



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ECONOMÍA**

---

**La huella hídrica de la economía mexicana en  
2008: un análisis de los patrones de  
consumo**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**LICENCIADA EN ECONOMÍA**

P R E S E N T A:

**Jenny Jocabeth Ibañez Cruz**

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Carlos Andrés López Morales



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., septiembre de 2018



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Agradecimientos

Este trabajo va dedicado a Aquél que me da fuerzas para continuar, que me ha dado mucho más de lo que merezco, que es mi amparo y fortaleza. Ni todas las palabras del mundo son suficientes para agradecer a mi Dios por todas sus maravillas. A Él la gloria, sólo a Él el honor.

Mi agradecimiento especial al Dr. Carlos López Morales, director de esta tesis, por estar siempre pendiente en el avance de esta investigación. Gracias por su paciencia y dedicación, por su apoyo y sus consejos, por ayudarme a ver que aún falta mucho por descubrir en esta ciencia. Gracias por creer en mí.

A los sinodales que revisaron esta tesis. Gracias al Dr. Isaac Minian por invitarme a participar en su proyecto de investigación y a colaborar en las clases de la Facultad, y además, por su continuo apoyo moral; mi admiración total a su persona. Al Mtro. Ángel Martínez, que además de ser mi compañero de trabajo por varios años y que aprendí mucho de él, siempre consideraré como uno de mis mejores amigos. Gracias al Dr. Pablo Ruiz y al Dr. Armando Sánchez, porque sus comentarios enriquecieron este trabajo.

Al Dr. Hugo Contreras y a los miembros del Seminario de Credibilidad Macroeconómica por ser parte importante en mi formación profesional y dirigirme por la línea correcta. Gracias al Dr. Gerardo Esquivel por invitarme a trabajar con él en las clases de la Facultad, dándome experiencia en la docencia y permitiéndome aprender a comprender mejor la economía mexicana.

Gracias a mi familia, parte sustancial de mi vida. Gracias a mis padres, Irma y Armando, por su gran amor y comprensión, por instruirme y encaminarme; prometo no apartarme del camino. A Cynthia, Irais, Yamili y Armando, por ser mi orgullo y modelos a seguir; a Moises y a Nissi, por ser mis confidentes y compañeros de vida. Gracias por tanto. Aquí estamos.

A mis grandes amigas, Andrea y Flor, que todo este tiempo han estado conmigo, en los buenos y en los malos momentos, y que sé que siempre puedo contar con ellas. A mis amigos de la Facultad Lizeth, Edith, Jessica, Bárbara, Emilio, Nidia, Celtzin, Irving y Amhed, pues sus consejos y risas permanecerán en mi corazón. A Yutzil y a Adolfo, por ser mis amigos y hermanos en la fe. A Sergio, por su constante apoyo y paciencia durante mi formación profesional.

Aunque relativamente ha sido poco el tiempo de conocerlos, quiero agradecer a mis compañeros del CIDE, Alfonso, Javier, Efrén, José, Luis, Pedro y Rut, porque además de haber formado un muy buen equipo de estudio, sus consejos y apoyo me han motivado a continuar. Gracias también a Raúl, que siempre tiene una palabra de aliento en el momento difícil.

Quiero agradecer a la Fundación Aquí Nadie se Rinde IAP, ya que en estos años de voluntariado y servicio social pude entender que lo último que debo hacer es rendirme.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por la formación científica, social y crítica que me ha dado desde el 2007. Es un orgullo ser parte de esta máxima casa de estudios.

*Agradezco a CONACYT por el apoyo brindado para realización de esta tesis por medio del PAPIIT IN300117 “Manufactura flexible: implicaciones sobre la industrialización en México y países emergentes”.*

## ÍNDICE

Índice de cuadros.....	4
Índice de figuras .....	4
Índice del Anexo .....	4
Introducción .....	5
I. Marco conceptual.....	7
A. La huella hídrica.....	8
B. El agua virtual .....	9
C. Una revisión de la literatura .....	10
II. La situación del agua en México.....	17
A. Disponibilidad y escasez .....	18
B. Usos del agua en México .....	19
C. Cálculos de huella hídrica o de agua virtual para México.....	21
D. La responsabilidad en el manejo sustentable del agua .....	24
III. Marco analítico.....	26
A. Economía de insumo-producto.....	26
B. Economía de insumo-producto ambiental y aplicaciones para el análisis del agua .....	29
C. Incorporando los patrones de consumo .....	33
D. Un ejemplo numérico .....	34
IV. La huella hídrica del patrón de consumo en México.....	37
A. Descripción de la base de datos.....	37
B. Indicadores sectoriales de uso directo e indirecto .....	38
C. Transacciones intersectoriales de agua virtual .....	42
D. Patrones alternativos de consumo en México .....	47
Conclusiones .....	55
Anexo .....	59
Referencias.....	66

## Índice de cuadros

Cuadro 1. Huella hídrica de países seleccionados.....	13
Cuadro 2. México: volumen de agua concesionado, agua renovable e índice de escasez hídrico por región y fuente de extracción, 2017 .....	19
Cuadro 3. Usos consuntivos según origen de extracción en 2017 .....	20
Cuadro 4. México: volumen de agua concesionado por región, fuente y tipo de uso consuntivo, 2017.....	21
Cuadro 5. Balanza comercial de agua virtual en México, 2000-2017.....	22
Cuadro 6. Matriz hipotética de Insumo Producto.....	34
Cuadro 7. Matriz W hipotética.....	36
Cuadro 8. Indicadores de uso directo e indirecto de agua en México, por sector económico.....	40
Cuadro 9. Flujo de agua virtual en México entre 19 sectores, 2008 .....	44
Cuadro 10. Huella hídrica nacional para satisfacer un millón de pesos de demanda final sectorial, 2008.....	48
Cuadro 11. La huella hídrica del patrón de consumo en México para 19 sectores, 2008 .....	50
Cuadro 12. Comparación de resultados ante el cambio de patrón de consumo .....	53

## Índice de figuras

Figura 1. Relación entre los conceptos de huella hídrica y agua virtual .....	10
Figura 2. Huella hídrica en el mundo .....	12
Figura 3. Publicaciones de la Water Footprint Network (2005-2017) .....	15
Figura 4. Publicaciones sobre huella hídrica (2006-2015).....	16
Figura 5. Publicaciones sobre insumo-producto y agua (2001-2011).....	17
Figura 6. Importación neta de agua virtual de México por producto, 2000-2017.....	23
Figura 7. Flujo de agua virtual en México entre 79 subsectores, 2008 .....	46
Figura 8. La huella hídrica del patrón de consumo en México para 79 sectores, 2008.....	52

## Índice del Anexo

Tabla 1. Equivalencias para las clasificaciones del SCIAN y del REPDA .....	59
Tabla 2. Indicadores de uso directo e indirecto de agua en México, por subsector económico .....	60
Tabla 3. Huella hídrica por unidad producida para la economía mexicana por subsector, 2008 .....	62
Tabla 4. Comparación de resultados ante el cambio de patrón de consumo, 79 subsectores.....	64

## Introducción

Hay varios factores que han ejercido una presión cada vez mayor sobre el agua, como lo es el aumento de la demanda por agua gracias al desarrollo económico global, la contaminación de las fuentes de agua y el cambio climático. Es clara la escasez de agua en varias regiones del mundo, siendo un grave problema que afecta el bienestar humano. Por ello, se ha visto en la necesidad de buscar nuevas fuentes de abastecimiento o nuevas tecnologías que ayuden a una mejor distribución del agua, sin lograr resolver el problema desde la raíz. Por el lado de la demanda, se ha promovido entre la población ahorrar y usar eficientemente el agua que usamos domésticamente, sin embargo, el agua que usamos directamente sólo es una pequeña fracción del consumo total diario.

México no es la excepción en cuanto al tema de disponibilidad y escasez de agua dulce; el crecimiento demográfico, la alta demanda de agua y su manejo poco eficiente ha provocado que México sea un país con baja disponibilidad de agua (IMTA, 2017). En el norte y centro del país hay una sobre explotación del agua subterránea por encima de los volúmenes de recarga y una fuerte competencia por el agua superficial, mientras que en el sur es todo lo contrario. Es decir, hay una mala distribución en cuanto al uso y disponibilidad del recurso hídrico a lo largo de la República Mexicana.

El agua, además de ser utilizada para el consumo humano, es utilizada un factor de la producción. Un ejemplo se ve en las actividades agropecuarias, que en México son las que mayor cantidad de agua consumen, y no sólo eso, sino que son las actividades que más desperdician el agua, pues el 57% de agua se pierde por evaporación e infraestructura de riego ineficiente (FCEA, 2017). Para relacionar la demanda económica para producir bienes y servicios de consumo cotidiano con los volúmenes disponibles de agua y tecnologías de producción, existen dos conceptos que ayudan a realizar este análisis: el agua virtual y la huella hídrica.

El agua virtual se calcula como la cantidad total de agua requerida para obtener un producto, mientras que la huella hídrica es un indicador del total de agua utilizada para

producir los bienes y servicios que consume un individuo, comunidad o empresa . Estos conceptos están estrechamente relacionados, pues ambos incluyen la cantidad de agua que físicamente no se ve en los productos, pero que está presente durante la cadena de producción. Sin embargo, el concepto de huella hídrica incluye un panorama más amplio, pues incluye el consumo de las familias, analizando el origen, tipo y momento de extracción del agua. Así, el término de huella hídrica es importante para analizar la escasez y la contaminación del agua desde una perspectiva integral de las cadenas de producción y suministro, incluyendo el concepto de agua virtual, y así tener una mejor comprensión de la gestión de los recursos hídricos.

Varios autores han calculado empíricamente los flujos de agua virtual entre países, catalogándolos como “exportadores e importadores netos de agua virtual”. Sin embargo, como lo menciona Dennis Wichelns (2010), las aplicaciones que se hacen del agua virtual deben hacerse utilizando el concepto económico de ventajas comparativas para explicar la maximización en los beneficios del comercio internacional. A partir del 2002, se ha visto una explosión de la literatura sobre cálculos de agua virtual y análisis de huellas hídricas para diferentes regiones, empresas y productos, incluso desde diferentes disciplinas.

La comprensión de los conceptos de agua virtual y huella hídrica desde la economía requiere modelos y bases de datos que representen la dependencia económica al agua. La metodología de insumo-producto, en la que se observan las relaciones intersectoriales de una economía en un punto en el tiempo, se ha utilizado para calcular impactos ambientales ante cambios en la demanda y en la tecnología, como es en la Ecología Industrial y en el Análisis de Ciclo de Vida. Así, la metodología de insumo-producto también se ha utilizado para calcular la huella hídrica y el agua virtual, pues permite observar el uso directo e indirecto del agua en los productos a través de todo el sistema económico (Duarte y Yang, 2011).

Es por ello que se hace necesario implementar el concepto de huella hídrica para analizar la cadena de suministro y el consumo de agua en México, utilizando la metodología de insumo-producto. En esta tesis se implementa la modelación de insumo-producto para estudiar la manera en la que el sistema económico utiliza el agua disponible en México,

modificando el modelo básico para calcular una matriz de insumo-producto ambiental. En particular, se calculan algunos indicadores sectoriales de uso directo e indirecto de agua en la economía mexicana para analizar el consumo de agua en las actividades económicas.

Los indicadores de uso directo e indirecto del agua por sector se utilizan, empleando la metodología de insumo-producto, para calcular las transacciones de agua virtual, y además, extender el análisis para hacer un cálculo de la huella hídrica de producción interna asociada al patrón de consumo en México, estudiando diferentes escenarios. Dado este análisis, la hipótesis de esta investigación es que, dados los patrones de consumo en México, la mayor porción de la huella hídrica de los bienes de consumo reside en las cadenas de suministro de los insumos y no en el mismo sector.

Siguiendo esta línea de investigación, el presente trabajo se divide en cuatro capítulos. El primer capítulo muestra los conceptos básicos de agua virtual y huella hídrica, relacionándolos entre sí, además de dar un recorrido en la literatura existente sobre estos dos conceptos y su importancia en los temas ambientales. En el segundo capítulo se utilizan los datos de Conagua para entender la problemática del agua en México y dar una crítica sobre la responsabilidad en el manejo sustentable del agua.

El tercer capítulo explica el modelo básico de insumo-producto y su generalización a un modelo ambiental. Este capítulo también incluye la extensión y modificación a ecuaciones para poder calcular la huella hídrica de la producción interna para el consumo nacional. En el último capítulo se presentan los cálculos obtenidos dada la metodología explicada en el Capítulo 3, utilizando los datos disponibles de Conagua e INEGI, haciendo un análisis de la matriz de insumo-producto desagregada a 19 y 79 sectores. Finalmente, se incluyen algunos comentarios a modo de conclusiones.

## **I. Marco conceptual**

Este capítulo se divide en tres partes, con el fin de revisar los trabajos anteriores sobre huella hídrica y agua virtual. El apartado A explicará el concepto de “huella hídrica” y sus componentes. El apartado B está destinado a mostrar la definición de “agua virtual”, sus

componentes, así como la relación que tiene con la huella hídrica. En el apartado C se revisará de manera cronológica los estudios que se han hecho de agua virtual desde su primera mención, así como las discusiones que se han tenido con respecto al concepto de agua virtual; también se hará una revisión de las investigaciones sobre huella hídrica, haciendo mención del primer trabajo sobre huella hídrica y su impacto en la literatura sobre agua; finalmente, se hará una exploración de los trabajos que se han realizado con la metodología de insumo producto dirigida a la investigación del agua.

## **A. La huella hídrica**

Cuando nos referimos al consumo de agua, normalmente se piensa en el agua que vemos físicamente, es decir, el agua líquida que se toma, o al agua utilizada en diversas actividades en las que se implica ver de manera explícita el líquido vital. Sin embargo, dicho uso sólo constituye un uso directo, que en realidad es una parte mínima del consumo total del agua (AgroDer, 2012). Los bienes y servicios que consumimos han tenido un proceso de producción, en el cual se involucran varios sectores que se interrelacionan para tener un producto final. En este proceso, cada sector utiliza cierta cantidad de agua en sus actividades, que, en suma, constituye el uso indirecto de agua.

Al contabilizar el agua total que utilizamos en nuestra vida diaria, se hizo necesario construir un indicador que reflejara no sólo el agua consumida directamente, sino también la que se consumió indirectamente. Es así que se creó el concepto de huella hídrica, que se refiere al volumen de agua utilizado internamente a una economía para producir los bienes y servicios consumidos por sus habitantes, o huella hídrica interna, mientras que la externa es el volumen de agua utilizada en otros países para producir bienes y servicios importados y consumidos por los habitantes del país en cuestión (Chapagain y Hoekstra, 2004).

Para contabilizar la huella hídrica se debe considerar el tipo de fuente de donde proviene el agua y se puede basar en una clasificación de tres tipos: el agua contenida en los cuerpos de agua superficiales y subterráneos en una cuenca (también llamada en los entornos de divulgación “agua azul”), el agua almacenada en el suelo como humedad, proveniente de la lluvia, utilizada por el sector agropecuario (también llamada “agua verde”) y, por último, el

volumen de agua necesario para asimilar la carga de contaminantes dadas las concentraciones naturales conocidas de éstos y los estándares locales de calidad de agua vigentes (también llamada “agua gris”) (AgroDer, 2012).

El cálculo de la huella hídrica de una nación puede ser de gran relevancia para tener una política nacional de desarrollo bien informada. No sólo se debe tomar en cuenta las estadísticas sobre las extracciones de agua dentro del territorio, sino también incluir datos sobre el uso de agua verde y la asimilación del uso de agua utilizada en otros países para los productos de importación, pues ayuda a tener una mejor comprensión de la gestión de los recursos hídricos (Mekonnen y Hoekstra, 2011).

## **B. El agua virtual**

Por el lado de la producción, tenemos el término de agua virtual, refiriéndose a la cantidad de agua total utilizada a lo largo de la cadena de procesos para elaborar un producto final (AgroDer, 2012), en otras palabras, es el agua que se necesita para procesar, fabricar, transportar y comercializar un bien o un servicio. Es decir, no sólo es el agua que vemos, sino el agua contenida implícitamente incorporada durante el proceso de bienes y servicios.

Desde su primera mención en los años noventa, el concepto de agua virtual ha llamado la atención hacia la manera en la que se produce, usando de manera eficiente las cantidades de agua en cada producto, debido al crecimiento y desarrollo tecnológico. También enfocó las miradas hacia una medida más exacta del flujo de agua entre países (Parada-Puig, 2012).

La diferencia entre el concepto de agua virtual y el de huella hídrica es que el primero sólo toma en cuenta el volumen de agua contenida en un bien o servicio, mientras que el segundo describe un panorama más amplio para el análisis hídrico de una nación, pues incluye el consumo de los hogares tomando en cuenta el lugar de origen, tipo y momento de extracción del agua. Dicho brevemente, la huella hídrica incluye el agua virtual. Como se muestra en la Figura 1, la huella hídrica del consumo está conformada por la huella hídrica interna del consumo y la huella hídrica externa del consumo. A su vez, la huella hídrica interna del consumo, más la exportación de agua virtual relacionada a los productos

elaborados domésticamente, conforman la huella hídrica de la producción; por su parte, la huella hídrica externa del consumo, junto con la re-exportación de agua virtual, constituyen al total de importaciones de agua virtual. De esta forma, la huella hídrica de la producción más las importaciones de agua virtual forman la huella hídrica total, que a su vez, también se puede calcular como la suma de la huella hídrica del consumo y el total de exportaciones de agua virtual.

**Figura 1. Relación entre los conceptos de huella hídrica y agua virtual**



Fuente: elaboración propia con base en Hoekstra (2017)

### C. Una revisión de la literatura

John Anthony Allan, profesor emérito del Departamento de Geografía de la Universidad de Londres y galardonado en 2008 con el *Stockholm Water Prize*, introdujo el concepto de agua virtual por primera vez en 1993 durante un seminario en aquella universidad. Antes de ese año, Allan utilizaba el término “agua contenida”, pero no tuvo tanto impacto como la metáfora del agua virtual (Allan, 2003). En sus primeras definiciones, el agua virtual medía el volumen utilizado para producir los cultivos comercializados internacionalmente (Allan,

1998). Este concepto ha sido utilizado para fundamentar una estrategia que brinde seguridad alimentaria a regiones con escasez de agua,<sup>1</sup> como el Medio Oriente o el norte de África, aunque el sentido económico de dicha estrategia puede estar a debate.

Varios autores (como Chapagain, Hoekstra, Zimmer o Renault, entre otros) han hecho cálculos sobre la cantidad de agua contenida en los productos agrícolas y ganaderos, exhibiendo el uso de agua en las diferentes etapas de producción y procesamiento. Sin embargo, para diseñar política hídrica es necesario incluir información sobre la escasez de agua y los costos de oportunidad de su uso en un país o región determinados. Lant (2003), por ejemplo, explica que el agua virtual es una aplicación de los principios básicos de la geografía económica y de la teoría de la ventaja comparativa, por lo que recomienda que las actividades económicas que sean intensivas en el uso de cierto insumo debieran establecerse cerca de la fuente de tales insumos. Wichelns (2003), en contraparte, dice que es importante entender la metáfora del agua virtual en términos de las ventajas comparativas pues, dependiendo de las dotaciones de recursos y de las tecnologías, un país escaso en agua puede tener los menores costos relativos en la producción de los bienes intensivos en agua. Así, aquellas actividades intensivas en el uso de agua pueden ubicarse en regiones que no cuentan con la dotación de agua.

El concepto de huella hídrica fue creado por el Dr. Arjen Hoekstra en el 2002, cuando buscaba un término adecuado para el uso del agua de los consumidores en una nación. La huella hídrica se desarrolló de manera análoga al concepto de huella ecológica, mencionado por primera vez por Mathis Wackernagel y William Rees en 1990. El creciente interés por este concepto tiene sus raíces en el reconocimiento de que los impactos humanos en los sistemas de agua dulce pueden estar relacionados al consumo humano, y que temas como la escasez y la contaminación del agua pueden ser mejor comprendidos y abordados al considerar las cadenas de producción y de suministro como un todo (Hoekstra, 2013).

