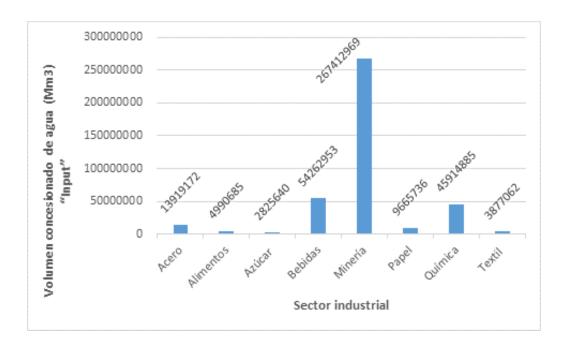


Figura 3. Volumen concesionado de agua para cada sector industrial (Mm³) (elaboración propia, 2018).



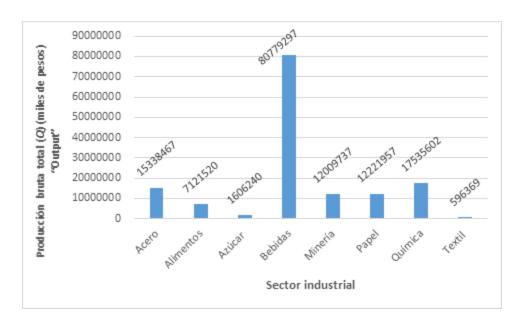
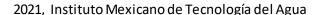


Figura 4. Producción bruta total para cada sector industrial (miles de pesos mexicanos) (elaboración propia, 2018).

En la Figura 3 y Figura 4 se presentan los volúmenes de concesión de agua y producción bruta total, respectivamente, para cada uno de los ocho sectores industriales. En dichas figuras se puede observar que los sectores industriales de bebidas y minería son preponderantes con respecto a los otros. Por una parte, el sector industrial de la minería presenta mayor volumen concesionado de agua. Por la otra, el sector industrial de bebidas es el sector que presenta los mayores niveles de producción bruta total, representados en miles de pesos mexicanos. El resto de los seis sectores industriales presentan características cuasi homogéneas.





En la Figura 5 se presentan los resultados de las relaciones de eficiencia hídrica para cada uno de los ocho sectores industriales mayormente consumidores de agua en México. Es preciso señalar que la industria minera es la que más cantidades de agua consume para sus procesos de producción y, por ende, su eficiencia hídrica es menor en términos de sustentabilidad ambiental, pues para generar una unidad de producción (en términos monetarios) se requieren de 22 266 m³ de agua. En ese mismo sentido, la industria textil requiere de 6 501 m³ de agua para generar una unidad de producción (en términos monetarios), y la industria química necesita 2 618 m³ de agua para la misma finalidad. Se podría decir que con base en los resultados obtenidos, estas tres industrias presentan los menores niveles de eficiencia hídrica en México, en comparación con los otros cinco sectores industriales.

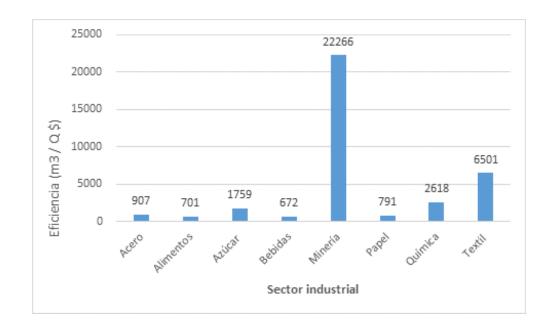




Figura 5. Relación de eficiencia hídrica para la industria mexicana $(m^3/Q=\$)$ (elaboración propia, 2018).

Es importante señalar que las operaciones y resultados obtenidos en la presente investigación son aproximaciones de cálculo y estimaciones generales, que resultaron del conjunto de datos e información a la cual fue posible tener acceso de las fuentes oficiales en México. Por fortuna, a nivel internacional, el análisis y estudio de los fenómenos hídricos y ambientales ha ido en aumento. Por desgracia, en México, el análisis de los recursos hídricos y su interacción con los fenómenos socioeconómicos sigue siendo limitado, lo que genera vacíos en las investigaciones por la falta de generación constante de información empírica y actualizada en materia hídrica.

México es uno de los principales países con el mayor número de habitantes. Según estimaciones, el país es el décimo primero en el mundo al respecto. En ese sentido, es evidente decir que el aprovechamiento de los recursos hídricos en nuestra nación seguirá teniendo un comportamiento ascendente como respuesta a las demandas y necesidades que los consumidores y productores ejercerán sobre el recurso agua en el mediano y largo plazos para la elaboración de bienes y servicios.

Para los fines de esta investigación no fue posible hacer un comparativo internacional de los niveles de aprovechamiento hídrico por parte de los sectores industriales en el orbe; sin embargo, según datos de Conagua (2018), México ocupa el quinto lugar mundial por extracción

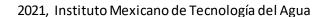


de agua en el sector industrial. Los principales consumidores del recurso agua para los procesos de producción industrial son Estados Unidos y China. En la Figura 6 se pueden observar con detalle algunas cifras de este análisis comparativo.

No.	País	Extracción total de agua (miles de millones de m³/año)	% Uso agrícola	% Uso industrial	% Uso abastecimiento público
1	India	761.00	90.4	2.2	7.4
2	China	598.10	64.4	22.3	13.3
3	Estados Unidos de América	485.60	36.1	51.2	12.8
4	Pakistán	183.50	94.0	0.8	5.3
5	Indonesia	113.30	81.9	6.5	11.6
6	Irán (República Islámica del)	93.30	92.2	1.2	6.6
7	México	87.84	76.0	9.6	14.4
8	Viet Nam	82.03	94.8	3.7	1.5
9	Filipinas	81.56	82.2	10.1	7.6
10	Japón	81.45	66.8	14.3	18.9

Figura 6. Países con mayor extracción de agua y porcentaje de uso agrícola, industrial y abastecimiento público (Conagua, 2018).

En la Figura 6 se muestran los países del mundo con mayor extracción de agua, donde México se ubica en el séptimo lugar. La clasificación de usos en esa figura considera el agrícola, industrial (incluye enfriamiento de centrales de energía), y abastecimiento público. Los valores de cada país varían y son los últimos disponibles en la fuente; para México están actualizados al 2017.

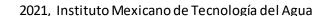




La industria es uno de los principales motores de crecimiento y desarrollo económico. A nivel mundial, alrededor del 19 % del agua extraída se emplea en la industria. De esta cantidad, más de la mitad se utiliza en las centrales termoeléctricas para procesos de enfriamiento. Entre los mayores consumidores del agua bajo este rubro se encuentran las plantas petroleras, las industrias metálicas, papeleras, madereras, el procesamiento de alimentos y las manufactureras. Se estima que la demanda global de agua para la industria manufacturera se incrementará 400 % del 2000 al 2050, centrada en economías emergentes (Conagua, 2018).

Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos se puede observar que el aprovechamiento de los recursos hídricos por parte de los ocho sectores industriales seleccionados es heterogéneo, pues por ejemplo es evidente el gigantesco volumen de agua concesionado al sector minero con respecto a los otros sectores, a tal grado que este sector es 400 % mayor que el segundo, el sector bebidas. Por otra parte, el sector industrial de



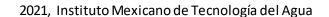


azúcar tiene el menor volumen concesionado de agua, que sólo representa el 1.05% del volumen concesionado al sector minero.

En términos de producción bruta total, medida en unidades monetarias, es decir, miles de pesos mexicanos, el sector minero, a pesar de ser el que mayor volumen de agua concesionado tiene, no es el que produce más, sino el sector bebidas. Si se comparan estos dos sectores, el sector minero sólo produce, en términos monetarios, el 14.86 % de lo que produce el sector bebidas. Por su parte, la producción bruta total (en miles de pesos mexicanos) entre el sector acero, minería, papel y química es casi homogéneo. Por otra parte, los sectores industriales de azúcar y textil sólo producen el 1.98 % y 0.73 %, respectivamente, con respecto a lo producido (en miles de pesos) al sector bebidas.

En términos de eficiencia hídrica, el sector minero es el menos eficiente, al requerir la mayor cantidad de agua, en comparación con los otros sectores, para producir una unidad (en términos monetarios). Por otra parte, el sector industrial de bebidas presenta la mayor eficiencia hídrica, ya que requiere de menor cantidad de agua, en comparación con los otros sectores, para producir una unidad (en términos monetarios). Por ejemplo, para producir una unidad de bien o producto en el sector minero se requieren más de 3 300 % de agua de la que se necesita para producir una unidad de bien o producto en el sector industrial bebidas.

Vivimos en un mundo cada vez más interconectado y con un rápido agotamiento de los recursos hídricos en muchos lugares tanto en calidad como en cantidad. El desarrollo sólo es posible si nos aseguramos de que nuestro uso directo e indirecto del agua sea sustentable. Por lo tanto, la

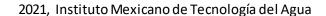




protección del medio ambiente no es una partida del gasto presupuestal sino un objetivo en sí mismo. Es alentador ver el creciente impulso hacia un cambio radical. En todo el mundo, la demanda de productos sustentables está aumentando. La gente sigue esperando que el gobierno asuma la responsabilidad por el bien común. Al mismo tiempo, las empresas también comienzan a reconocer la necesidad de invertir en negocios y cadenas de suministro sustentables. Todos compartimos la responsabilidad de contribuir a un uso inteligente de los escasos recursos de agua dulce del planeta.