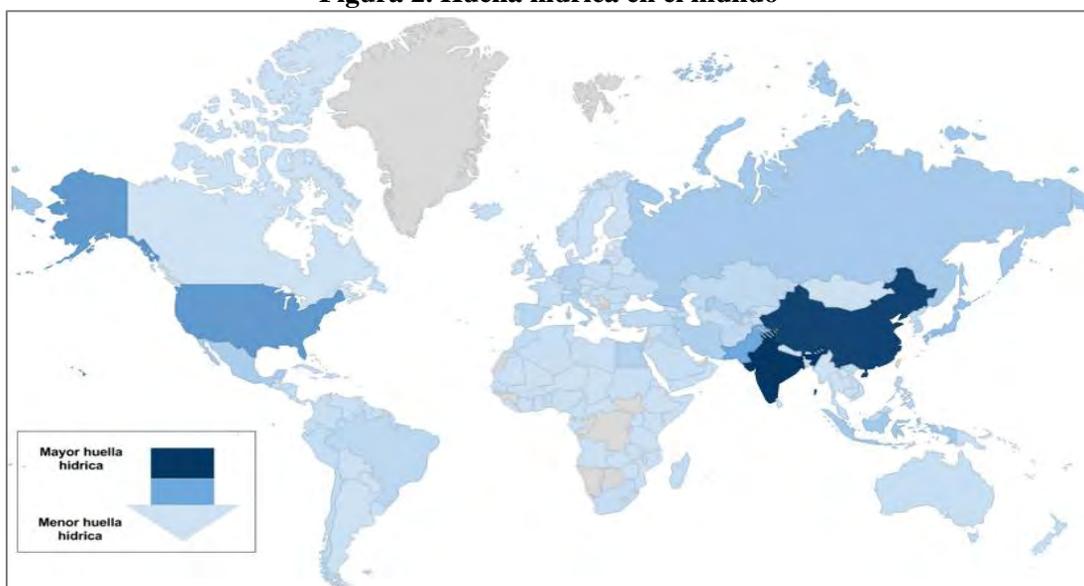
El estudio de Hoekstra y Hung (2002), es el primero que estima la huella hídrica de los países asociada al comercio de bienes agrícolas. Allí mencionan que el uso total de agua

---

<sup>1</sup> La seguridad alimentaria es la condición en la que todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos nutritivos a fin de satisfacer sus necesidades y preferencias para llevar una vida activa y sana (Shaw y Clay, 1998).

dentro de un país no es la medida correcta de la apropiación real de los recursos mundiales de agua de una nación. En cambio, la suma de uso doméstico del agua y la importación neta de agua virtual puede ser vista como la "huella hídrica" de un país, en analogía a su "huella ecológica". La Figura 2 ilustra los datos obtenidos por Hoekstra y Hung (2002) en este primer trabajo, en el que los tonos más oscuros reflejan huellas hídricas muy grandes, y los tonos más claros son las huellas hídricas menores, que incluso, tienen signo negativo, pues ellos calcularon la huella hídrica como la suma del uso total doméstico de agua y las importaciones netas de agua virtual (que tienen signo negativo si las importaciones son mayores que las exportaciones).

**Figura 2. Huella hídrica en el mundo**



Fuente: elaboración propia con datos de Hoekstra y Hung (2002).

El Cuadro 1 muestra la huella hídrica, medida en millones de metros cúbicos de agua, de diez países seleccionados, según los datos de Hoekstra y Hung (2002). Desde la Figura 2, India resalta por tener una huella hídrica muy grande, con casi 583 mil millones de metros cúbicos, debido a que su extracción de agua es muy alta. China no se queda atrás, pues su huella hídrica es de poco más de 546 mil millones de metros cúbicos. Estados Unidos, a pesar de ser exportador neto de agua virtual, la extracción de agua que tiene es muy alta, lo que se ve reflejado en su huella hídrica, de 324 mil millones de metros cúbicos. Casos contrarios son Argentina y Canadá, que por ser grandes exportadores netos de agua virtual, su huella hídrica es negativa (-930 y -8,084 millones de metros cúbicos respectivamente).

Cabe destacar el caso de México, que aunque su huella hídrica no es tan grande como la de India y China, su alta extracción de agua y por ser un gran importador neto de agua virtual, su huella hídrica es de 96 mil millones de metros cúbicos.

**Cuadro 1. Huella hídrica de países seleccionados**

País	Extracción de agua (millones de m <sup>3</sup> )	Importaciones netas de agua virtual (millones de m <sup>3</sup> )	Huella hídrica (millones de m <sup>3</sup> )
India	607,227	-24,610	582,617
China	504,315	42,189	546,504
Estados Unidos	492,259	-168,000	324,259
Rusia	116,422	-4,000	112,422
México	84,209	12,432	96,641
Brasil	46,856	-1,933	44,923
Chile	23,203	1,509	24,712
Reino Unido	11,929	6,390	18,319
Argentina	35,812	-36,742	-930
Canadá	47,246	-55,330	-8,084

Fuente: elaboración propia con datos de Hoekstra y Hung (2002)

A partir de su creación, diversos autores han hecho cálculos de la huella hídrica en diferentes regiones, por ejemplo, Xin-hua, Zhong-min y Ai-hua (2005) hicieron una estimación de la huella hídrica de China para el año 2000, mencionando que existen dos formas de calcularla: la primera es tomar el uso de los recursos hídricos nacionales, restar el agua virtual que fluye fuera del país o región y sumar el agua virtual que fluye dentro del mismo; la segunda forma es multiplicar la cantidad de producción de bienes y servicios consumidos por los habitantes del país o región por el agua virtual de los productos correspondientes expresándose en términos de metros cúbicos de agua por tonelada, y sumando la cantidad de agua consumida de forma doméstica. Con ello, muestran que la huella hídrica del noroeste es más grande que la del sur y la del este de China.

La explosión de la literatura de huella hídrica hizo necesario crear un estándar para hacer los cálculos. El primer estándar de huella hídrica fue elaborado por la organización *Water Footprint Network* (que difiere de la estandarización que publicó en 2014 la ISO<sup>2</sup>), fundada

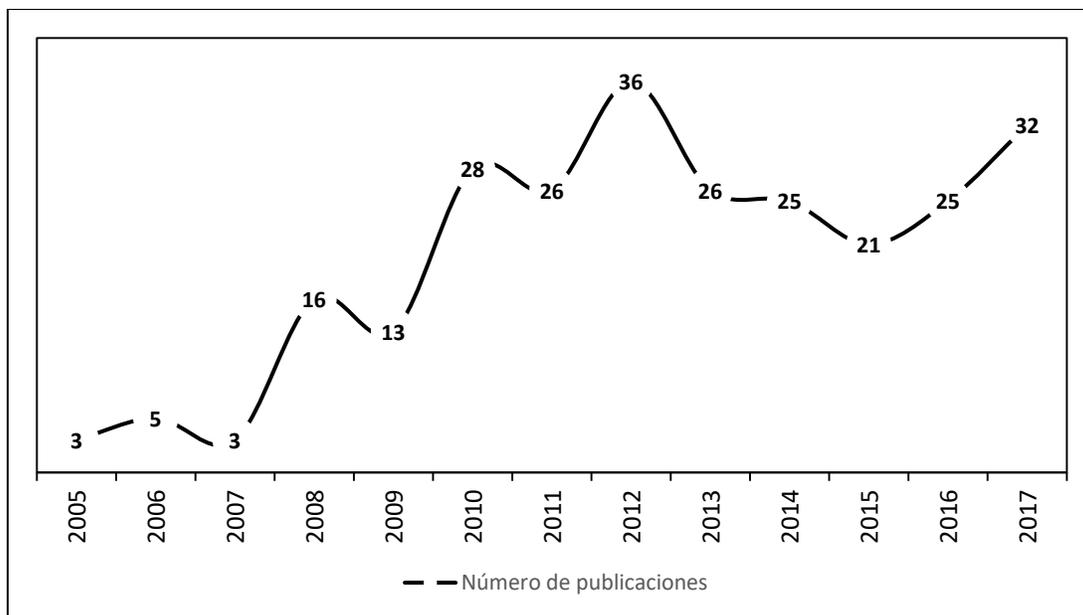
<sup>2</sup> La diferencia principal es la metodología de la ISO, pues éste se enfoca en la evaluación del ciclo de vida de los productos y su impacto ambiental, mientras que la *Water Footprint Network* utiliza un estándar más amplio, ya que permite estudiar a la huella hídrica con diferentes enfoques, desde diferentes perspectivas (Hoekstra, 2017).

en 2008 por Hoekstra junto con líderes mundiales del sector empresarial, sociedad civil, organizaciones multilaterales y la academia, que ha realizado numerosos trabajos utilizando el concepto de huella hídrica, categorizados en los siguientes cuatro incisos:

- a) Manuales de evaluación: su objetivo es mostrar el estándar global para la evaluación de la huella hídrica, con definiciones y métodos de contabilidad de la huella hídrica (Hoekstra, et. al, 2011 versión en inglés, 2012 versiones para China y Brasil).
- b) La huella hídrica de la sociedad moderna de consumo: un libro que en su versión en inglés (*The water footprint of modern consumer society*) expone cómo se puede utilizar el concepto de huella hídrica para cuantificar el agua por medio del consumo, para así reducir su uso de forma sustentable, ejemplificando con estudios de caso (Hoekstra, 2013).
- c) Aplicaciones del cálculo de huella hídrica: se tratan de artículos, informes y conferencias que utilizan el método de la evaluación de huella hídrica en diferentes empresas, entre ellas se encuentran Nestlé (Chapagain y Orr, 2010), Coca-Cola (TCCC y TNC, 2010), C&A (Franke y Mathews, 2013), entre otros.
- d) Estudios regionales: muestran cálculos de la huella hídrica para diferentes regiones del mundo, como Italia (WWF, 2014), India (Hoekstra, 2013), Alemania (Flachmann, et. al, 2012), e incluso México (AgroDer, 2012).

A partir del material disponible en *Water Footprint Network* podemos darnos una idea del número de publicaciones que se hacen año con año con el tema de huella hídrica, como se muestra en la Figura 2, en el que se incluyen los manuales de evaluación, libros, artículos en revistas, aplicaciones, reportes de investigación en conjunto con UNESCO, entre otros; en total hay 259 publicaciones desde 2005 hasta 2017. Esto muestra que cada vez hay un mayor interés en entender la forma de consumir y producir, para así tener un uso más eficiente del agua, viéndose en la necesidad de repensar los intereses comerciales y enfocándose más a una perspectiva sustentable.

**Figura 3. Publicaciones de la Water Footprint Network (2005-2017)**

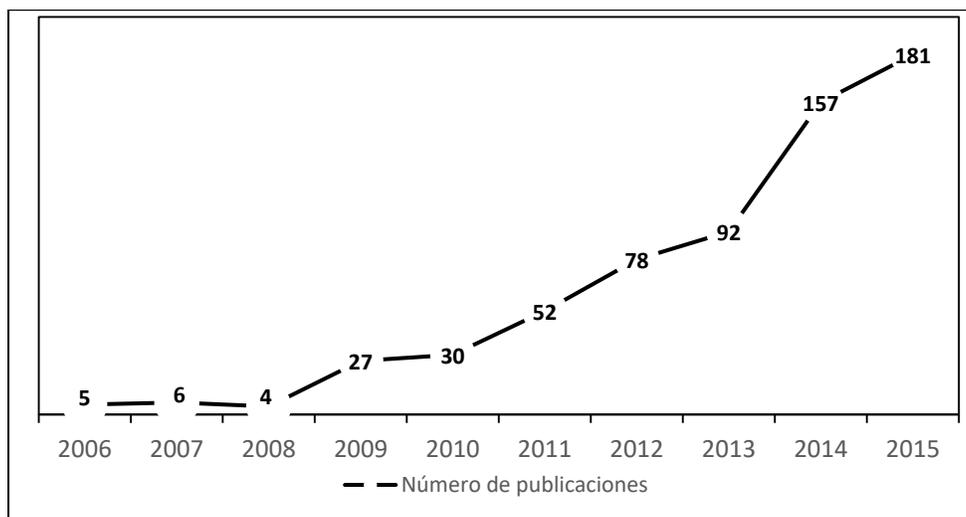


Fuente: elaboración propia con datos de Water Footprint Network (2017).

Además, el concepto de huella hídrica se ha utilizado por varias disciplinas, y se ha estudiado desde diferentes perspectivas. Por ejemplo, el artículo de Yang, Xu, et. Al (2011) sobre un análisis de ciclo de vida de la producción de biodiésel a partir de microalgas, en el que se destaca la necesidad de reciclar el agua residual y el agua marina. El artículo de Harding, Courtney y Russo (2017) resalta la importancia geográfica de los estudios de huella hídrica azul, pues ayuda para una futura planificación sobre la relocalización de las actividades económicas, como es el caso de la ganadería en Sudáfrica. Por su parte, Jared Fitzgerald y Daniel Auerbach (2016) estudian los efectos del comercio sobre los recursos hídricos de los países en desarrollo, abordando la teoría sociológica del intercambio ecológicamente desigual, por supuesto, utilizando la medida de huella hídrica.

Según el artículo de Zhang, Huang, Yu y Yang (2017), de 2006 a 2015 se publicaron 632 artículos, iniciando con tan sólo 5 artículos, incrementando a 30 artículos en 2010 y llegando a 181 publicaciones en 2015 (véase Figura 4). Estados Unidos es el país que más publicaciones tiene sobre investigaciones de huella hídrica, con 152 publicaciones de 2006 a 2015 (24.1% del total), le sigue China, con 121 publicaciones (19.2%); y Países Bajos, con 101 publicaciones (16%).

**Figura 4. Publicaciones sobre huella hídrica (2006-2015)**



Fuente: elaboración propia con datos de Zhang, Huang, Yu y Yang (2017)

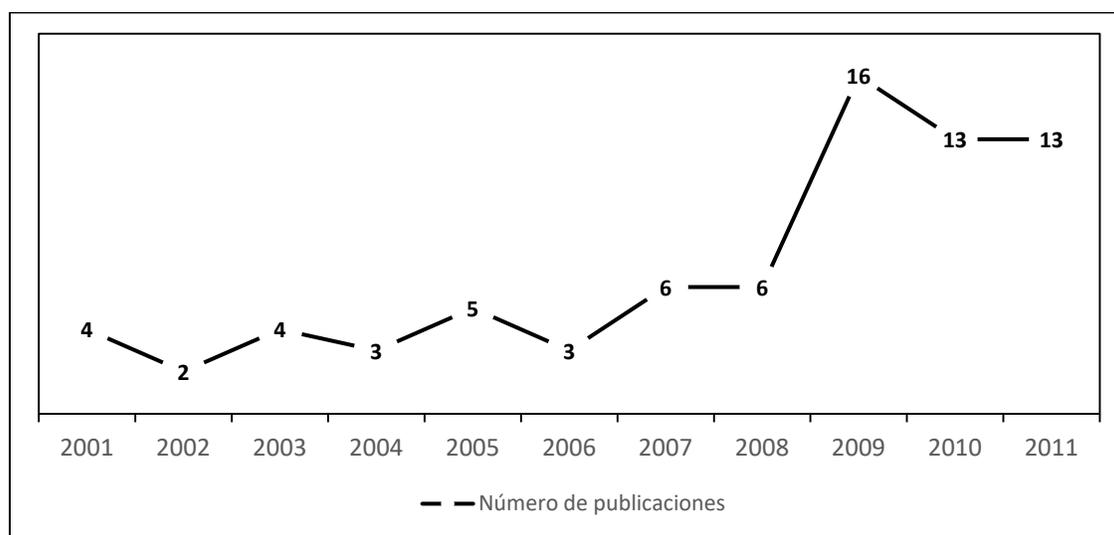
Una metodología que también ha crecido de manera exponencial desde la década de los sesentas es la del análisis de insumo-producto, que describe las relaciones intersectoriales y estima cómo un cambio en sus variables y parámetros impacta a otras variables económicas, sociales y ambientales. Sin embargo, el agua no era un tema central en el análisis de insumo producto, sino hasta la creación de los conceptos de agua virtual y huella hídrica, ya que puede capturar completamente el agua incorporada en los productos a través de todo el sistema económico, utilizando otros métodos computacionales, y desarrollando extensiones como el agua incorporada en el comercio regional o internacional (Duarte y Yang, 2011).

A pesar de que el agua no era un tema central, en la década de los ochenta ya se tenían cálculos de multiplicadores de agua, siguiendo las bases de Isard y Romanoff (1967), como se ve en el trabajo de Ching (1981), que presenta para una región de dos países en Nevada central; así como Bowen, Leung y Vesenska (1984) quienes también presentaron un cálculo de coeficientes de uso de agua, como la demanda final de agua y la razón agua-ingreso, con un método interindustrial para el caso de Hawaii. En 1992, Xie, Me y Jin utilizaron el análisis de insumo-producto para examinar el uso urbano de agua en Beijing, calculando el

consumo directo e indirecto, y la demanda directa e indirecta de agua. Sáenz de Miera (1998) estudió el consumo de agua en Andalucía con un modelo de precios y cantidades con el análisis de insumo-producto.

Duarte y Yang (2011) hicieron un análisis bibliométrico para mostrar el progreso que se ha tenido en las investigaciones sobre agua, utilizando técnicas de insumo producto. En un período de 2001 a 2011 encontraron 75 artículos, los cuales han sido citados 666 veces. A pesar de haber elegido sólo artículos publicados en *journals* y que estuvieran escritos en el idioma inglés, entre otros criterios, se nota una tendencia creciente en las investigaciones de agua con la metodología de insumo-producto, fortaleciendo los vínculos entre diferentes disciplinas y ampliando las posibilidades de futuras investigaciones (Duarte y Yang, 2011).

**Figura 5. Publicaciones sobre insumo-producto y agua (2001-2011)**



Fuente: elaboración propia con base en Duarte y Yang (2011)

## II. La situación del agua en México

Este capítulo consta de cuatro apartados, con el propósito de revisar los datos sobre agua que existen actualmente sobre México. En el apartado A se muestran los resultados del cálculo del índice de escasez hídrico por región hidrológico-administrativa de México, utilizando datos de Conagua. En el apartado B se revisan las asignaciones de volúmenes de

agua según su uso, origen, y región. El apartado C está dedicado a recopilar y explicar los cálculos que se han hecho sobre huella hídrica y agua virtual en México. En el último apartado se discute sobre quién tiene la responsabilidad de la escasez del agua potable, tomando en cuenta el papel de los consumidores, las empresas y el gobierno.

## **A. Disponibilidad y escasez**

Conagua (2015) define el agua renovable como el volumen asociado al ciclo hidrológico anual, e incluye la recarga media total de acuíferos y el escurrimiento natural medio superficial. Para calcular la presión que ejerce la extracción de agua en los recursos hídricos, se utiliza el índice de escasez hídrico, que es una relación simple entre la extracción media anual de agua dulce y el volumen disponible por cada tipo de fuente (Marcuello y Lallana, 2014). Cuando el índice de escasez hídrico de origen superficial es menor a 40%, el estrés hídrico es bajo; un índice de 40 a 80% indica un estrés hídrico alto, mientras que cuando el índice es mayor a 80%, entonces dicha región tiene un estrés hídrico muy alto (Alcamo, *et al*, 2000).

Para el caso mexicano, se utilizan los datos del volumen de agua concesionado por región y por fuente y los volúmenes asociados de agua renovable. El Cuadro 2 muestra los cálculos de dicho índice para las trece regiones hidrológico-administrativas. Como se puede ver, son siete las regiones que tienen un nivel bajo de presión superficial, destacando la región de la Frontera Sur, que tiene el índice más bajo (1.4%); cuatro regiones muestran un alto nivel de presión, incluyendo la región del Río Bravo (78%), mientras que las otras dos regiones (Noroeste y Aguas del Valle de México) presentan un muy alto estrés hídrico.

En el caso del agua subterránea, un índice menor que 100% indica extracciones menores que la recarga regional, mientras que un valor mayor a 100% indica extracciones superiores a la recarga regional. Como se ve, en las regiones de Baja California y de las Cuencas Centrales del Norte las extracciones son mayores a la recarga, además de la región de Aguas del Valle de México que tiene un índice de poco más de 100. Cabe destacar que hay regiones que tienen un índice muy cercano al 100, como es el caso de la región Noroeste (91.3%) y Lerma-Santiago-Pacífico (81.6%). Por otro lado, la región de la Frontera Sur, por

tener un volumen alto de recarga (22.7 km<sup>3</sup>) y un bajo volumen de extracción (0.7 km<sup>3</sup>), muestra un índice de escasez de sólo 3.3%, siendo así la región con el menor índice.