Al reducirse la disponibilidad del agua ha sido necesario gestionar la oferta y demanda vía instrumentos económicos-financieros, de tipo fiscal, de mercado y de derechos de uso del agua, principalmente. Por ello, el sector hídrico requiere de un proceso de reformas que complemente el enfoque predominantemente técnico-hidráulico, para hacer más eficaz el proceso de la gestión integrada de los recursos hídricos, al incorporar planteamientos concebidos desde las perspectivas social y ambiental en el marco del desarrollo sustentable.

México es una de las regiones del mundo donde la escasez de agua es más apremiante. Es tiempo de reconocer que los problemas del agua no pueden ser resueltos mediante la gestión de los recursos hídricos solamente. Por supuesto, el precio del agua necesita ajustarse, de modo que los grandes usuarios paguen un precio real, que refleje la escasez. Desde luego, el agua necesita ser usada con más eficiencia, produciendo más cosecha por gota; pero debemos mirar más allá del sector hídrico y examinar de forma crítica a la economía y de manera más amplia.

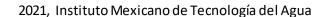




México atraviesa en la actualidad por una fase de escasez relativa de recursos hídricos, luego de haber transitado por un prolongado periodo de disponibilidad de agua y otra más de sobreexplotación que aún se traslapa hoy con la escasez; todo ello acentuado por una progresiva contaminación de los cuerpos de agua, superficiales y subterráneos, que ha derivado en un rezago y, en algunos casos, declive de la disponibilidad natural del agua. El grado de escasez varía entre regiones, dependiendo de su configuración hídrica, desarrollo económico y proceso de urbanización.

Entre los resultados obtenidos se identifica claramente que la mayor concentración de industrias se ubica en las regiones del centro y norte del país, a pesar de que la disponibilidad del agua ahí es menor y, por tanto, su grado de presión y estrés hídrico es más alto. Por otra parte, en la región sur del país, la concentración de industrias es significativamente menor, a pesar de que existe mayor disponibilidad del recurso hídrico, así como menor estrés y presión.

Conviene subrayar que las problemáticas del agua en México no son más que el resultado de un desequilibrio entre las necesidades hídricas derivadas del propio crecimiento económico y demográfico, y las capacidades decrecientes de aumento de la oferta, determinadas por la naturaleza, política pública y privada de aprovechamiento y sobreexplotación, y de las condiciones ineficientes de la distribución, sobre todo por las fugas y falta de mantenimiento de los sistemas proveedores.



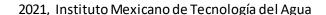


Se concluye que el aprovechamiento eficiente del agua en el sector industrial ha sido limitado debido a que la política hídrica se enfoca principalmente en aspectos de infraestructura y no integra planteamientos concebidos desde las perspectivas social y ambiental en el marco del desarrollo sustentable; además de que la existencia de subsidios e irregularidades en las concesiones no permiten cuantificar la dimensión real de los costos financieros y ambientales; por tanto, bajo las condiciones actuales, no se generan los incentivos adecuados para gestionar y aprovechar de manera óptima los recursos hídricos.

Garantizar la seguridad hídrica de México y lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible al 2030 y más allá requiere un cambio de paradigma en la gestión del agua, y una mejor comprensión de la problemática hídrica que pueda llevar a un uso más sustentable, eficiente, justo y equitativo del agua.

Referencias

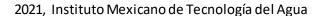
CEPAL, Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2015). La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Paradojas y desafíos del desarrollo sostenible. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Euroclima, Comisión Europea, Cooperación Alemana, Cooperación Española, Cooperación Regional Francesa.





- Conagua, Comisión Nacional del Agua. (2018). Estadísticas del agua en México. Ciudad de México, México: Comisión Nacional del Agua, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Dupont, D., & Renzetti, S. (2001). The role of water in manufacturing. *Environmental and Resource Economics*, 18(4). Recuperado de https://doi.org/10.1023/A:1011117319932
- FCEA, Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C. (2017).

 Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C. Fundación
 Gonzalo Río Arronte, I. A. P. Recuperado de agua.org.mx
- Galindo, L. M., Samaniego, J. L., Alatorre, J. E., & Carbonell, J. F. (2014). Reflexiones metodológicas del análisis del cambio climático. Una visión desde América Latina. *Estudios del cambio climático en América Latina*. Santiago de Chile, Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Euroclima. Comisión Europea.
- García, D., & Guerrero, H. (2017). La huella hídrica como instrumento de gestión para el uso eficiente de los recursos hídricos: el caso del sector industrial mexicano. 5th Young Water Professionals Conference. The International Water Association, Morelia, México
- García, D., & Guerrero, H. (septiembre-octubre, 2018a). El consumo de agua embotellada en México. *Revista Saber Más*, 7(41). Recuperado de https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/352-numero-41/645-el-consumo-de-agua-embotellada-en-mexico.html
- García, D., & Guerrero, H. (julio-agosto, 2018b). Conociendo la Huella Hídrica. *Revista Saber Más*, 7(40). Recuperado de

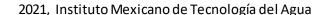




https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/343-numero-40/627-conociendo-la-huella-hidrica.html

- Guerrero, H., & Alban, T. (2004). Water pricing reforms in Mexico: The case of the manufacturing sector. Econometrics informing Natural Resources Management: Selected Empirical Analyses. Phoebe Koundouri (ed.). Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing.
- Guerrero, H. (2005). *Industrial Water Demand in Mexico: Econometric Analysis and Implications for Water Management Policy* (tesis de doctorado). Universite de Toulouse 1 Sciences Sociales, Toulouse. France.
- Guerrero, H. (2007). El uso de instrumentos económicos para una gestión de los recursos hídricos, enfoque global de la gestión integrada. Economía del Agua. Toledo, España: La Junta de Castilla-La Mancha.
- Guerrero, H., Yúnez-Naude, A., & Medellín, J. (2008). *El agua en México. Consecuencias de las políticas de intervención en el sector*. México, DF,

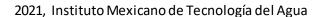
 México: Fondo de Cultura Económica.
- Guerrero, H., Gómez, F., & Rodríguez, J. R. (2013). *Metodología para la construcción de un Sistema de Indicadores de Sustentabilidad para el estado de Michoacán en su componente AGUA. Proyecto Interno.*Michoacán, México: Coordinación de la Investigación Científica (CIC), Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Guerrero, H., Gómez, F. & Rodríguez, J. R. (2015). Water Pricing in Mexico: Pricing structures and implications. In: Dinar, A., Pochat, V., & Murillo, J. A. (eds.). *Water Pricing Experiences and Innovations*.





Series Title: Global Issues in Water Policy. Cham, Switzerland: Springer Publishing.

- Guerrero, H. (2015). Determinación de la elasticidad precio de la demanda del agua para la industria en México como instrumento de política pública en el uso eficiente del recurso hídrico 2014-2015. Proyecto Interno. Michoacán, México: Coordinación de la Investigación Científica (CIC), Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH).
- Guerrero, H., García, D., & Herrera, H. (2019a). Chapter 7: Water price policy and its institutional role as an economic instrument for water management. In: Guerrero-García-Rojas, H. R. (ed.). *Water policy in Mexico: Economic, institutional and environmental considerations* (pp. 137-152). Cham, Switzerland: Springer International Publishing..
- Guerrero, H., Gómez, F., & Maldonado, E. (2019b). Chapter 5: Industrial water use in Mexico: Analysis of efficiencies using water price elasticity. In: Guerrero-García-Rojas, H. R. (ed.). Water policy in Mexico: Economic, institutional and environmental considerations (pp. 89-113). Cham, Switzerland: Springer International Publishing..
- IMTA, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (2017). *Huella hídrica* en México: análisis y perspectivas. Jiutepec, México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.





- OCDE, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2015). *Principios de gobernanza del agua de la OCDE*. París, Francia: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos..
- Renzetti, S. (1988). An econometric study of industrial water demands in British Columbia, Canada. *Water Resources Research*, 24(10). Recuperado de https://doi.org/10.1029/WR024i010p01569
- Seguí, L. A., García, D., & Guerrero, H. (septiembre-diciembre, 2016). Huella hídrica: análisis como instrumento estratégico de gestión para el aprovechamiento eficiente de los recursos hídricos. *Revista Científica Ciencia Nicolaita*, (69). Recuperado de https://www.cic.cn.umich.mx/index.php/cn/article/view/342/187
- Tunza. (2010). Agua: ¿Pero a qué precio? *Tunza, la revista del PNUMA* para los jóvenes, por los jóvenes, sobre los jóvenes, 3, 1-24.
- UN-Water. (2014). Un objetivo global para el agua post 2015. Asegurando agua sustentable para todos. Síntesis de las principales conclusiones y recomendaciones de ONU-Agua. New York, USA: UN-Water.
- UN-Water. (2017). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. New York, USA: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).