**Cuadro 2. México: volumen de agua concesionado, agua renovable e índice de escasez hídrico por región y fuente de extracción, 2017**

Regiones hidrológico-administrativas	Total concesionado		Agua renovable		Índice de escasez	
	Subterránea (hm3)	Superficial (hm3)	Subterránea (hm3)	Superficial (hm3)	Subterránea (hm3)	Superficial (hm3)
I. Península de Baja California	1,999	1,952	1,641	3,218	121.81	60.65
II. Noroeste	2,928	4,079	3,207	5,068	91.30	80.49
III. Pacífico Norte	1,524	9,286	3,211	23,537	47.47	39.45
IV. Balsas	1,896	8,978	4,871	16,798	38.92	53.45
V. Pacífico Sur	523	1,056	1,936	28,900	27.03	3.65
VI. Río Bravo	4,640	5,040	6,350	6,495	73.06	77.60
VII. Cuencas Centrales del Norte	2,521	1,302	2,474	5,551	101.92	23.46
VIII. Lerma-Santiago-Pacífico	8,025	7,820	9,831	25,241	81.63	30.98
IX. Golfo Norte	1,150	4,905	4,099	24,555	28.06	19.98
X. Golfo Centro	1,536	4,532	4,599	89,764	33.40	5.05
XI. Frontera Sur	760	1,787	22,718	124,477	3.34	1.44
XII. Península de Yucatán	4,491	302	25,316	4,331	17.74	6.98
XIII. Aguas del Valle de México	2,392	2,416	2,294	1,106	104.27	218.45
Total nacional	34,385	53,456	92,547	359,041	59.23	47.82

Nota: el índice de escasez hídrico se calcula con la razón entre los volúmenes de agua concesionado y renovable, y se expresa en términos porcentuales. Para el agua subterránea, un valor del índice mayor a 100 indica una explotación por encima de los volúmenes de recarga. Para el agua superficial, un valor del índice mayor que 40 indica una fuerte competencia por el agua (Alcama, et.al, 2000).

\*Los totales de las columnas del índice de escasez hídrico son promedios nacionales.

**Fuente:** elaboración propia con datos de Conagua (2018).

## B. Usos del agua en México

El uso del agua en México se contabiliza de dos formas: el uso consuntivo y el no consuntivo. El primero se refiere al agua que se extrae de la fuente y que no regresa en la misma cantidad o calidad; mientras que el segundo se refiere al que regresa al cuerpo de agua en la misma cantidad o calidad después de usarse (AgroDer, 2012). En México, el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) compila los volúmenes de agua concesionados o asignados a los usuarios de aguas nacionales y clasifica los usos consuntivos en agrícola, abastecimiento público, industria autoabastecida y energía eléctrica, pero excluye la generación de hidroelectricidad, que la considera un uso no consuntivo.

Al 31 de diciembre de 2017, el volumen total de agua concesionado en México para uso consuntivo fue de 87.8 km<sup>3</sup>, de los cuales el 63% fue de origen superficial y el restante fue de origen subterráneo. El uso consuntivo con mayor extracción de agua es el agrícola, con 66.8 km<sup>3</sup> (el 79% del total). La mayor parte tiene origen superficial (50% del total) y el 28.6% restante origen subterráneo. El abastecimiento público reclamó 12.6 km<sup>3</sup>, principalmente de origen subterráneo (8.7% del total), mientras que a la generación de energía eléctrica (excluyendo hidroeléctrica) se le concesionaron 4.1 km<sup>3</sup>, en mayor parte de origen superficial (4.3%), y, por último, en la industria autoabastecida se concesionaron 4.3 km<sup>3</sup>, con sólo un 2.4% de origen superficial y 2.6% de origen subterráneo (véase Cuadro 3).

**Cuadro 3. Usos consuntivos según origen de extracción en 2017**

Uso	Origen				Total concesionado	
	Superficial		Subterráneo		Volumen (hm <sup>3</sup> )	%
	Volumen (hm <sup>3</sup> )	%	Volumen (hm <sup>3</sup> )	%		
Agrícola	42,475	50.01	24,324	28.64	66,799	78.65
Abastecimiento público	5,250	6.18	7,378	8.69	12,628	14.87
Industria autoabastecida	2,036	2.40	2,231	2.63	4,267	5.02
Energía eléctrica excluyendo hidroelectricidad	3,696	4.35	451	0.53	4,147	4.88
<b>TOTAL</b>	<b>53,456</b>	<b>62.94</b>	<b>34,385</b>	<b>40.49</b>	<b>87,842</b>	<b>100.00</b>

**Fuente:** elaboración propia con datos de Conagua (2018).

Además, el uso de agua es diferente en cada una de las trece regiones del país. El Cuadro 4 describe las concesiones regionales según el tipo de uso y la fuente de extracción. Como se ve, en la región Lerma-Santiago-Pacífico se concentra un mayor volumen de agua para el sector agrícola, con un 19% del total para ese uso. La región Golfo Centro es la que más utiliza agua con motivo industrial, con el 28% del total para dicho sector. Para uso de abastecimiento público, la región a la que más se le concesiona agua es la de Lerma-Santiago-Pacífico, con el 20% del total de agua destinado a dicho uso. Finalmente, la región del Balsas es la que tiene un mayor volumen de agua para termoeléctricas, con un 76% del total nacional usado para ese sector.

**Cuadro 4. México: volumen de agua concesionado por región, fuente y tipo de uso consuntivo, 2017**

Regiones hidrológico-administrativas	Agrícola		Industrial		Abastecimiento público		Termoeléctricas		Total
	Subterránea (hm <sup>3</sup> )	Superficial (hm <sup>3</sup> )	Subterránea (hm <sup>3</sup> )	Superficial (hm <sup>3</sup> )	Subterránea (hm <sup>3</sup> )	Superficial (hm <sup>3</sup> )	Subterránea (hm <sup>3</sup> )	Superficial (hm <sup>3</sup> )	
I. Península de Baja California	1,440	1,756	25	72	341	123	193	0	3,951
II. Noroeste	2,517	3,773	110	8	292	291	9	7	7,007
III. Pacífico Norte	1,163	8,923	22	39	339	324	-	-	10,811
IV. Balsas	1,147	4,996	93	269	630	591	26	3,122	10,874
V. Pacífico Sur	273	867	20	1	231	188	-	-	1,579
VI. Río Bravo	3,675	4,404	208	14	699	570	58	53	9,680
VII. Cuencas Centrales del Norte	2,032	1,289	108	1	353	12	28	-	3,824
VIII. Lerma-Santiago-Pacífico	5,987	6,697	515	66	1,479	1,057	43	0	15,845
IX. Golfo Norte	946	3,557	41	433	157	854	6	61	6,055
X. Golfo Centro	1,084	2,636	156	1,044	289	446	8	406	6,069
XI. Frontera Sur	537	1,293	76	57	146	437	-	-	2,547
XII. Península de Yucatán	3,148	301	691	0	640	0	13	-	4,793
XIII. Aguas del Valle de México	376	1,981	166	31	1,783	358	68	46	4,808
Total nacional	24,324	42,475	2,231	2,036	7,378	5,250	451	3,696	87,842

Fuente: elaboración propia con datos de Conagua (2018).

### **C. Cálculos de huella hídrica o de agua virtual para México**

Conagua (2016) ha hecho cálculos del agua virtual que México importa y exporta al resto del mundo. México tiene un saldo deficitario en su balanza comercial. Por tal motivo, con relación a la cantidad de agua contenida directa e indirectamente en los productos que se comercializan, México es el 6° país en el mundo que más importa agua virtual (Hoekstra y Mekonnen, 2011). El Cuadro 5 describe este comportamiento para el período 2000-2017. Por ejemplo, para el año 2017, la exportación de agua virtual fue de 22.9 km<sup>3</sup>, mientras que la importación fue de poco más de 60 km<sup>3</sup>, por lo que la importación neta fue de 37.3 km<sup>3</sup>.

La importación neta de agua virtual es un indicador que expresa el agua necesaria para producir los bienes que se importan. En el caso de México, refleja que el agua y la tecnología disponibles no son suficientes para producir estos bienes. Es decir, su costo relativo es más alto, así que siguiendo el concepto de ventajas comparativas, le conviene importar esos productos.

**Cuadro 5. Balanza comercial de agua virtual en México, 2000-2017**

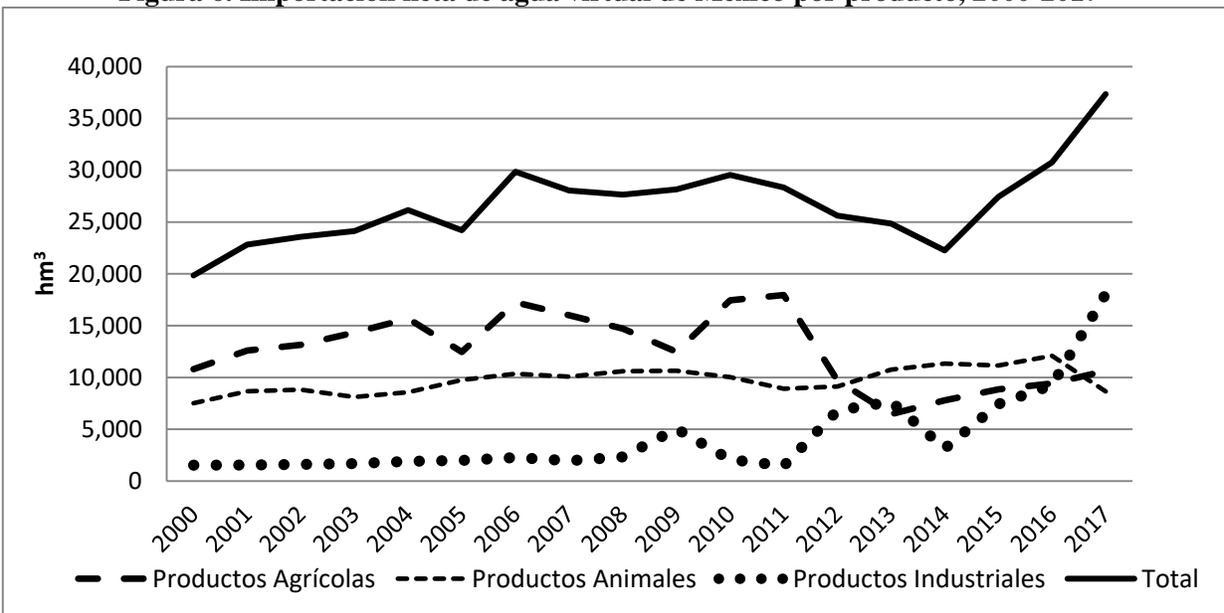
<b>Año</b>	<b>Exportación (hm<sup>3</sup>)</b>	<b>Importación (hm<sup>3</sup>)</b>	<b>Importación neta (hm<sup>3</sup>)</b>
<b>2000</b>	4,461	24,304	19,843
<b>2001</b>	4,045	26,864	22,819
<b>2002</b>	4,022	27,596	23,575
<b>2003</b>	4,488	28,617	24,129
<b>2004</b>	5,251	31,405	26,154
<b>2005</b>	5,884	30,097	24,213
<b>2006</b>	5,396	35,255	29,859
<b>2007</b>	5,936	33,977	28,041
<b>2008</b>	6,961	34,601	27,640
<b>2009</b>	6,655	34,812	28,153
<b>2010</b>	7,649	37,197	29,548
<b>2011</b>	7,958	36,294	28,336
<b>2012</b>	9,335	34,958	25,623
<b>2013</b>	10,070	34,922	24,852
<b>2014</b>	9,136	31,395	22,259
<b>2015</b>	9,851	37,281	27,430
<b>2016</b>	11,412	42,175	30,763
<b>2017</b>	22,991	60,348	37,357

Fuente: extraído de Conagua (2018)

La Figura 6 muestra la distribución del flujo de agua virtual por producto. Para el año 2011, las importaciones netas de agua virtual contenida en los productos agrícolas eran del 63% del total, es decir, la mayor parte de la importación de agua virtual estaba contenida en productos provenientes del sector primario, como cereales, frutos, carnes y semillas; el 31% de la importación neta de agua provino de productos animales, mientras que sólo el 5% está contenida en productos industriales. Sin embargo, para el año 2013 esta relación se invirtió, pues la mayor parte de la importación neta de agua virtual estaba contenida en los productos animales, con el 43% del total, el 31% provino de los productos industriales, y el 26% estaba contenida en los productos agrícolas.

Estos cambios en la importación neta de agua virtual se deben a los cambios en los patrones comerciales. Nótese que en niveles, la importación neta de agua virtual en los productos agrícolas disminuye a partir del 2012, explicándose por una mejora de la balanza comercial de productos agrícolas. Además, también hay un aumento de la importación neta de agua virtual en productos agrícolas, debido al deterioro de la balanza comercial de productos industriales (INEGI, 2017).

**Figura 6. Importación neta de agua virtual de México por producto, 2000-2017**



Fuente: elaboración propia con datos de Conagua (2018)

El libro *Huella hídrica en México: análisis y perspectivas*, publicado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA, 2017), recopila y analiza datos sobre la huella hídrica de México, además de contar con varios estudios de caso referentes al tema. En el período 1996-2005, la huella hídrica externa de México fue del 42.5% (Hoekstra y Mekonnen, 2011), de la cual, la mayor parte proviene de Estados Unidos, derivada de la importación de algodón, soya, trigo, maíz, sorgo y productos animales; le sigue Canadá, importando a México colza y trigo; China, con la importación de algodón y productos industriales; y Brasil, importando soya, sisal, algodón, café, productos animales y productos industriales.

Además, México es el tercer país con la huella hídrica más grande de América Latina, teniendo el 29% del total regional, y es el que tiene la huella hídrica azul más grande de la región. De la huella hídrica azul de México, el 87% no es sostenible, de la cual, el 56% se concentra en México, el 39% en Estados Unidos y 2% en España (IMTA, 2017). Según datos de AgroDer (2012), la huella hídrica del consumo de la población mexicana en el período 1996-2005 proviene de los productos alimentarios y bebidas, el 6% de productos agropecuarios, el 5% es de uso doméstico y el 3% de productos industriales. Desglosando

la huella hídrica del consumo en México, se tiene que el 15% proviene de la carne de res, el 13% del maíz, y el 11% de lácteos, los cuales son productos de la canasta básica mexicana.

## **D. La responsabilidad en el manejo sustentable del agua**

Cada vez existe una mayor presión sobre los recursos hídricos, no sólo en México, sino en todo el mundo, que según el *Pacific Institute*, la mitad de los humedales del mundo han desaparecido, además, el agua en el mundo se está degradando en cuanto a la calidad, afectando a la salud de la población y los ecosistemas (Pacific Institute, 2016), pero ¿quién tiene la culpa de estos problemas? ¿Quién debería hacer “algo”?

No es una sola persona o una institución, sino que es en general nuestra incapacidad para equilibrar las necesidades humanas con las necesidades del mundo natural (Pacific Institute, 2016), por lo que la responsabilidad es de los consumidores, los gobiernos, los empresarios y los inversionistas (Hoekstra, 2013a).

A veces se cree que la responsabilidad de los consumidores recae en el uso directo que hacen, por ejemplo, el agua utilizada en el hogar para la higiene personal, la limpieza de la casa, etc., sin embargo, también son responsables del agua que consumen de manera indirecta, es decir, de la huella hídrica relacionada al proceso de producción que está detrás de todos los bienes y servicios que ellos consumen. Para esto, los consumidores deben tener información sobre la cantidad de agua que se utilizó en los productos y sus impactos asociados, y así decidir sobre los bienes y servicios que consumirán (Hoekstra, 2013a).

Para que los consumidores obtengan la información de la cantidad de agua que se utilizó en sus productos, necesitan exigirselo a las empresas, por lo que los consumidores son el primer paso del cambio. Las empresas aquí juegan el rol de explicar qué productos son más sustentables que otros. Para esto, muchas empresas operan bajo el término de “empresa socialmente responsable”, teniendo objetivos que integran la parte social con la parte ambiental, por lo que se podría suponer que las empresas tienen algún tipo de estrategia para reducir la huella hídrica, no obstante, casi ninguna empresa incorpora la

administración del agua en su modelo de negocio, o sólo se interesan en la cantidad de agua utilizada en sus propias operaciones (Hoekstra, 2013a).

Si las empresas se centran en disminuir el consumo de agua en sus propias operaciones, se recae en el mismo problema que se tiene con los consumidores: no se está tomando en cuenta la cadena de suministro. Para muchas empresas, la huella hídrica en la cadena de suministro es mayor que la huella hídrica de la misma empresa, como en las empresas del sector de alimentos y bebidas y en las de la industria del vestido. Hay estudios de algunas grandes compañías del sector de las bebidas, como Coca-Cola, PepsiCo o SABMiller en los que se muestra que la huella hídrica de su cadena de suministro es del 99% del total, es decir, si su objetivo es reducir su consumo de agua en sus propias operaciones, no habrá un impacto real en términos de sustentabilidad, pues los insumos que utiliza requirieron una gran cantidad de agua que sí está impactando en el medio ambiente (Hoekstra, 2013a).

Las empresas necesitan tener un conocimiento del impacto de sus insumos agrícolas, como la forma de irrigación, el clima y la escasez de agua en el lugar que se produjeron. Las grandes compañías tienen el poder de hacer acuerdos con sus proveedores por medio de condiciones de producción para reducir su huella hídrica, mientras que las empresas pequeñas no tienen otra opción más que elegir conscientemente a sus proveedores (Hoekstra, 2013a).

Tomando como ejemplo la industria alimentaria en México, existen empresas de gran tamaño que lideran esta industria. Por ejemplo, Bimbo recibe el 24% del gasto de los hogares mexicanos en alimentos horneados, Sigma recibe casi el 50% del gasto en carnes procesadas y empaquetados, Lala percibe el 34% del gasto en leche, y Coca-Cola percibe el 73% del gasto en gaseosas (Santa, 2015). Estas empresas podrían generar un gran impacto en la reducción de huella hídrica en México por medio de requerimientos a sus proveedores agrícolas que ayuden a utilizar de manera más eficiente el agua.

Puesto que el agua se considera un bien público, es vital la intervención gubernamental para proponer regulaciones e incentivos que garanticen la producción y el consumo sustentable (Hoekstra, 2013a). Los gobiernos deben generar políticas que relacionen al

medio ambiente, la agricultura, la energía, el comercio y las relaciones con el exterior, para así mejorar la gestión integral del agua y la gobernabilidad (Water Footprint Network, 2016). Como en el caso de los consumidores y los empresarios, el gobierno no sólo es responsable del uso y protección de los recursos hídricos en su territorio, sino de lo que pasa con el agua en otras partes del mundo, pues su población puede depender del consumo de ciertos bienes importados. Se pueden llegar a acuerdos entre los países para poner restricciones al comercio internacional para productos que no cumplan con los criterios de producción sustentable (Hoekstra, 2013a).

### **III. Marco analítico**

El objetivo de este capítulo es explicar la metodología que se sigue para calcular algunos indicadores de agua, así como la huella hídrica de México. El primer apartado revisa el modelo básico de insumo-producto de Leontief, el cual explica las relaciones intersectoriales de una economía. El apartado B explora las extensiones ambientales al modelo básico de Leontief, así como su aplicación para calcular los indicadores de consumo directo e indirecto de agua. El apartado C expone la metodología para calcular la huella hídrica de la economía en su conjunto y por sector económico. Finalmente, en el apartado D se realiza un ejemplo numérico del modelo explicado anteriormente para una economía hipotética de tres sectores.

#### **A. Economía de insumo-producto**

El análisis de insumo-producto es el nombre dado a un marco analítico desarrollado por el profesor Wassily Leontief a finales de 1930<sup>3</sup>, quien recibió el Premio Nobel de Economía en 1973. Se conoce que el análisis de insumo-producto es una técnica de arriba hacia abajo (o *top-down*), lo que significa que parte de un análisis general y posteriormente examina los componentes. La matriz de insumo-producto es una tabla de transacciones intersectoriales que muestra cómo se relacionan todas las industrias, en el sentido de que cada una adquiere productos fabricados por otras para poder realizar su propio proceso productivo. Se construye a partir de los datos económicos observados en un momento y una región

---

<sup>3</sup> Para una de las primeras exposiciones completas del modelo de Leontief, véase Leontief (1953).

geográfica específica. Los intercambios de bienes son compras y ventas de bienes físicos expresados en términos monetarios (Miller y Blair, 2009).

El análisis de insumo-producto consta de un sistema de ecuaciones lineales, cada una de las cuales describe la distribución del producto de una industria en toda la economía. Se debe tomar en cuenta que las transacciones son uno a uno, en términos generales, el intercambio va de cada sector  $i$  a cada sector  $j$ , representándose como  $z_{ij}$ , pues el sector  $j$  demanda insumos de otros sectores, relacionados a la cantidad de bienes producidos por el sector  $j$  en el mismo período. Además, la demanda de bienes por sectores exógenos a los sectores industriales (por ejemplo, hogares, gobierno y comercio externo) no se utilizan como insumos para un proceso industrial, por lo que son parte de la demanda final (Miller y Blair, 2009).

Tomando en cuenta que hay  $n$  sectores, se denota a la producción total del sector  $i$  como  $x_i$ , siendo la suma de las ventas interindustriales del sector  $i$  a todos los sectores  $j$ , más el total de la demanda final de los productos del sector  $i$ . Se puede escribir una ecuación para representar la distribución del producto del sector  $i$  como:

$$x_i = z_{i1} + z_{i2} + \dots + z_{ij} + \dots + z_{in} + y_i = \sum_{j=1}^n z_{ij} + y_i \quad (1)$$

De la misma manera se pueden representar las ventas del producto de cada uno de los  $n$  sectores:

$$\begin{aligned} x_1 &= z_{11} + \dots + z_{1j} + \dots + z_{1n} + y_1 \\ &\vdots \\ x_i &= z_{i1} + \dots + z_{ij} + \dots + z_{in} + y_i \\ &\vdots \\ x_n &= z_{n1} + \dots + z_{nj} + \dots + z_{nn} + y_n \end{aligned} \quad (2)$$

Que puede escribirse como:

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_i \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}, \quad \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} z_{11} & \cdots & z_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{n1} & \cdots & z_{nn} \end{bmatrix} \quad \text{y} \quad \mathbf{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \quad (3)$$

Y en forma matricial es

$$\mathbf{x} = \mathbf{Z}\mathbf{i} + \mathbf{y} \quad (4)$$

donde  $\mathbf{i}$  es un vector columna de 1.

Un supuesto fundamental es que los flujos de  $i$  a  $j$  dependen completamente de la producción del sector  $j$  en el mismo período. Dado  $z_{ij}$  y  $x_j$ , se puede formar la relación  $a_{ij} = z_{ij}/x_j$ , que se conoce como coeficiente técnico, interpretándose como la cantidad de unidades monetarias de insumos del sector  $i$  por unidad monetaria de producto del sector  $j$ . Despejando  $z_{ij}$  y sustituyéndolo en las ecuaciones (2), tenemos que:

$$\begin{aligned} x_1 &= a_{11}x_1 + \cdots + a_{1i}x_i + \cdots + a_{1n}x_n + y_1 \\ &\vdots \\ x_i &= a_{i1}x_1 + \cdots + a_{ii}x_i + \cdots + a_{in}x_n + y_i \\ &\vdots \\ x_n &= a_{n1}x_1 + \cdots + a_{ni}x_i + \cdots + a_{nn}x_n + y_n \end{aligned} \quad (5)$$

Para analizar la matriz, despejamos  $y_1 \dots y_n$ , para luego agrupar las  $x_1$  en la primera ecuación, la  $x_2$  en la segunda, y así sucesivamente,

$$\begin{aligned} (1 - a_{11})x_1 - \cdots - a_{1i}x_i - \cdots - a_{1n}x_n &= y_1 \\ &\vdots \\ -a_{i1}x_1 - \cdots + (1 - a_{ii})x_i - \cdots - a_{in}x_n &= y_i \\ &\vdots \\ -a_{n1}x_1 - \cdots - a_{ni}x_i - \cdots + (1 - a_{nn})x_n &= y_n \end{aligned} \quad (6)$$

Al igual que las ecuaciones (2), estas expresiones pueden representarse con una forma matricial. Escribimos a la matriz diagonal con los elementos del vector  $x$  a lo largo de la diagonal como una  $\hat{x}$ , y por la definición de matriz identidad (que es la matriz que tiene sólo 1s en su diagonal), se tiene que  $(\hat{x})(\hat{x})^{-1} = \mathbf{I}$ , así que se puede representar a la matriz de coeficientes técnicos de  $n \times n$  como

$$\mathbf{A} = \mathbf{Z}\hat{\mathbf{x}}^{-1} \quad (7)$$

En la que la matriz  $\mathbf{A}$  representa la matriz de coeficientes técnicos (o insumo-producto, o insumos directos). Usando las definiciones de (3) y (7), la expresión matricial para (5) es

$$\mathbf{x} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{y} \quad (8)$$

De la cual podemos representar el sistema de ecuaciones (6) en forma matricial de la siguiente manera

$$(\mathbf{I} - \mathbf{A})\mathbf{x} = \mathbf{y} \quad (9)$$

Despejando  $x$  de la ecuación (9), tenemos que

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{y} = \mathbf{L}\mathbf{y} \quad (10)$$

Donde  $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} = \mathbf{L} = [l_{ij}]$  es conocida como la matriz inversa de Leontief de los requerimientos totales, que muestra de una manera más clara la dependencia de cada uno de los productos brutos en el valor de cada demanda final (Miller y Blair, 2009).

## **B. Economía de insumo-producto ambiental y aplicaciones para el análisis del agua**

El análisis de insumo-producto ha sido una buena herramienta, no sólo para examinar el comportamiento de las relaciones interindustriales de bienes y servicios, sino también al desarrollar extensiones del modelo básico y aplicarlas a otras disciplinas. Es el caso del análisis de insumo-producto ambiental, en el que se puede contabilizar la contaminación generada asociadas con las actividades interindustriales. Uno de los principales problemas en un modelo ambiental es encontrar una unidad apropiada de medida de los flujos (Miller y Blair, 2009).

El modelo generalizado de insumo-producto está formado por la matriz de coeficientes técnicos con una columna o fila adicional que refleja la generación de contaminación y la disminución de actividades. Una forma sencilla de contabilizar la generación de contaminación asociada con las actividades interindustriales es, primero, asumiendo una matriz de producción de contaminación o de coeficientes del impacto directo, que Miller y

Blair (2009) denotan como  $\mathbf{D}^P = [d_{kj}^p]$ , donde cada elemento es la cantidad del tipo de contaminación. Por lo que, el nivel de contaminación asociada con un vector de producción total dado se expresa como

$$\mathbf{x}^{P*} = \mathbf{D}^P \mathbf{x} \quad (11)$$

Donde  $\mathbf{x}^{P*}$  es el vector del nivel de contaminación. Entonces, incorporando el modelo tradicional de Leontief, se puede computar  $\mathbf{x}^{P*}$  como una función de demanda final, es decir, la contaminación total por cada tipo generado por la economía directa e indirecta por la demanda final:

$$\mathbf{x}^{P*} = [\mathbf{D}^P \mathbf{L}] \mathbf{y} \quad (12)$$

En la que  $[\mathbf{D}^P \mathbf{L}]$  es la matriz de coeficientes del total del impacto ambiental, que en otras palabras, un elemento de esta matriz es el impacto total de la contaminación generado por unidad monetaria de la demanda final presentado en la economía (Miller y Blair, 2009).

Siguiendo el modelo básico de Leontief, Velázquez (2006) hace un modelo de insumo producto del consumo sectorial de agua para el caso de Andalucía, utilizando el modelo básico de insumo- producto de la producción de Leontief. Con la ecuación (1) se definía el modelo de Leontief en términos de producción, pero se puede expresar en términos de variables de consumo de agua, entendido como que la cantidad de agua consumida directamente por el sector  $i$  ( $w_{di}$ ) depende de las relaciones intersectoriales entre ese sector y el resto de la economía ( $w_{ij}$ ) y la cantidad de agua consumida por el sector  $i$  para satisfacer su propia demanda ( $w_{di}^y$ ):

$$w_{di} = \sum_{j=1}^{j=n} w_{ij} + w_{di}^y \quad (13)$$

También se puede formular un número de coeficientes técnicos de consumo de agua ( $q_{ij}$ ) definiéndose como la cantidad de consumo de agua por el sector  $j$  para proveer insumos al sector  $i$  ( $w_{ij}$ ), con relación a la cantidad total de agua consumida directamente por el sector  $j$  ( $w_{dj}$ ). Así se puede llegar a la ecuación:

$$w_{di} = \sum_{j=1}^{j=n} q_{ij} w_{dj} + w_{di}^y \quad (14)$$

Que en notación matricial es:

$$w_d = Qw_d + w_d^y \quad (15)$$

Resolviendo la ecuación (15), llega a la expresión que define el modelo de consumo de agua:

$$w'_t = i'(I - Q)^{-1} \widehat{w}_d^y \quad (16)$$

Donde  $(I - Q)^{-1}$  es la matriz inversa de Leontief en términos de agua y  $(\cdot)$  indica la transposición del vector. La matriz  $(I - Q)^{-1}$  determina el cambio en el consumo de agua si la demanda por agua cambia en una unidad.

Velázquez (2006) distingue el consumo directo y consumo indirecto para continuar con el análisis, siendo la suma de ambos el consumo total. El consumo directo es la cantidad de agua consumida por el sector  $i$  para satisfacer su propia demanda, mientras que el consumo indirecto del sector  $i$  es la cantidad de agua consumida por el sector  $j$  para generar los insumos requeridos por el sector  $i$  para satisfacer su propia demanda.

Teniendo en cuenta lo anterior, Velázquez (2006) define tres indicadores de consumo de agua. El primero de ellos es el consumo directo total por unidad producida ( $w_d^*$ ), que, como su nombre lo indica, se define como la cantidad de agua consumida directamente por cada sector ( $w_d$ ) por unidad monetaria producida ( $x$ ) y se expresa como un vector columna donde cada elemento se define como

$$w_{di}^* = \frac{w_{di}}{x_i} \quad (17)$$

que en forma matricial se expresa como

$$w_d^{*'} = w_d' \widehat{x}^{-1} \quad (18)$$

La ecuación (18) se puede utilizar para calcular el consumo total de la economía en su conjunto ( $w$ ) como el indicador de consumo de agua directo multiplicado por la cantidad generada por cada sector, que en expresión matricial es

$$w_d^{*'} x = w \quad (19)$$

Expresando el vector de la producción  $x$  como el modelo inicial de Leontief (10), tenemos que

$$w = w_d^{*'} (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{y} \quad (20)$$

La expresión  $w_d^{*'} (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$  refleja el indicador del consumo total de agua ( $w^{*}$ ), el cual es un vector renglón en el que cada uno de sus elementos determina la cantidad total de agua que la economía en su conjunto consumirá, si la demanda de cualquier sector dado cambia en una unidad.

En el modelo de consumo de agua (16), los elementos  $\beta_{ij}$  de la matriz inversa de Leontief en términos de agua indican la cantidad adicional de agua que el sector  $i$  consumirá si la demanda de agua del sector  $j$  incrementa en una unidad. Por lo que la suma de cada renglón expresa la cantidad adicional de agua consumida por la economía en su conjunto cuando el sector  $j$  incrementa su demanda de agua en una unidad. El multiplicador del consumo de agua ( $wcm$ ) muestra cómo se multiplica el consumo total de agua cuando hay incrementos en la demanda de cierto sector, que se obtiene como la razón entre el indicador de consumo total ( $w^{*}$ ) y el indicador de consumo directo por unidad producida ( $w_d^{*}$ ) de la siguiente forma:

$$wcm_i = \frac{w_i^{*}}{w_{di}^{*}} \quad (21)$$

El indicador de consumo indirecto de agua ( $iwc$ ) por unidad producida se obtiene restándole un 1 al indicador de consumo directo de agua, expresando la cantidad de agua usada indirectamente por un sector dado, por cada unidad de agua usada directamente, para satisfacer la demanda de dicho sector.

Para formular la matriz de relaciones intersectoriales de agua, Velázquez (2006) define ( $w_{di}^y$ ) como el agua consumida directamente por el sector  $i$  para satisfacer su propia demanda, obteniéndose como

$$w_{di}^y = \hat{w}_{di}^{*} y \quad (22)$$

Sustituyendo la expresión (22) en (16) y acomodando el vector ( $y$ ) como matriz diagonal, se tiene que

$$W = (\mathbf{I} - \mathbf{Q})^{-1} \hat{w}_d^{*} \hat{y} \quad (23)$$

donde  $W$  es el vector de la cantidad total de agua consumida por la economía ( $w_i$ ), llegando a la matriz intersectorial de flujos de agua, que indica todas las transacciones de agua entre los sectores productivos.

### C. Incorporando los patrones de consumo

Ahora, para calcular la huella hídrica, Lenzen y Foran (2001) también utilizan el análisis de insumo producto, en el que incluyen una matriz de multiplicadores de factor de dimensión  $f \times n$ , construida por  $f$  factores de producción (que pueden ser agua, trabajo, energía, recursos y contaminantes) por unidad de consumo final de los bienes producidos por los  $n$  sectores industriales:

$$\mathbf{M} = \mathbf{F}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \quad (24)$$

De dicha forma, se puede calcular la huella hídrica utilizando el vector  $wd^*$  (consumo directo de agua total por unidad producida) de dimensión  $1 \times n$  como el factor de producción, por lo que la matriz  $M$  queda de la siguiente manera

$$\mathbf{M} = w_d^* (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \quad (25)$$

En la que

$$m_i = \sum_{j=1}^n w_d^* l_{ij} \quad (26)$$

Donde (26) representa la huella hídrica de la economía para satisfacer una unidad de demanda final del sector  $j$ . Mientras que  $\sum_{j=1}^n m_j$  indica el volumen de agua que requiere la economía en su conjunto para satisfacer un vector unitario de demanda final para satisfacer a todos los sectores.

Sin embargo, lo que nos interesa conocer es la huella hídrica intersectorial, es decir, formar una matriz de  $n \times n$  que represente la huella hídrica de cada sector  $i$  para satisfacer una unidad de demanda del sector  $j$ . Para eso, simplemente se forma una matriz diagonal, en la que la diagonal principal tiene los valores del vector  $wd^*$ , que renombraremos como  $\mathbf{V} = \widehat{wd^*}$  de dimensión  $n \times n$ , llegando a

$$\mathbf{B} = \mathbf{V}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \quad (27)$$

En la ecuación (27) se está suponiendo que todos los sectores consumen una unidad de demanda final, no obstante, debemos eliminar tal supuesto para poder analizar el patrón de

consumo por cada sector, por lo que definimos a  $\mathbf{r}$  como el vector de demanda final ponderada, donde cada  $r_i = \frac{y_i}{\sum y_i}$ , tal que  $\sum_i r_i = 1$ . Formando la matriz diagonal  $\mathbf{R}$  del vector  $\mathbf{r}$  y multiplicándola por la matriz  $\mathbf{B}$ , se tiene que

$$\mathbf{H} = \mathbf{BR} \quad (28)$$

Donde  $\sum_i h_{ij} = \sum_i b_{ij}r_j$  representa la huella hídrica de la economía para satisfacer  $r_j$  unidades de demanda final del sector  $j$ .

## D. Un ejemplo numérico

Para ilustrar el cálculo de la matriz intersectorial de flujos de agua y la huella hídrica, supondré una economía pequeña con tres sectores: actividades primarias, actividades industriales y actividades de servicios; cuya matriz de insumo producto es la siguiente:

**Cuadro 6. Matriz hipotética de Insumo Producto**

Actividades	Matriz de Insumo Producto. Millones de pesos				
	Primarias	Industriales	De servicios	Demanda final	Utilización total
Primarias	50	280	0.05	250	580.05
Industriales	80	2,400	750	7,300	10,530
De servicios	40	1,250	1,400	6,800	9,490

Fuente: elaboración propia.

En términos matriciales se puede reescribir como

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} 580.05 \\ 10,530 \\ 9,490 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} 50 & 280 & 0.05 \\ 80 & 2,400 & 750 \\ 40 & 1,250 & 6,800 \end{bmatrix} \quad \text{y} \quad \mathbf{y} = \begin{bmatrix} 250 \\ 7,300 \\ 6,800 \end{bmatrix}$$

Obteniendo la matriz de coeficientes técnicos como en la ecuación (7), se tiene que

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0.0859 & 0.0266 & 0.0002 \\ 0.1375 & 0.2279 & 0.079 \\ 0.0687 & 0.1187 & 0.1475 \end{bmatrix}$$

Por lo que la matriz inversa de Leontief  $\mathbf{L}$  es la siguiente:

$$\mathbf{L} = \begin{bmatrix} 1.1001 & 0.0385 & 0.0038 \\ 0.2079 & 1.3212 & 0.1225 \\ 0.1176 & 0.1871 & 1.1904 \end{bmatrix}$$

Además, se tiene que las actividades primarias utilizan 61 hm<sup>3</sup> de agua, las actividades industriales usan 6 hm<sup>3</sup> y las actividades de servicios 5 hm<sup>3</sup>, así que el vector columna  $w_d$  se expresa como

$$\mathbf{w}_d = \begin{bmatrix} 61 \\ 6 \\ 5 \end{bmatrix}$$

Para calcular el consumo directo total, el cual se representa con el vector fila de  $w_d^*$  transpuesta, se debe multiplicar el vector  $w_d$  por la inversa de la matriz  $x$  diagonalizada, es decir

$$w_d^{*'} = w_d' \hat{x}^{-1} = [61 \ 6 \ 5] \begin{bmatrix} 0.00172 & 0 & 0 \\ 0 & 0.00009 & 0 \\ 0 & 0 & 0.00011 \end{bmatrix}$$

$$w_d^{*'} = [0.1048 \ 0.0006 \ 0.0005]$$

Y al multiplicar  $w_d^{*'}$  con la matriz inversa de Leontief se obtiene el indicador del consumo total de agua  $w^*$ , como se muestra a continuación

$$w^{*'} = [0.1048 \ 0.006 \ 0.0005] \begin{bmatrix} 1.1001 & 0.0385 & 0.0038 \\ 0.2079 & 1.3212 & 0.1225 \\ 0.1176 & 0.1871 & 1.1904 \end{bmatrix}$$

$$w^{*'} = [0.1155 \ 0.0049 \ 0.0011]$$

Obteniéndose la matriz  $\mathbf{Q}$ , que muestra los coeficientes técnicos del consumo de agua (análoga a la matriz de coeficientes técnicos de Leontief), se tiene:

$$\mathbf{Q} = \begin{bmatrix} 0.0859 & 4.8912 & 0.0419 \\ 0.0007 & 0.2279 & 0.085 \\ 0.0003 & 0.1098 & 0.1475 \end{bmatrix}$$

Y siguiendo la ecuación (23), se calcula la matriz  $\mathbf{W}$ , que refleja todas las transacciones de agua entre las tres actividades económicas

:

**Cuadro 7. Matriz W hipotética**

Actividades	Matriz de relaciones intersectoriales de agua, <b>W</b> (hm <sup>3</sup> )		
	Primarias	Industriales	De servicios
Primarias	28.82	29.44	2.74
Industriales	0.03	5.50	0.47
De servicios	0.02	0.72	4.26

Fuente: elaboración propia.

La huella hídrica de nuestra economía hipotética se obtiene con la ecuación (25) de la siguiente forma:

$$\mathbf{M} = w_d^{*'} (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} = [0.1048 \ 0.0006 \ 0.0005] \begin{bmatrix} 1.1001 & 0.0385 & 0.0038 \\ 0.2079 & 1.3212 & 0.1225 \\ 0.1176 & 0.1871 & 1.1904 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{M} = [0.1155 \ 0.0045 \ 0.0011]$$

Para tener una matriz de huella hídrica intersectorial, se obtiene una matriz diagonal del vector  $w_d^{*}$  y se multiplica por la matriz de Leontief, lo que resulta:

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0.1153 & 0.0040 & 0.0004 \\ 0.0001 & 0.0008 & 0.0001 \\ 0.0001 & 0.0001 & 0.0006 \end{bmatrix}$$

Se tenía que la demanda final estaba dada por el vector columna  $y$ , pero para realizar el análisis del patrón de consumo por cada sector, se obtiene el vector  $\mathbf{r}$  de la demanda final ponderada. Obteniendo la matriz  $\mathbf{R}$  y multiplicándola por la matriz  $\mathbf{B}$  por la derecha, se tiene que

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} 0.002009 & 0.002052 & 0.000191 \\ 0.000001 & 0.000383 & 0.000033 \\ 0.000001 & 0.000050 & 0.000297 \end{bmatrix}$$

Obteniendo así la huella hídrica de la economía para satisfacer  $r_j$  unidades de demanda final del sector  $j$ .

## **IV. La huella hídrica del patrón de consumo en México**

El propósito de este capítulo es exponer y analizar los resultados obtenidos al seguir la metodología expuesta en el capítulo anterior. Para ello, en el apartado A se describen los datos recopilados necesarios para el cálculo de los indicadores de agua. El apartado B exhibe los indicadores de consumo directo de agua, consumo directo total por unidad producida, consumo total de agua, y los multiplicadores de consumo directo e indirecto de agua. En el tercer apartado se analizan las matrices de relaciones intersectoriales de agua en México, por sectores y subsectores de la economía. En el apartado D se calcula la huella hídrica de la economía mexicana, incluyendo dos escenarios alternativos ante un cambio en el patrón de consumo.

### **A. Descripción de la base de datos**

Para poder calcular la huella hídrica en México, se utilizarán datos de CONAGUA (2014) sobre volúmenes de agua concesionados registrados en el REPDA para el 2008 en  $\text{hm}^3$ , además de las matrices simétricas domésticas de insumo producto 2008 en millones de pesos a precios básicos del 2008, industria por industria, por sector y subsector de actividad, según el Sistema de Clasificación Industrial del América del Norte (SCIAN), publicadas por INEGI.

El REPDA tiene clasificados los títulos de concesión según su uso: 1) Agrícola, 2) Agroindustrial, 3) Doméstico, 4) Acuacultura, 5) Servicios, 6) Industrial, 7) Pecuario, 8) Público urbano (que dividiremos entre a) servicios, b) comercio y c) industria), 9) Usos múltiples, 10) Comercio, 11) Termoeléctricas, y 12) Otros usos. Excluiré el título de concesión de las hidráulicas por tener un uso no consuntivo. Por su parte, el SCIAN clasifica a las actividades de la economía como Primarias, Industriales y de Servicios, por 19 sectores y 79 subsectores. Para hacer coincidir ambas clasificaciones, se “reacomodaron” los títulos del REPDA como se muestra en la Tabla 1 del Anexo. Cabe resaltar que el uso 3) Doméstico lo consideraré como demanda final, por lo que no se incluye en la demanda intermedia intersectorial. Es así como se obtiene el volumen de agua para cada sector de la actividad económica en  $\text{hm}^3$  para el año 2008.

Siguiendo la metodología del capítulo 3, se toma la utilización total de la producción interna a precios básicos de la matriz de insumo-producto (de tamaño  $19 \times 1$  o  $79 \times 1$ , por sector o subsector, respectivamente) como el vector  $\mathbf{x}$  (ecuación 3 del cap. 3); la demanda intermedia intersectorial por 19 sectores o 79 subsectores (es decir, de tamaño  $19 \times 19$  ó  $79 \times 79$ ) representa a la matriz  $\mathbf{Z}$ ; el total de la demanda final (de tamaño  $19 \times 1$  ó  $79 \times 1$ ) es el vector  $\mathbf{y}$  (véase ecuación 1 del cap. 3). Además, se tiene al volumen de agua consumida por cada sector, tomando la cantidad de agua concesionada que previamente fue reasignada (vector de tamaño  $19 \times 1$  ó  $79 \times 1$ ) como el vector  $\mathbf{w}_d$  (ecuación 13 del cap. 3). A partir de dichas matrices, se siguen las operaciones para calcular los indicadores de uso directo e indirecto, así como la matriz de flujos de agua y la huella hídrica, las cuales se explicarán con más detalle.

## **B. Indicadores sectoriales de uso directo e indirecto**

Como se había explicado en el Capítulo 3, a través de la matriz de insumo producto y del volumen de agua que se utiliza en cada actividad se pueden calcular algunos indicadores sobre el uso directo e indirecto del agua. En este apartado se mostrarán los resultados obtenidos después de realizar dichos cálculos. Primero se analizarán los resultados por sector de la actividad económica, es decir, con el agregado de 19 sectores, para posteriormente enfocar el análisis a algunos subsectores.

En el Cuadro 8 se muestran los cinco indicadores calculados. El primero,  $\mathbf{w}_d$  (ecuación 13, cap.3), es el consumo directo del agua, que es el volumen de agua concesionada para cada sector, expresada en  $\text{hm}^3$ , en el que claramente se ve que el sector de Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza (11) es el que consume directamente una mayor cantidad de agua, es decir, utiliza 61 mil  $\text{hm}^3$  de agua, lo que equivale al 77% del total consumida en la economía, mientras que las actividades industriales (sectores 21 al 31-33) utilizan 13% del agua total y las actividades de los servicios (sectores 43-46 al 93) el 11% restante. Individualmente, el sector de Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final (22) y el de Industrias manufactureras (31-33) son las siguientes actividades con mayor cantidad de agua consumida, aunque sólo representan el 5% del total cada una.

El segundo cálculo,  $w_d^*$  (ecuación 18, cap. 3), es el indicador de consumo directo total por unidad producida, que en ese caso es el volumen de agua total en  $hm^3$  utilizada en el sector por cada millón de pesos producido. Como era de esperarse, el sector Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza (11) consume  $0.1 hm^3$  de agua por millón de pesos producidos, teniendo un valor muy por arriba comparado con el de otros sectores. El segundo sector con mayor cantidad de agua utilizada por unidad de producción es el de Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final (22), pero apenas con  $0.01 hm^3$  de agua por millón de pesos. Los demás sectores tienen una participación insignificante.

Ahora, con el indicador de consumo total  $w^*$  (ecuación 10, cap. 3) se puede ver que los mismos sectores (11 y 22) son los que consumen las mayores cantidades de agua, como se mostró con el indicador de consumo directo por unidad producida. Nótese que, a pesar de que el sector de las Industrias Manufactureras (31-33) tienen un ínfimo consumo directo por unidad producida, el indicador de consumo total es alto, por lo que se puede asumir que este sector consume una gran cantidad de agua, pero de manera indirecta. El sector de Industrias Manufactureras utiliza poca agua para producir, no obstante, necesita insumos para su proceso de producción, los cuales utilizan una gran cantidad de agua.

Para poder analizar mejor el uso directo e indirecto, se calculó el multiplicador de consumo de agua,  $wcm$ , y el indicador de consumo indirecto,  $iwc$  (ecuación 20, cap.3). Con estos indicadores se confirma lo que se pudo ver con anterioridad; Industrias Manufactureras (31-33) tienen un consumo indirecto muy alto, pues por cada  $1 hm^3$  de agua consumida directamente, consume indirectamente  $10 hm^3$ . Otro sector que ahora llama la atención es el de Construcción (23), pues aunque su consumo directo total y su consumo directo por unidad de producción son insignificantes, el indicador de consumo indirecto muestra que por cada  $1 hm^3$  de agua consumida directamente, consume casi  $3 hm^3$  de manera indirecta.

**Cuadro 8. Indicadores de uso directo e indirecto de agua en México, por sector económico**

Código SCIAN	Sectores económicos	Consumo directo de agua, $w_d$	Consumo directo total por millón de pesos producido, $w_d^*$	Consumo total, $w^*$	Multiplicador de consumo de agua, $wcm$	Indicador de consumo indirecto, $iwc$
11	Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	61,220.53	0.100	0.111	1.103	0.103
21	Minería	718.54	0.001	0.001	1.842	0.842
22	Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final	4,075.24	0.009	0.011	1.236	0.236
23	Construcción	1,097.92	0.001	0.002	3.774	2.774
31-33	Industrias Manufactureras	4,093.99	0.001	0.006	11.118	10.118
43-46	Comercio	3,719.18	0.002	0.002	1.408	0.408
48-49	Transportes, correos y almacenamiento	770.99	0.001	0.002	3.667	2.667
51	Información en medios masivos	334.77	0.001	0.001	1.978	0.978
52	Servicios financieros y de seguros	397.55	0.001	0.001	1.875	0.875
53	Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	1,050.66	0.001	0.001	1.475	0.475
54	Servicios profesionales, científicos y técnicos	258.08	0.001	0.001	1.788	0.788
55	Corporativos	63.40	0.001	0.001	1.499	0.499
56	Servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos y servicios de remediación	317.53	0.001	0.001	1.694	0.694
61	Servicios educativos	356.96	0.001	0.001	1.652	0.652
62	Servicios de salud y de asistencia social	242.77	0.001	0.002	2.712	1.712
71	Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	51.62	0.001	0.002	2.343	1.343
72	Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	271.64	0.001	0.002	3.235	2.235
81	Otros servicios excepto actividades gubernamentales	233.36	0.001	0.001	2.240	1.240
93	Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales	437.32	0.001	0.002	2.577	1.577

Fuente: elaboración propia con datos de Conagua (2014) e INEGI (2008)

Un análisis más detallado se puede lograr por medio del cálculo de los mismos cinco indicadores con la matriz de 79 subsectores. Para calcular el primer indicador,  $w_d$ , de la misma forma que con 19 sectores, se repartieron los  $hm^3$  de agua concesionada según la clasificación del REPDA a cada sector de la actividad económica (como se muestra en la Tabla 1 del anexo), ponderado por la utilización total de la producción interna de cada

subsector. De esta forma, el subsector Agricultura (111) es el que tiene el mayor consumo directo de agua, con casi 60 mil  $\text{hm}^3$ , es decir, el 75% del total de agua consumida por la economía; le siguen los subsectores de Comercio (431) y el de Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica (221) con un consumo directo de agua de 3.7 y 3.6 mil  $\text{hm}^3$  respectivamente, equivalente en conjunto al 9% del total.

Puesto que en el análisis de 19 subsectores llamó la atención el sector de Industrias manufactureras (31-33), es importante revisar los subsectores que conforman al total del sector. Se tiene que el subsector con mayor consumo directo de agua es la Industria alimentaria (311), consumiendo 703  $\text{hm}^3$  de agua, que representa el 17% de total consumido por el sector de Industrias manufactureras; le siguen el subsector de Fabricación de equipo de transporte (336) con el 14% de participación en el sector y la Industria química (325) con el 12%.

Con el siguiente indicador,  $w_a^*$ , se puede ver que el subsector Agricultura (111) es el que tiene un mayor consumo de agua por unidad producida, pues utiliza 0.18  $\text{hm}^3$  por cada millón de pesos; el segundo subsector con mayor consumo de agua por unidad es el de Pesca, caza y captura (114), con un consumo de 0.09  $\text{hm}^3$  por cada millón de pesos que produce; de ahí le siguen los subsectores de Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica (221) y el de Suministro de agua y suministro de gas por conductos al consumo final (222), utilizando 0.01  $\text{hm}^3$  por millón de pesos cada uno.

Como se analizó con los 19 sectores, el indicador de consumo de agua total  $w^*$  muestra que los subsectores Agricultura (111), Pesca, caza y captura (114) y Cría y explotación de animales (112), que forman parte del sector 11, son los que consumen la mayor cantidad total de agua (0.18, 0.09 y 0.03  $\text{hm}^3$  respectivamente). De igual forma, como ya se había notado con el análisis de 19 sectores, el subsector Industria alimentaria (311), que forma parte del sector Industria manufacturera (31-33), tiene un consumo total alto a comparación del resto de subsectores, pues utiliza 0.02  $\text{hm}^3$ , a pesar de que su consumo directo fue de 0.001  $\text{hm}^3$  por millón de pesos producidos, por lo que se puede inferir que la mayor parte de su consumo de agua es de manera indirecta.

Con el indicador de consumo indirecto de agua,  $iwc$ , aparecen resultados más sorprendentes: ahora resalta el subsector de Servicios relacionados con las actividades

agropecuarias y forestales (115) como el que tiene el mayor consumo indirecto de agua, pues por cada hectómetro cúbico que utiliza de manera directa, consume 125 hm<sup>3</sup> indirectamente, a pesar de que los demás indicadores mostraban cifras muy pequeñas para dicho subsector. Los subsectores que también resaltan por su alto multiplicador de consumo indirecto de agua son el subsector de Cría y explotación de animales (112), con un consumo indirecto de 42 hm<sup>3</sup> por cada 1 hm<sup>3</sup> consumido directamente, el subsector de Industria alimentaria (311), consumiendo indirectamente casi 36 hm<sup>3</sup> de agua por cada hectómetro cúbico consumido de manera directa, y el subsector de Aprovechamiento forestal (113), con un consumo indirecto de casi 28 hm<sup>3</sup> por hm<sup>3</sup> de consumo directo.

### **C. Transacciones intersectoriales de agua virtual**

El flujo de agua virtual, representada por la matriz **W** (ecuación 23 del cap. 3), muestra la distribución de las concesiones directas de agua incorporadas en las relaciones intersectoriales de la economía mexicana. La suma por renglón es el total de agua consumida directamente por cada sector, es decir, el indicador  $w_d$ . La suma por columna indica el agua incorporada en las compras que un sector necesita para poder producir. En otras palabras, la matriz **W** muestra las relaciones intersectoriales de agua virtual. La suma de todas las entradas de la matriz **W** coincide con el total de concesionada que publica Conagua, a diferencia que en la matriz se expresa distribuida entre los 19 sectores económicos, y no por región hidrológico-administrativa.

En el Cuadro 9 se puede observar que el sector de Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza (11) tiene la mayor cantidad de agua incorporada en sus ventas, con 61.22 km<sup>3</sup> de la cual el 50% se utiliza para insumos del mismo sector (color gris, Cuadro 9), el 42% es para insumos que necesitan los sectores de Industrias manufactureras (31-33), resaltado en color gris, y el restante se distribuye entre los demás sectores<sup>4</sup>. También destacan los sectores 31-33, con un total de 4.09 km<sup>3</sup>. El 83% corresponde al consumo intermedio interno del sector (azul marino, Cuadro 9).

Figurando como uno de los mayores consumidores de agua está el sector de Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final (22) con un total de 4.07 km<sup>3</sup> de agua utilizada directamente por el sector,

---

<sup>4</sup> 1 km<sup>3</sup>=1,000 hm<sup>3</sup>

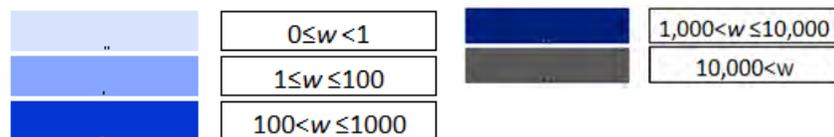
de las que el 36% van a su mismo sector, el 23% provienen de los sectores manufactureros (31-33), y el restante se distribuye entre los demás sectores. Sin embargo, hay una brecha importante entre el agua incorporada en las ventas del sector agrícola con las de los sectores manufactureros y el de Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, agua y gas. Hay sectores en los que el agua incorporada en los insumos ofrecidos a los otros sectores es poca, destacando el sector 71 (Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos) con sólo 51.6 hm<sup>3</sup>, que el 97% va a su mismo sector.

Por el otro lado, los sectores manufactureros (31-33) son los que demandan más agua en los insumos que produce el resto de la economía, con un total de 31.24 km<sup>3</sup>, de los cuales el 82% se encuentra incorporada en los productos del sector 11, y el 11% en los productos de su mismo sector. Destaca también el caso del sector Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza (11), pues el total de agua incorporada en su demanda intersectorial de insumos es de 30.5 km<sup>3</sup>, siendo el 99.6% proveniente del mismo sector. Mientras que hay sectores con una poca cantidad de agua incorporada en los insumos demandados a otros sectores, como el caso del sector 55 (Corporativos), con un total de agua de sólo 4.22 km<sup>3</sup>, de la cual, el 72% proviene del mismo sector

Cuadro 9. Flujo de agua virtual en México entre 19 sectores, 2008

Sectores	11	21	22	23	31-33	43-46	48-49	51	52	53	54	55	56	61	62	71	72	81	93	Σ
11	30,372.18	170.12	248.56	1,914.44	25,638.78	438.69	1,132.78	85.43	72.27	168.00	12.05	0.45	6.33	64.13	205.38	24.30	231.32	105.75	329.56	61,221
21	2.78	357.34	3.59	32.71	288.67	5.19	12.90	1.02	0.84	2.03	0.14	0.01	0.07	0.82	2.37	0.29	2.70	1.26	3.82	719
22	55.48	55.91	1,486.03	182.68	940.28	304.54	122.74	44.19	35.96	156.96	9.20	0.19	4.16	118.02	110.35	27.12	183.25	63.16	175.05	4,075
23	0.40	1.31	0.29	1,083.54	3.23	1.08	1.11	0.03	0.03	0.19	0.01	0.00	0.00	1.87	2.86	0.08	0.22	0.18	1.48	1,098
31-33	29.11	22.44	32.80	247.46	3,383.29	57.87	149.46	11.27	9.53	22.16	1.59	0.06	0.84	8.45	26.70	3.21	30.43	13.86	43.47	4,094
43-46	30.03	20.30	24.09	218.52	643.39	2,527.36	96.11	17.61	9.37	15.73	1.52	0.04	0.70	7.91	27.99	2.64	22.74	15.11	38.04	3,719
48-49	2.39	2.20	2.73	19.13	69.26	10.46	632.70	3.48	4.63	2.22	0.47	0.01	0.17	1.88	3.54	0.44	1.99	1.72	11.58	771
51	0.50	1.16	0.61	13.80	16.90	9.46	6.89	228.35	22.08	5.28	1.04	0.04	0.32	5.27	3.33	0.95	2.22	2.42	14.17	335
52	1.61	2.53	0.71	29.40	25.37	8.80	8.04	5.12	283.08	7.35	1.04	0.02	0.24	1.97	1.46	0.69	2.41	0.79	16.91	398
53	1.39	2.66	0.84	14.70	38.94	36.28	11.15	6.85	7.07	897.94	1.41	0.06	0.31	5.30	4.52	1.39	3.39	8.93	7.54	1,051
54	1.05	6.24	1.88	22.68	55.40	17.56	23.10	8.18	13.28	13.07	48.50	0.19	0.72	6.59	12.27	1.54	4.96	4.78	16.09	258
55	0.33	3.23	0.54	3.81	21.23	7.34	6.14	2.95	7.41	1.35	0.19	3.02	0.14	0.86	0.86	0.22	1.54	0.60	1.62	63
56	1.72	5.19	1.94	30.23	97.88	55.66	22.58	10.17	11.14	6.10	2.86	0.12	22.12	5.42	7.92	2.87	15.87	5.40	12.35	318
61	0.01	0.01	0.05	0.14	0.23	0.09	0.33	0.04	0.28	0.04	0.05	0.00	0.01	355.52	0.03	0.04	0.02	0.01	0.06	357
62	0.01	0.01	0.01	0.07	0.14	0.03	0.03	0.01	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	242.36	0.00	0.01	0.01	0.03	243
71	0.01	0.03	0.01	0.08	0.32	0.10	0.07	0.30	0.11	0.04	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02	49.88	0.02	0.02	0.56	52
72	0.24	0.71	0.34	5.82	8.62	3.35	4.22	1.57	1.61	0.82	0.15	0.01	0.15	1.90	1.88	0.24	226.79	0.75	12.45	272
81	0.49	0.65	0.34	6.93	10.51	4.19	6.42	0.63	2.93	1.80	0.31	0.01	0.06	1.25	3.52	0.76	2.15	185.98	4.44	233
93	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	437.15	437
Σ	30,500	652	1,805	3,826	31,242	3,488	2,237	427	482	1,301	81	4	36	587	657	117	732	411	1,126	79,712

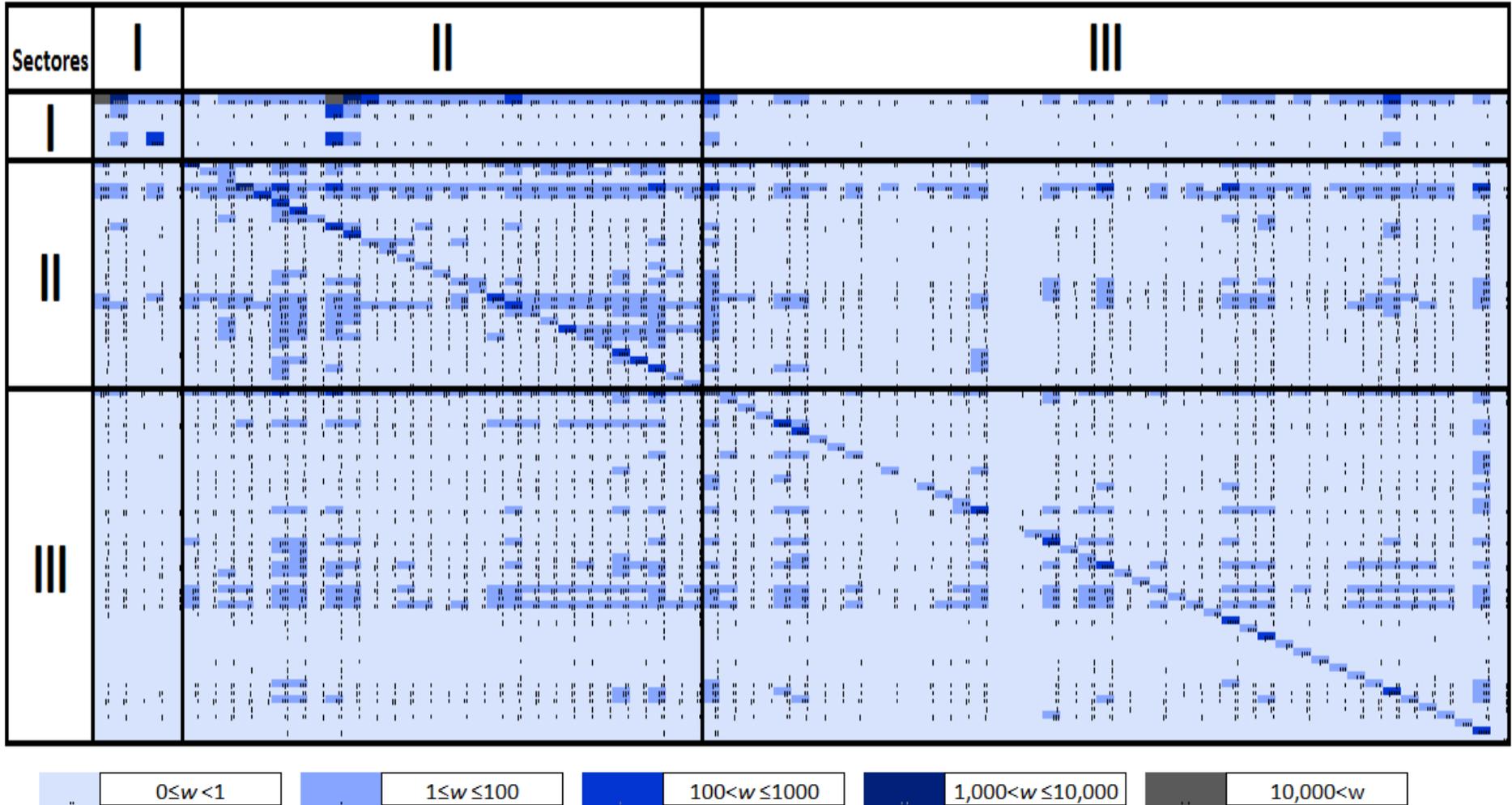
Fuente: elaboración propia con datos de Conagua (2014) e INEGI (2008)



En la Figura 7 se visualiza mejor el flujo de agua virtual entre los 79 subsectores de México para el 2008. Como ya se había dicho con el indicador  $w_d$ , uno de los subsectores del sector 11, el de Agricultura (111), es el que tiene el mayor consumo directo de agua con  $60 \text{ km}^3$ , del cual, el 58% se destina a producir insumos que el mismo sector utiliza ( $34 \text{ km}^3$ ), el 33% es agua utilizada para producir insumos que necesita el subsector 311 de la Industria alimentaria ( $19.5 \text{ km}^3$ ), y el resto es para satisfacer la demanda de insumos de los demás sectores. El siguiente subsector con mayor cantidad de agua utilizada directamente es el Comercio (431), de la que el 68% se destina a producir el servicio que el mismo sector utiliza, el 13% se destina a los subsectores 311, Edificación (236), y Fabricación de equipo de transporte (336), mientras que el resto es el agua utilizada para el servicio que requiere el resto de la economía. Cabe destacar que el sector 43 no se desagregó en más subsectores, explicando así su alta cantidad de agua utilizada directamente. En este mismo orden, se tiene al subsector de Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica (221), que de sus  $3.6 \text{ km}^3$  de agua que usa de manera directa, el 36% es para uso del mismo subsector, mientras que el 8% es para la producción que el subsector 431 demanda del subsector 221, 5% para el 311, 5% para el 236, y el resto se destina a los demás subsectores.

Ahora, al analizar el total de agua incorporada en los productos que necesita cada subsector del resto de la economía, encontramos de nueva cuenta al subsector de Agricultura (111) con el mayor consumo de agua proveniente de la producción del resto de la economía, es decir, el agua incorporada en los insumos que necesita el subsector Agricultura de los demás subsectores para su producción, que de los casi  $35 \text{ km}^3$  de agua, que equivale al 44% del total, el 99.8% proviene de insumos que el mismo subsector produce. Después tenemos al subsector de la Industria alimentaria (311), con  $21 \text{ km}^3$  de agua incorporada en los productos que demanda al total de la economía, equivalentes al 26% del total, de los cuales, el 93% proviene de insumos que el subsector Agricultura produce, mientras que el 3% es de insumos que el mismo subsector 311 produce.

Figura 7. Flujo de agua virtual en México entre 79 subsectores, 2008  
-hm3-



Fuente: elaboración propia con datos de Conagua (2014) e INEGI (2008)

Nota: el cuadro completo está disponible en [https://drive.google.com/open?id=1XM4nfOxa\\_OKhOIlnaPvFdkFKFYnUoq](https://drive.google.com/open?id=1XM4nfOxa_OKhOIlnaPvFdkFKFYnUoq)

## D. Patrones alternativos de consumo en México

Al realizar un análisis de consumo de agua, no es suficiente con las interrelaciones de agua entre los sectores, es decir, sólo viendo el flujo de agua virtual, sino que es necesario incorporar el concepto de huella hídrica, pues es la que nos permite incluir el consumo. Para ello, se utilizará el indicador  $w_d^*$  como el factor de producción, pues la cantidad de agua que cada sector utiliza directamente por unidad producida. Así, al multiplicarse por la matriz de Leontief (la inversa de la diferencia entre la matriz identidad y la matriz de insumo producto) se obtendrá un vector  $m$ , en el que cada elemento representa la huella hídrica de la economía para satisfacer una unidad de demanda final por cada sector.

El Cuadro 10 muestra la cantidad de agua que la economía necesita para satisfacer un millón de demanda final: el 72% de la huella hídrica de la economía mexicana es para satisfacer un millón de pesos de demanda final del sector Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza (11); el 7% para satisfacer un millón de pesos de demanda final del sector Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final (22); mientras que el 4% es para satisfacer cada millón de pesos de demanda final del sector Industrias manufactureras (31-33). El resto se reparte entre los otros 16 sectores.

**Cuadro 10. Huella hídrica nacional para satisfacer un millón de pesos de demanda final sectorial, 2008**

<b>Código SCIAN</b>	<b>Sectores económicos</b>	<b>hm<sup>3</sup> por millón de pesos de demanda del sector <i>i</i></b>	<b>% de la huella hídrica total</b>
11	Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	0.1106	72.43
21	Minería	0.0011	0.70
22	Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final	0.0110	7.18
23	Construcción	0.0022	1.44
31-33	Industrias Manufactureras	0.0065	4.25
43-46	Comercio	0.0023	1.50
48-49	Transportes, correos y almacenamiento	0.0024	1.59
51	Información en medios masivos	0.0013	0.86
52	Servicios financieros y de seguros	0.0012	0.82
53	Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	0.0010	0.64
54	Servicios profesionales, científicos y técnicos	0.0012	0.78
55	Corporativos	0.0010	0.65
56	Servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos y servicios de remediación	0.0011	0.74
61	Servicios educativos	0.0011	0.72
62	Servicios de salud y de asistencia social	0.0018	1.18
71	Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	0.0016	1.02
72	Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	0.0021	1.41
81	Otros servicios excepto actividades gubernamentales	0.0015	0.97
93	Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales	0.0017	1.12

Fuente: elaboración propia con datos de Conagua (2014) e INEGI (2008).

Nota: los datos de la tercera columna son los mismos que se presentaron en el Cuadro 8 como “Consumo total, w\*”.

Desagregando los datos para los 79 subsectores de la economía mexicana, en la Tabla 3 del Anexo se muestra que casi el 40% de la huella hídrica es para satisfacer un millón de pesos de demanda final del subsector Agricultura (111), el 19% es para el subsector de Pesca, caza y captura (114), el 7% para el subsector de Cría y explotación de animales (112), el 5% para el subsector de la Industria alimentaria (311), y el resto es para satisfacer cada millón de pesos de demanda final de los otros 75 sectores. Estos resultados son muy coherentes con los obtenidos en el apartado B de este capítulo, pues son subsectores que utilizan una gran cantidad de agua total.

Sin embargo, lo que importa es analizar la huella hídrica intersectorial, pero quitando el supuesto de que todos los sectores consumen el mismo millón de pesos de demanda final. Así, se calcula la matriz de la huella hídrica del patrón de consumo en México (matriz **H**, ecuación 28 del cap. 3), utilizando un vector de demanda final ponderada a cada sector. Esta matriz muestra el consumo de agua en m<sup>3</sup> de una demanda final total de un millón de pesos repartido entre todos los sectores según su porcentaje.

El Cuadro 11 se puede ver que ahora son los sectores manufactureros (31-33) los que tienen la huella hídrica de consumo más alta de la economía, utilizando 2,165 m<sup>3</sup> de agua para satisfacer el 33% de la demanda final de la economía en su conjunto. Sin embargo, sólo el 11% de la huella hídrica proviene del mismo sector, mientras que el 82% es del sector Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza, resaltando en el Cuadro 11 con color café, y el resto de los otros sectores. El siguiente sector con una huella hídrica muy alta es precisamente el de Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza (11), con casi 2,114 m<sup>3</sup> de agua, siendo el resultado muy parecido al de los sectores 31-33. No obstante, casi toda esa huella hídrica proviene del mismo sector agrícola.

**Cuadro 11. La huella hídrica del patrón de consumo en México para 19 sectores, 2008**  
-m<sup>3</sup>-

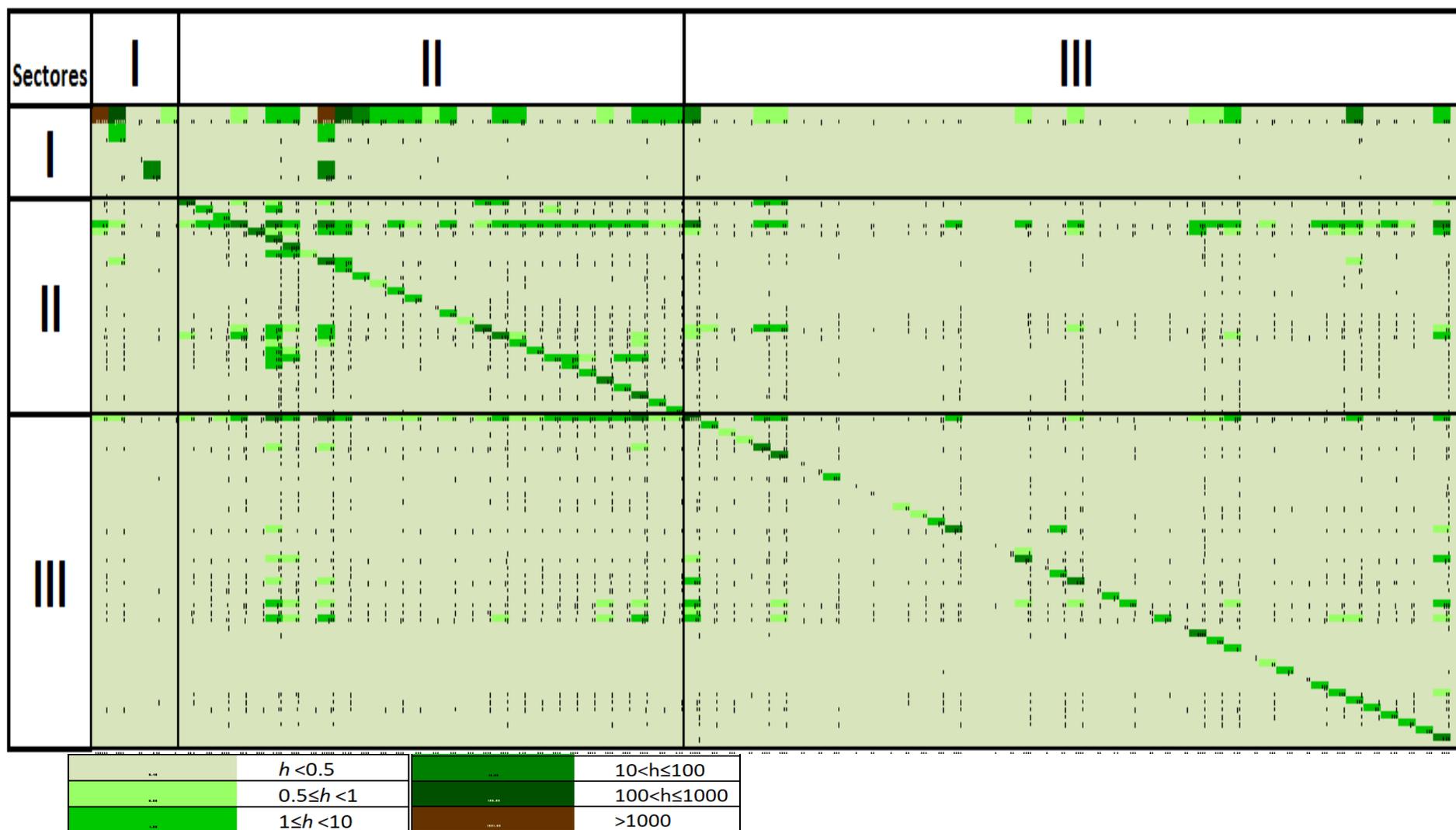
Sectores	11	21	22	23	31-33	43-46	48-49	51	52	53	54	55	56	61	62	71	72	81	93
11	2104.95	11.79	17.23	132.68	1776.90	30.40	78.51	5.92	5.01	11.64	0.84	0.03	0.44	4.44	14.23	1.68	16.03	7.33	22.84
21	0.19	24.77	0.25	2.27	20.01	0.36	0.89	0.07	0.06	0.14	0.01	0.00	0.01	0.06	0.16	0.02	0.19	0.09	0.26
22	3.84	3.87	102.99	12.66	65.17	21.11	8.51	3.06	2.49	10.88	0.64	0.01	0.29	8.18	7.65	1.88	12.70	4.38	12.13
23	0.03	0.09	0.02	75.10	0.22	0.08	0.08	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.13	0.20	0.01	0.02	0.01	0.10
31-33	2.02	1.56	2.27	17.15	234.48	4.01	10.36	0.78	0.66	1.54	0.11	0.00	0.06	0.59	1.85	0.22	2.11	0.96	3.01
43-46	2.08	1.41	1.67	15.14	44.59	175.16	6.66	1.22	0.65	1.09	0.11	0.00	0.05	0.55	1.94	0.18	1.58	1.05	2.64
48-49	0.17	0.15	0.19	1.33	4.80	0.73	43.85	0.24	0.32	0.15	0.03	0.00	0.01	0.13	0.25	0.03	0.14	0.12	0.80
51	0.03	0.08	0.04	0.96	1.17	0.66	0.48	15.83	1.53	0.37	0.07	0.00	0.02	0.36	0.23	0.07	0.15	0.17	0.98
52	0.11	0.18	0.05	2.04	1.76	0.61	0.56	0.35	19.62	0.51	0.07	0.00	0.02	0.14	0.10	0.05	0.17	0.05	1.17
53	0.10	0.18	0.06	1.02	2.70	2.51	0.77	0.47	0.49	62.23	0.10	0.00	0.02	0.37	0.31	0.10	0.23	0.62	0.52
54	0.07	0.43	0.13	1.57	3.84	1.22	1.60	0.57	0.92	0.91	3.36	0.01	0.05	0.46	0.85	0.11	0.34	0.33	1.12
55	0.02	0.22	0.04	0.26	1.47	0.51	0.43	0.20	0.51	0.09	0.01	0.21	0.01	0.06	0.06	0.02	0.11	0.04	0.11
56	0.12	0.36	0.13	2.10	6.78	3.86	1.56	0.70	0.77	0.42	0.20	0.01	1.53	0.38	0.55	0.20	1.10	0.37	0.86
61	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	24.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
62	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.80	0.00	0.00	0.00	0.00
71	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.46	0.00	0.00	0.04
72	0.02	0.05	0.02	0.40	0.60	0.23	0.29	0.11	0.11	0.06	0.01	0.00	0.01	0.13	0.13	0.02	15.72	0.05	0.86
81	0.03	0.04	0.02	0.48	0.73	0.29	0.44	0.04	0.20	0.12	0.02	0.00	0.00	0.09	0.24	0.05	0.15	12.89	0.31
93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.30
Σ	2113.79	45.19	125.12	265.17	2165.27	241.75	155.02	29.61	33.38	90.17	5.58	0.29	2.52	40.70	45.56	8.08	50.73	28.47	78.06
Proporción de la diagonal entre el total de cada sector	99.58%	54.80%	82.31%	28.32%	10.83%	72.46%	28.29%	53.45%	58.77%	69.01%	60.23%	71.53%	60.88%	60.55%	36.87%	42.76%	30.98%	45.28%	38.81%
Demanda final ponderada	1.9%	4.2%	1.1%	12.0%	33.4%	10.5%	6.4%	2.3%	2.7%	9.2%	0.5%	0.0%	0.2%	3.7%	2.5%	0.5%	2.4%	1.9%	4.6%

...	$h < 0.5$	...	$10 < h \leq 100$
...	$0.5 \leq h < 1$	...	$100 < h \leq 1000$
...	$1 \leq h < 10$	...	$> 1000$

Fuente: elaboración propia con datos de Conagua (2014) e INEGI (2008).

Desagregando los datos a un análisis de 79 sectores, se tiene que el subsector con mayor huella hídrica asociada a su patrón de consumo es el de Agricultura (111), con 2,413 m<sup>3</sup> de agua para satisfacer 1.31% de la demanda final de la economía, es decir, sólo este subsector demanda el 91% de lo que demanda el sector primario en su conjunto. De esto, el 99.8% proviene de productos del mismo subsector (recuadro café, Figura 8). El segundo subsector con una huella hídrica grande es el de la Industria alimentaria, con 1,458 m<sup>3</sup> de agua para satisfacer 6.8% de la demanda final total, lo que equivale al 76% de la huella hídrica de todos los sectores manufactureros. De esa huella hídrica, sólo el 3% proviene de productos del mismo subsector, mientras que el 93% es demandado de insumos del subsector Agricultura.

Figura 8. La huella hídrica del patrón de consumo en México para 79 sectores, 2008



Fuente: elaboración propia con datos de Conagua (2014) e INEGI (2008).

Nota: el cuadro completo está disponible en [https://drive.google.com/open?id=1XM4nfOxa\\_OKhOImnaPvFdjkFKFUYnUoq](https://drive.google.com/open?id=1XM4nfOxa_OKhOImnaPvFdjkFKFUYnUoq)

Ante estos resultados se pueden hacer dos escenarios: ¿Qué pasaría si el 30% de la demanda de alimentos procesados se destinara ahora al consumo de bienes agrícolas? ¿Y si fuera el 80%? Para el caso de 19 sectores, se utilizó el supuesto de que el 30% y el 80% de la demanda final del subsector de la Industria alimentaria (311) se destina para consumir productos del sector de la Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza (11). El Cuadro 12 muestra una comparación de los resultados originales, el cambio de patrón en 30% y el cambio de patrón en 80% en tres indicadores seleccionados: la cantidad de agua directamente utilizada por cada sector ( $w_d$ ), la huella hídrica de la economía para satisfacer un millón de pesos de demanda final por cada sector ( $m$ ), y la huella hídrica de la economía para satisfacer una demanda final ponderada por cada sector (suma por columna de  $H$ ).

**Cuadro 12. Comparación de resultados ante el cambio de patrón de consumo**

Sectores económicos	Original			Cambio de patrón de consumo en 30%			Cambio de patrón de consumo en 80%		
	Total de agua concesionada, wd (hm3)	Huella hídrica ponderada, H (m3)	Demanda final ponderada	Total de agua concesionada, wd (hm3)	Huella hídrica ponderada, H (m3)	Demanda final ponderada	Total de agua concesionada, wd (hm3)	Huella hídrica ponderada, H (m3)	Demanda final ponderada
11	61,220.53	2,113.79	2%	92,155.17	4,376.07	4%	143,712.90	8,146.53	7%
21	718.54	45.19	4%	703.82	45.19	4%	679.29	45.19	4%
22	4,075.24	125.12	1%	4,077.00	125.12	1%	4,079.93	125.12	1%
23	1,097.92	265.17	12%	1,098.15	265.17	12%	1,098.54	265.17	12%
31-33	4,093.99	2,165.27	33%	3,917.84	2,032.59	31%	3,624.25	1,811.46	28%
43-46	3,719.18	241.75	11%	3,711.89	241.75	11%	3,699.74	241.75	11%
48-49	770.99	155.02	6%	769.31	155.02	6%	766.51	155.02	6%
51	334.77	29.61	2%	334.27	29.61	2%	333.43	29.61	2%
52	397.55	33.38	3%	397.71	33.38	3%	397.99	33.38	3%
53	1,050.66	90.17	9%	1,049.76	90.17	9%	1,048.26	90.17	9%
54	258.08	5.58	0%	255.81	5.58	0%	252.02	5.58	0%
55	63.40	0.29	0%	62.45	0.29	0%	60.87	0.29	0%
56	317.53	2.52	0%	313.37	2.52	0%	306.44	2.52	0%
61	356.96	40.70	4%	356.95	40.70	4%	356.94	40.70	4%
62	242.77	45.56	3%	242.77	45.56	3%	242.77	45.56	3%
71	51.62	8.08	1%	51.61	8.08	1%	51.59	8.08	1%
72	271.64	50.73	2%	271.37	50.73	2%	270.91	50.73	2%
81	233.36	28.47	2%	233.24	28.47	2%	233.03	28.47	2%
93	437.32	78.06	5%	437.31	78.06	5%	437.31	78.06	5%
$\Sigma$	79,712.04	5,524.47	100%	110,439.79	7,654.07	100%	161,652.72	11,203.40	100%

Fuente: elaboración propia con datos de Conagua (2014) e INEGI (2008)

Se puede observar que originalmente el total de agua concesionada a todos los sectores ( $w_a$ ) es de  $79,712 \text{ hm}^3$ , pero cuando se cambia el patrón de consumo a un 30%, el total de agua utilizada incrementa en casi 40% ( $110,440 \text{ hm}^3$ ), porque ahora los consumidores adquieren sus alimentos directamente del sector agrícola, que es el que más agua utiliza directamente. Análogamente, cuando cambia el patrón de consumo a un 80%, el total de agua incrementa en más del doble con respecto al original ( $161,653 \text{ hm}^3$ ). De igual manera, la huella hídrica de la economía en su conjunto para satisfacer la demanda ponderada del sector 11 incrementa en 107 y 285% respectivamente ante los cambios de patrón de consumo. Esto se debe a que la ponderación de la demanda final del sector 11 aumenta de un 2% a 4 y 7% por los supuestos que se hicieron.

El mismo análisis se puede hacer para los datos desagregados a 79 subsectores (véase Tabla 4 del Anexo). En este caso, se considera que el 30% y el 80% de la demanda final del subsector de la Industria alimentaria (311) se destina al subsector Agricultura (111) y al de Cría y explotación de animales (112). Con este análisis también se puede observar que el total de agua concesionada aumenta cuando cambiamos el patrón de consumo en 30 y 80%, pasando de los  $79,712 \text{ hm}^3$  a los  $105,583$  y  $148,700 \text{ hm}^3$  respectivamente. Esto se debe a que ahora el agua que utilizan los subsectores Agricultura y Cría y explotación de animales aumenta, pues se demandan más productos de dichos subsectores. Este aumento en la demanda de los productos de los subsectores 111 y 112 también impacta a su huella hídrica ponderada; en el subsector de la Agricultura, el aumento ante el cambio del patrón de consumo de 30 y 80% fue de un 78 y 208% respectivamente, mientras que en el subsector de Cría y explotación de animales, el aumento fue más notorio, siendo de 205 y 547% respectivamente.

## Conclusiones

En las últimas décadas se ha visto una explosión de la literatura sobre los conceptos de huella hídrica y agua virtual, reflejando su importancia en el análisis de uso del agua en el mundo. Estos dos conceptos son importantes, pues ayudan a explicar la distribución del agua utilizada en el proceso de producción de los bienes y servicios que se consumen, y así reconocer que el consumo humano está ejerciendo una fuerte presión sobre las fuentes de agua dulce, provocando escasez y contaminación.

Con datos de Conagua (2015) se calculó el índice de escasez hídrico; cuatro regiones hidrológico-administrativas presentaron un estrés hídrico alto y, además, dos presentaron un nivel de estrés hídrico muy alto, destacando el caso del Valle de México, pues es la región que posee la menor cantidad de agua renovable superficial. Además, el índice de escasez de agua subterránea mostró que las regiones de Baja California, Cuencas Centrales del Norte y Aguas del Valle de México son las que tienen una explotación por encima de los volúmenes de recarga. Esto refleja que hay una desigualdad en la distribución del agua, provocando escasez en ciertas regiones de la República.

Asimismo, los datos de uso de agua por región hidrológico-administrativa se desagregaron por tipo de uso consuntivo. Se mostró que el sector agrícola es al que se le concede más agua, con el 79% del total de agua, es decir, la mayor parte de agua en México se usa para la agricultura y ganadería, del cual, el 19% se concentra en la región Lerma Santiago-Pacífico. El segundo uso al que más se le concede agua es el de abastecimiento público, con el 15% del total, del cual, el 37% está en las regiones Lerma-Santiago-Pacífico y Valle de México, este último con el estrés hídrico más alto de México, probablemente debido a la sobrepoblación que hay en la región.

Analizando los datos de Hoekstra y Mekonnen (2011) y de Conagua (2016) para México, es notable que México, como el 6° país que más importa agua virtual, lo hiciera principalmente en productos agrícolas hasta el año 2011, mientras que ya para el 2013, la importación neta de agua virtual estaba contenida mayormente en los productos animales.

Es decir, según estos datos, la mayor parte de lo que México demanda de agua virtual del exterior está incorporada en los productos del sector primario.

Con los datos de Conagua e INEGI, se calcularon indicadores sectoriales de uso directo e indirecto de agua, siguiendo la metodología de Velázquez (2006). Se encontró que el sector 11 es el que más agua consume de manera directa y por unidad producida. Además, las industrias manufactureras tienen un consumo indirecto de agua muy alto. Desagregando, el sector Agricultura (111) es el que tiene un mayor consumo directo de agua, consumo por unidad y consumo total de agua, mientras que el sector de la Industria Alimentaria es la industria con mayor consumo directo. Los servicios relacionados con las actividades agrícolas, así como la cría y explotación animal, la industria alimentaria y el aprovechamiento forestal son los subsectores con mayor consumo indirecto de agua.

Asimismo, Velázquez (2006) hace una modificación al modelo básico de insumo-producto de Leontief para calcular las matrices intersectoriales de flujos de agua. De este cálculo se pudo notar que el sector 11 es el que tiene una mayor cantidad de agua virtual incorporada a su producción, del cual la mitad es para producir insumos de su mismo sector, y el 42% para las Industrias Manufactureras. El subsector con mayor agua virtual en su producción es el de Agricultura.

Las industrias manufactureras son las que más agua virtual demandan para sus insumos, del cual el 82% proviene del sector 11. Destaca la industria alimentaria por su gran cantidad de agua virtual demandada, del cual el 93% proviene de la agricultura. En resumen, los sectores agrícolas utilizan la mayor cantidad de agua de la economía para producir insumos, casi todos demandados por el mismo sector. La industria alimentaria demanda una gran cantidad de agua en insumos que provienen de los sectores agrícolas.

Después de realizar el análisis de las transacciones intersectoriales de agua, fue necesario incorporar el consumo de la economía mexicana. Basado en la metodología de Lenzen y Foran (2001), se utilizó el indicador de consumo directo total de agua por unidad producida  $w_d^*$  (ecuación 18 del cap. 3) como el factor de producción y se multiplicó por la matriz

inversa de Leontief, para obtener un vector renglón, en el que cada elemento representa la huella hídrica de la economía para satisfacer un millón de pesos de demanda final. Los resultados fueron los mismos que al calcular el indicador de Consumo Total,  $w^*$ .

Sin embargo, al utilizar el modelo de Lenzen y Foren (2001), se está suponiendo que todos los sectores demandan el mismo millón de pesos de demanda final. Por ello, fue necesario hacer ajustes a las ecuaciones: primero, se convirtió al vector  $w_d^{*j}$  en una matriz diagonal, para que al multiplicarla por la matriz inversa de Leontief, diera como resultado una matriz cuadrada de huella hídrica intersectorial. Finalmente, a la matriz de huella hídrica intersectorial se le multiplicó por una matriz diagonal que representaba la demanda final ponderada a cada sector, obteniendo así la huella hídrica de la economía para satisfacer  $r_j$  unidades de demanda final del sector  $j$  (ecuación 28 del cap. 3).

Así, al calcular la huella hídrica intersectorial ponderada, las industrias manufactureras son las que tienen la huella hídrica más alta, pero sólo el 11% proviene de su mismo sector, mientras que el 82% es del sector agrícola. Cuando se desagregan los datos, la Agricultura es el sector con la huella hídrica más alta de la economía, que proviene del mismo sector. El siguiente subsector con mayor huella hídrica es el de la Industria Alimentaria, del cual sólo el 3% proviene de la misma industria y el 93% de la agricultura. Es interesante ver que las industrias manufactureras, en especial la alimentaria, tienen una huella hídrica muy alta, sin embargo, no se encuentra en su propio proceso de producción, sino en su cadena de suministro.

Dado lo anterior, se realizaron dos escenarios alternativos ante posibles cambios en el patrón de consumo de la economía mexicana. Se notó que cuando se suponen cambios del 30% y 80% hacia el sector agrícola, la huella hídrica total de la economía aumenta, porque los consumidores adquieren sus productos directamente de dicho sector, que es el que más agua utiliza de manera directa, aumentando la ponderación de su demanda final. Con esto es posible decir que la huella hídrica no es estática, sino que es inherente a los cambios en el patrón de consumo.

Además, se reconoce que en esta investigación hace falta tomar en cuenta más factores, como los cambios tecnológicos que puede haber en la producción o del desarrollo de nuevas tecnologías en la industria, y que también podrían modificar el patrón de la huella hídrica. Sin embargo, el objetivo de esta tesis fue analizar los patrones de consumo en México, como un factor que es bastante relevante en la contabilidad de la huella hídrica.

A pesar de que este trabajo no propone políticas económicas al respecto, es importante mencionar la necesidad de repensar la política hídrica en México, tomando en cuenta al agua como un factor de la producción, para así hacer una asignación eficiente del agua en las actividades productivas como recurso escaso.

## Anexo

**Tabla 1. Equivalencias para las clasificaciones del SCIAN y del REPDA**

<b>Código SCIAN</b>	<b>Sector</b>	<b>Equivalencia REPDA</b>	<b>No. REPDA</b>	<b>Uso</b>
11	Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	1, 2, 4, 7, 9, 12	1	Agrícola
21	Minería	5, 6, 8c	2	Agroindustrial
22	Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final	11	3	Doméstico
23	Construcción	5, 6, 8c	4	Acuicultura
31-33	Industrias Manufactureras	5, 6, 8c	5	Servicios
43-46	Comercio	8b, 10	6	Industrial
48-49	Transportes, correos y almacenamiento	8a	7	Pecuario
51	Información en medios masivos	8a	8	Público urbano
52	Servicios financieros y de seguros	8a	8a	Servicios
53	Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	8a	8b	Comercio
54	Servicios profesionales, científicos y técnicos	8a	8c	Industria
55	Corporativos	8a	9	Usos Múltiples
56	Servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos y servicios de remediación	8a	10	Comercio
61	Servicios educativos	8a	11	Termoeléctricas
62	Servicios de salud y de asistencia social	8a	12	Otros
71	Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	8a		
72	Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	8a		
81	Otros servicios excepto actividades gubernamentales	8a		
93	Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales	8a		

Nota: el uso 3) doméstico se considera en la demanda final

**Tabla 2. Indicadores de uso directo e indirecto de agua en México, por subsector económico**

	<b>Sectores</b>	<b>W<sub>d</sub></b>	<b>W<sub>d</sub><sup>*</sup></b>	<b>w<sup>*</sup></b>	<b>wcm</b>	<b>iwc</b>
111	Agricultura	59,987.03	0.181	0.184	1.019	0.019
112	Cría y explotación de animales	189.29	0.001	0.034	43.190	42.190
113	Aprovechamiento forestal	0.71	0.000	0.001	28.959	27.959
114	Pesca, caza y captura	1,043.22	0.086	0.088	1.025	0.025
115	Servicios relacionados con las actividades agropecuarias y forestales	0.27	0.000	0.005	126.138	125.138
211	Extracción de petróleo y gas	562.75	0.001	0.001	1.185	0.185
212	Minería de minerales metálicos y no metálicos, excepto petróleo y gas	77.91	0.001	0.001	2.281	1.281
213	Servicios relacionados con la minería	77.88	0.001	0.001	2.110	1.110
221	Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica	3,609.48	0.009	0.010	1.077	0.077
222	Suministro de agua y suministro de gas por ductos al consumidor final	465.76	0.009	0.009	1.050	0.050
236	Edificación	743.44	0.001	0.001	2.064	1.064
237	Construcción de obras de ingeniería civil	278.13	0.001	0.001	2.261	1.261
238	Trabajos especializados para la construcción	76.35	0.001	0.001	2.317	1.317
311	Industria alimentaria	703.44	0.001	0.021	36.649	35.649
312	Industria de las bebidas y del tabaco	138.20	0.001	0.009	15.357	14.357
313	Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles	31.67	0.001	0.008	13.444	12.444
314	Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir	17.60	0.001	0.003	4.301	3.301
315	Fabricación de prendas de vestir	71.81	0.001	0.002	2.974	1.974
316	Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos	27.06	0.001	0.004	6.039	5.039
321	Industria de la madera	27.53	0.001	0.003	4.427	3.427
322	Industria del papel	81.11	0.001	0.002	3.453	2.453
323	Impresión e industrias conexas	25.93	0.001	0.002	2.664	1.664
324	Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	452.12	0.001	0.001	1.822	0.822
325	Industria química	500.71	0.001	0.002	2.758	1.758
326	Industria del plástico y del hule	117.00	0.001	0.002	2.589	1.589
327	Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	130.50	0.001	0.002	2.685	1.685
331	Industrias metálicas básicas	263.80	0.001	0.002	3.037	2.037
332	Fabricación de productos metálicos	134.64	0.001	0.001	2.498	1.498
333	Fabricación de maquinaria y equipo	96.74	0.001	0.001	1.982	0.982
334	Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos	438.67	0.001	0.001	1.288	0.288
335	Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica	145.18	0.001	0.001	1.947	0.947
336	Fabricación de equipo de transporte	565.14	0.001	0.001	1.954	0.954
337	Fabricación de muebles, colchones y persianas	37.18	0.001	0.001	2.558	1.558
339	Otras industrias manufactureras	87.99	0.001	0.001	1.913	0.913
431	Comercio	3,719.18	0.002	0.002	1.332	0.332
481	Transporte aéreo	53.46	0.001	0.002	2.466	1.466

482	Transporte por ferrocarril	17.84	0.001	0.001	1.791	0.791
483	Transporte por agua	10.36	0.001	0.001	1.479	0.479
484	Autotransporte de carga	317.37	0.001	0.001	1.618	0.618
485	Transporte terrestre de pasajeros, excepto por ferrocarril	274.55	0.001	0.001	1.924	0.924
486	Transporte por ductos	8.46	0.001	0.001	1.956	0.956
487	Transporte turístico	2.71	0.001	0.001	1.924	0.924
488	Servicios relacionados con el transporte	56.95	0.001	0.001	1.660	0.660
491	Servicios postales	2.54	0.001	0.001	1.437	0.437
492	Servicios de mensajería y paquetería	13.99	0.001	0.001	2.068	1.068
493	Servicios de almacenamiento	12.76	0.001	0.002	2.521	1.521
511	Edición de periódicos, revistas, libros, software y otros materiales, y edición de estas publicaciones integrada con la impresión	21.56	0.001	0.001	1.867	0.867
512	Industria fílmica y del video, e industria del sonido	11.61	0.001	0.002	2.282	1.282
515	Radio y televisión	22.03	0.001	0.001	2.186	1.186
517	Otras telecomunicaciones	275.79	0.001	0.001	1.504	0.504
518	Procesamiento electrónico de información, hospedaje y otros servicios relacionados	2.62	0.001	0.001	1.982	0.982
519	Otros servicios de información	1.16	0.001	0.001	1.917	0.917
521	Banca central	16.77	0.001	0.001	1.180	0.180
522	Instituciones de intermediación crediticia y financiera no bursátil	280.97	0.001	0.001	1.534	0.534
523	Actividades bursátiles, cambiarias y de inversión financiera	15.00	0.001	0.001	1.680	0.680
524	Compañías de fianzas, seguros y pensiones	84.81	0.001	0.001	2.046	1.046
531	Servicios inmobiliarios	1,009.89	0.001	0.001	1.290	0.290
532	Servicios de alquiler de bienes muebles	22.65	0.001	0.001	1.753	0.753
533	Servicios de alquiler de marcas registradas, patentes y franquicias	18.13	0.001	0.001	1.056	0.056
541	Servicios profesionales, científicos y técnicos	258.08	0.001	0.001	1.551	0.551
551	Corporativos	63.40	0.001	0.001	1.355	0.355
561	Servicios de apoyo a los negocios	313.41	0.001	0.001	1.420	0.420
562	Manejo de desechos y servicios de remediación	4.12	0.001	0.001	2.063	1.063
611	Servicios educativos	356.96	0.001	0.001	1.496	0.496
621	Servicios médicos de consulta externa y servicios relacionados	98.80	0.001	0.001	1.675	0.675
622	Hospitales	130.20	0.001	0.002	2.315	1.315
623	Residencias de asistencia social y para el cuidado de la salud	1.42	0.001	0.002	2.848	1.848
624	Otros servicios de asistencia social	12.33	0.001	0.002	3.302	2.302
711	Servicios artísticos, culturales y deportivos, y otros servicios relacionados	17.15	0.001	0.001	1.291	0.291
712	Museos, sitios históricos, zoológicos y similares	3.80	0.001	0.001	2.224	1.224
713	Servicios de entretenimiento en instalaciones recreativas y otros servicios recreativos	30.67	0.001	0.001	2.231	1.231
721	Servicios de alojamiento temporal	116.42	0.001	0.002	2.360	1.360
722	Servicios de preparación de alimentos y bebidas	155.22	0.001	0.003	4.938	3.938
811	Servicios de reparación y mantenimiento	75.12	0.001	0.001	1.900	0.900
812	Servicios personales	87.24	0.001	0.001	1.824	0.824
813	Asociaciones y organizaciones	32.66	0.001	0.001	1.838	0.838
814	Hogares con empleados domésticos	38.34	0.001	0.001	1.000	0.000
931	Actividades legislativas, gubernamentales y de impartición de justicia	436.96	0.001	0.001	2.039	1.039
932	Organismos internacionales y extraterritoriales	0.35	0.001	0.003	4.127	3.127

**Tabla 3. Huella hídrica por unidad producida para la economía mexicana por subsector, 2008**

<b>Código SCIAN</b>	<b>Sectores económicos</b>	<b>Huella hídrica (hm3 por millón de pesos)</b>	<b>% de la huella hídrica total</b>
111	Agricultura	0.1841	39.5
112	Cría y explotación de animales	0.0340	7.3
113	Aprovechamiento forestal	0.0011	0.2
114	Pesca, caza y captura	0.0878	18.9
115	Servicios relacionados con las actividades agropecuarias y forestales	0.0049	1.0
211	Extracción de petróleo y gas	0.0007	0.1
212	Minería de minerales metálicos y no metálicos, excepto petróleo y gas	0.0013	0.3
213	Servicios relacionados con la minería	0.0012	0.3
221	Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica	0.0096	2.1
222	Suministro de agua y suministro de gas por ductos al consumidor final	0.0093	2.0
236	Edificación	0.0012	0.3
237	Construcción de obras de ingeniería civil	0.0013	0.3
238	Trabajos especializados para la construcción	0.0014	0.3
311	Industria alimentaria	0.0214	4.6
312	Industria de las bebidas y del tabaco	0.0090	1.9
313	Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles	0.0078	1.7
314	Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir	0.0025	0.5
315	Fabricación de prendas de vestir	0.0017	0.4
316	Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos	0.0035	0.8
321	Industria de la madera	0.0026	0.6
322	Industria del papel	0.0020	0.4
323	Impresión e industrias conexas	0.0016	0.3
324	Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	0.0011	0.2
325	Industria química	0.0016	0.3
326	Industria del plástico y del hule	0.0015	0.3
327	Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	0.0016	0.3
331	Industrias metálicas básicas	0.0018	0.4
332	Fabricación de productos metálicos	0.0015	0.3
333	Fabricación de maquinaria y equipo	0.0012	0.2
334	Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos	0.0008	0.2
335	Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica	0.0011	0.2
336	Fabricación de equipo de transporte	0.0011	0.2
337	Fabricación de muebles, colchones y persianas	0.0015	0.3
339	Otras industrias manufactureras	0.0011	0.2
431	Comercio	0.0022	0.5
481	Transporte aéreo	0.0016	0.4
482	Transporte por ferrocarril	0.0012	0.3

483	Transporte por agua	0.0010	0.2
484	Autotransporte de carga	0.0011	0.2
485	Transporte terrestre de pasajeros, excepto por ferrocarril	0.0013	0.3
486	Transporte por ductos	0.0013	0.3
487	Transporte turístico	0.0013	0.3
488	Servicios relacionados con el transporte	0.0011	0.2
491	Servicios postales	0.0010	0.2
492	Servicios de mensajería y paquetería	0.0014	0.3
493	Servicios de almacenamiento	0.0017	0.4
511	Edición de periódicos, revistas, libros, software y otros materiales, y edición de estas publicaciones integrada con la impresión	0.0012	0.3
512	Industria fílmica y del video, e industria del sonido	0.0015	0.3
515	Radio y televisión	0.0015	0.3
517	Otras telecomunicaciones	0.0010	0.2
518	Procesamiento electrónico de información, hospedaje y otros servicios relacionados	0.0013	0.3
519	Otros servicios de información	0.0013	0.3
521	Banca central	0.0008	0.2
522	Instituciones de intermediación crediticia y financiera no bursátil	0.0010	0.2
523	Actividades bursátiles, cambiarias y de inversión financiera	0.0011	0.2
524	Compañías de fianzas, seguros y pensiones	0.0014	0.3
531	Servicios inmobiliarios	0.0009	0.2
532	Servicios de alquiler de bienes muebles	0.0012	0.3
533	Servicios de alquiler de marcas registradas, patentes y franquicias	0.0007	0.2
541	Servicios profesionales, científicos y técnicos	0.0010	0.2
551	Corporativos	0.0009	0.2
561	Servicios de apoyo a los negocios	0.0009	0.2
562	Manejo de desechos y servicios de remediación	0.0014	0.3
611	Servicios educativos	0.0010	0.2
621	Servicios médicos de consulta externa y servicios relacionados	0.0011	0.2
622	Hospitales	0.0015	0.3
623	Residencias de asistencia social y para el cuidado de la salud	0.0019	0.4
624	Otros servicios de asistencia social	0.0022	0.5
711	Servicios artísticos, culturales y deportivos, y otros servicios relacionados	0.0009	0.2
712	Museos, sitios históricos, zoológicos y similares	0.0015	0.3
713	Servicios de entretenimiento en instalaciones recreativas y otros servicios recreativos	0.0015	0.3
721	Servicios de alojamiento temporal	0.0016	0.3
722	Servicios de preparación de alimentos y bebidas	0.0033	0.7
811	Servicios de reparación y mantenimiento	0.0013	0.3
812	Servicios personales	0.0012	0.3
813	Asociaciones y organizaciones	0.0012	0.3
814	Hogares con empleados domésticos	0.0007	0.1
931	Actividades legislativas, gubernamentales y de impartición de justicia	0.0014	0.3
932	Organismos internacionales y extraterritoriales	0.0027	0.6

**Tabla 4. Comparación de resultados ante el cambio de patrón de consumo, 79 subsectores**

Sector económico	Original			Cambio de patrón de consumo en 30%			Cambio de patrón de consumo en 80%		
	Total de agua concesionada, wd (hm3)	Huella hídrica ponderada, H (m3)	Demanda final ponderada	Total de agua concesionada, wd (hm3)	Huella hídrica ponderada, H (m3)	Demanda final ponderada	Total de agua concesionada, wd (hm3)	Huella hídrica ponderada, H (m3)	Demanda final ponderada
111	59,987.03	2,412.69	1.31%	86,035.41	4,295.28	1.65%	129,449.37	7,432.92	4.04%
112	189.29	169.40	0.50%	272.83	517.13	0.84%	412.05	1,096.70	3.22%
113	0.71	0.23	0.02%	0.71	0.23	0.02%	0.70	0.23	0.02%
114	1,043.22	60.98	0.07%	999.43	60.98	0.07%	926.45	60.98	0.07%
115	0.27	0.60	0.01%	0.34	0.60	0.01%	0.46	0.60	0.01%
211	562.75	21.08	3.05%	562.80	21.08	3.05%	562.88	21.08	3.05%
212	77.91	3.14	0.24%	78.08	3.14	0.24%	78.37	3.14	0.24%
213	77.88	11.33	0.92%	77.87	11.33	0.92%	77.86	11.33	0.92%
221	3,609.48	96.03	1.00%	3,594.26	96.03	1.00%	3,568.90	96.03	1.00%
222	465.76	12.74	0.14%	473.43	12.74	0.14%	486.22	12.74	0.14%
236	743.44	105.67	8.77%	743.44	105.67	8.77%	743.43	105.67	8.77%
237	278.13	41.52	3.15%	278.12	41.52	3.15%	278.12	41.52	3.15%
238	76.35	1.58	0.12%	76.57	1.58	0.12%	76.94	1.58	0.12%
311	703.44	1,457.85	6.82%	526.42	1,020.50	6.13%	231.39	291.57	1.36%
312	138.20	140.89	1.57%	138.11	140.89	1.57%	137.98	140.89	1.57%
313	31.67	13.42	0.17%	31.63	13.42	0.17%	31.58	13.42	0.17%
314	17.60	3.83	0.15%	17.68	3.83	0.15%	17.83	3.83	0.15%
315	71.81	13.46	0.78%	71.76	13.46	0.78%	71.68	13.46	0.78%
316	27.06	8.93	0.25%	26.98	8.93	0.25%	26.86	8.93	0.25%
321	27.53	1.45	0.06%	27.53	1.45	0.06%	27.52	1.45	0.06%
322	81.11	6.83	0.34%	80.31	6.83	0.34%	78.98	6.83	0.34%
323	25.93	1.35	0.09%	25.80	1.35	0.09%	25.58	1.35	0.09%
324	452.12	22.69	2.13%	451.77	22.69	2.13%	451.19	22.69	2.13%
325	500.71	45.51	2.83%	502.44	45.51	2.83%	505.33	45.51	2.83%
326	117.00	10.15	0.67%	115.39	10.15	0.67%	112.70	10.15	0.67%
327	130.50	8.39	0.54%	130.37	8.39	0.54%	130.15	8.39	0.54%
331	263.80	18.22	1.03%	264.17	18.22	1.03%	264.79	18.22	1.03%
332	134.64	13.57	0.93%	134.62	13.57	0.93%	134.58	13.57	0.93%
333	96.74	11.75	1.02%	96.74	11.75	1.02%	96.75	11.75	1.02%
334	438.67	38.52	5.12%	438.66	38.52	5.12%	438.64	38.52	5.12%
335	145.18	17.15	1.51%	145.18	17.15	1.51%	145.17	17.15	1.51%
336	565.14	68.67	6.02%	565.08	68.67	6.02%	564.99	68.67	6.02%
337	37.18	5.78	0.39%	37.17	5.78	0.39%	37.16	5.78	0.39%
339	87.99	10.76	0.96%	87.94	10.76	0.96%	87.87	10.76	0.96%
431	3,719.18	228.76	10.54%	3,698.51	228.76	10.54%	3,664.06	228.76	10.54%
481	53.46	5.78	0.35%	53.36	5.78	0.35%	53.21	5.78	0.35%
482	17.84	1.69	0.14%	17.77	1.69	0.14%	17.66	1.69	0.14%

483	10.36	0.75	0.08%	10.32	0.75	0.08%	10.26	0.75	0.08%
484	317.37	26.99	2.51%	316.18	26.99	2.51%	314.20	26.99	2.51%
485	274.55	35.28	2.76%	274.49	35.28	2.76%	274.40	35.28	2.76%
486	8.46	0.88	0.07%	8.43	0.88	0.07%	8.37	0.88	0.07%
487	2.71	0.35	0.03%	2.71	0.35	0.03%	2.71	0.35	0.03%
488	56.95	4.11	0.37%	56.83	4.11	0.37%	56.63	4.11	0.37%
491	2.54	0.02	0.00%	2.54	0.02	0.00%	2.54	0.02	0.00%
492	13.99	0.68	0.05%	13.96	0.68	0.05%	13.90	0.68	0.05%
493	12.76	0.01	0.00%	12.63	0.01	0.00%	12.41	0.01	0.00%
511	21.56	0.97	0.08%	21.39	0.97	0.08%	21.11	0.97	0.08%
512	11.61	1.19	0.08%	11.63	1.19	0.08%	11.66	1.19	0.08%
515	22.03	3.13	0.22%	22.03	3.13	0.22%	22.03	3.13	0.22%
517	275.79	18.77	1.88%	275.21	18.77	1.88%	274.24	18.77	1.88%
518	2.62	0.00	0.00%	2.58	0.00	0.00%	2.52	0.00	0.00%
519	1.16	0.04	0.00%	1.15	0.04	0.00%	1.13	0.04	0.00%
521	16.77	0.13	0.02%	16.77	0.13	0.02%	16.78	0.13	0.02%
522	280.97	19.75	1.94%	281.07	19.75	1.94%	281.24	19.75	1.94%
523	15.00	0.80	0.07%	14.81	0.80	0.07%	14.50	0.80	0.07%
524	84.81	8.90	0.65%	84.87	8.90	0.65%	84.97	8.90	0.65%
531	1,009.89	77.29	9.02%	1,008.47	77.29	9.02%	1,006.12	77.29	9.02%
532	22.65	0.33	0.03%	22.87	0.33	0.03%	23.24	0.33	0.03%
533	18.13	1.08	0.15%	18.13	1.08	0.15%	18.12	1.08	0.15%
541	258.08	4.84	0.47%	256.18	4.84	0.47%	253.00	4.84	0.47%
551	63.40	0.26	0.03%	62.77	0.26	0.03%	61.74	0.26	0.03%
561	313.41	1.81	0.19%	308.64	1.81	0.19%	300.69	1.81	0.19%
562	4.12	0.43	0.03%	4.12	0.43	0.03%	4.13	0.43	0.03%
611	356.96	36.85	3.71%	356.95	36.85	3.71%	356.94	36.85	3.71%
621	98.80	11.46	1.03%	98.80	11.46	1.03%	98.80	11.46	1.03%
622	130.20	20.84	1.35%	130.20	20.84	1.35%	130.20	20.84	1.35%
623	1.42	0.28	0.01%	1.42	0.28	0.01%	1.42	0.28	0.01%
624	12.33	2.82	0.13%	12.33	2.82	0.13%	12.33	2.82	0.13%
711	17.15	1.41	0.16%	17.15	1.41	0.16%	17.14	1.41	0.16%
712	3.80	0.56	0.04%	3.80	0.56	0.04%	3.80	0.56	0.04%
713	30.67	4.71	0.32%	30.66	4.71	0.32%	30.66	4.71	0.32%
721	116.42	14.74	0.94%	116.31	14.74	0.94%	116.13	14.74	0.94%
722	155.22	46.60	1.42%	155.10	46.60	1.42%	154.90	46.60	1.42%
811	75.12	4.85	0.38%	74.91	4.85	0.38%	74.55	4.85	0.38%
812	87.24	10.39	0.86%	87.23	10.39	0.86%	87.23	10.39	0.86%
813	32.66	3.31	0.27%	32.61	3.31	0.27%	32.54	3.31	0.27%
814	38.34	2.66	0.40%	38.34	2.66	0.40%	38.34	2.66	0.40%
931	436.96	61.73	4.56%	436.96	61.73	4.56%	436.96	61.73	4.56%
932	0.35	0.10	0.00%	0.35	0.10	0.00%	0.35	0.10	0.00%
Σ	79,712.04	5,524.47	100%	105,582.63	7,317.44	100%	148,700.28	10,305.72	100%

## Referencias

AgroDer (2012)/ “Huella hídrica en México en el contexto de Norteamérica”, WWF México y AgroDer. México.

Alcamo, Joseph, Thomas Henrichs y Thomas Rösh (2000)/ *World Water in 2025. Global modeling and scenario analysis for the World Commission on Water for the 21th Century*, Reporte A0002, Center of Environmental System Research, University of Kassel, Alemania.

Allan, Anthony (1998)/ “Virtual water: a strategic resource. Global solutions to regional deficits”, *Ground Water*. vol. 36, núm. 4.

Allan, Anthony (2003)/ “Virtual Water: the water, food, and trade nexus useful concept or misleading metaphor?”, *Water International*, vol. 28, núm. 1.

Bowen, Richard, PingSun Leung y Mary Vesenka (1984)/ *Water-use coefficients and resources*, Technical Report- University of Hawaii, Water Resources Research Center.

Chapagain, A. y A. Hoekstra (2004)/ *Water footprints of Nations*, Vol. 1 y 2. Main report. Institute of Water Education. UNESCO- IHE

Chapagain, A.K. and Orr, S. (2010)/ *Water Footprint of Nestlé's 'Bitesize Shredded Wheat'*. A pilot study to account and analyse the water footprints of Bitesize Shredded Wheat in the context of water availability along its supply chain.

Ching, Chauncey (1981)/ “Water multipliers – regional impact analysis”, *Journal of the American Water Resources Association*, vol. 17, núm. 3, págs. 454-457

Comisión Nacional del Agua (2014)/ *Estadísticas del agua en México, edición 2013*, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.

Comisión Nacional del Agua (2016)/ *Estadísticas del agua en México, edición 2016*, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.

Duarte, Rosa y Hong Yang (2011)/ “Input-output and water: introduction to the special issue”, *Economic Systems Research*, vol. 23, núm. 4, págs. 341-351.

Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C. (2017) / *Visión General del agua en México*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2017, de [agua.org.mx](https://agua.org.mx/cuanta-agua-tiene-mexico/): <https://agua.org.mx/cuanta-agua-tiene-mexico/>

Fitzgerald, Jared y Daniel Auerbach (2016)/ “The political economy of the water footprint: a cross-national analysis of ecologically unequal exchange”, *Sustainability*, vol. 8, núm. 12. Disponible en <http://www.mdpi.com/2071-1050/8/12/1263/htm>.

Flachmann, C., Mayer, H., & Manzel, K. (2012)/ *Water footprint of food products in*

Germany. Federal Statistical Office of Germany, Wiesbaden. Germany.

Franke, N. and Mathews, R. (2013)/ *C&A's Water Footprint Strategy: Cotton Clothing Supply Chain*. C&A Foundation.

Harding, Genevieve, Caitlin Courtney y Valentina Russo (2017)/ "When geography matters. A location-adjusted blue water footprint of commercial beef in South Africa", *Journal of Cleaner Production*, vol. 151, págs. 494-508.

Hoekstra, A. y P. Hung (2002)/ *Virtual water trade: quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade*. Research Report Series núm. 11, IHE Delft, Países Bajos.

Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M. y Mekonnen, M.M (2011)/ *Manual de avaliação da pegada hídrica: Estabelecendo o padrão global*, The Nature Conservancy, WWF, USP, Water Footprint Network

Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M. y Mekonnen, M.M (2012)/ *水足迹评价手册 – 国际标准方法*, China Science Press, Beijing, China

Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M. y Mekonnen, M.M. (2011)/ *The water footprint assessment manual: Setting the global standard*, Earthscan, Londres, Reino Unido.

Hoekstra, Arjen (2013a)/ *The water footprint of modern consumer society*, Routledge. Gran Bretaña.

Hoekstra, Arjen (2013b)/ "Reducing the water footprint in India", *Sustainuance*, 2(3): 26-27.

Hoekstra, Arjen (2017)/ "Water footprint assessment: involvement of a new research field", *Water Resour Manage*, vol. 31, núm. 252. Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11269-017-1618-5> [Último acceso: 03/04/2017)

Hoekstra, Arjen y Mesfin Mekonnen (2011)/ *National water footprint accounts: the green, blue and grey water footprint of production and consumption*. Research Report Series, núm. 50, Main Report vol. 1, UNESCO-IHE, Países Bajos.

INEGI (2017)/ *Balanza comercial de mercancías de México: síntesis metodológica 2017*, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México

Isard, Walter y Eliahu Romanoff (1967)/ *Water use and water pollution coefficients: preliminary report*. Technical Paper N. 6, Regional Science Research Institute, Cambridge, USA.

- Lant, Christopher (2003)/ “Commentary”, *Water International*, vol. 28 núm. 1.
- Lenzen, Manfred y Barney Foran (2001)/ “An input-output analysis of Australian water usage”. *Water Policy*. Núm. 3, págs. 321-340
- Leontief, Wassily (1953)/ *Studies in the Structure of the American Economy: Theoretical and Empirical Explorations in Input-output Analysis*. Oxford University Press.
- Marcuello, Conchita y Concha Lallana (2014)/ “Water exploitation index”, *European Environment Agency*.
- Miller, Ronald y Peter Blair (2009)/ *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Pacific Institute (2016)/ “Sustainable water management – Local to global”. [En línea] Disponible en: <http://pacinst.org/issues/sustainable-water-management-local-to-global/> [Último acceso: 20 Enero 2016]
- Parada-Puig, Gabriela (2012)/ “El agua virtual: conceptos e implicaciones”, *Orinoquia*, vol. 16, núm. 1.
- Sáenz de Miera, G. (1998)/ *Modelo input-output para el análisis de las relaciones entre la economía y el agua. Aplicación al caso de Andalucía*. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Madrid.
- Santa, Ilse (2015)/ “10 empresas que producen casi todo lo que consumes”. [En línea] Disponible en: <http://expansion.mx/negocios/2015/04/06/10-empresas-que-controlan-casi-todo-lo-que-consumes>
- Shaw, D.J., Clay, E.J. (1998)/ “Global hunger and food security after the World Food Summit”, *Canada Journal of Development Studies*, vol.19 núm. 4, Canadá.
- TCCC and TNC (2010)/ *Product water footprint assessments: Practical application in corporate water stewardship*, The Coca-Cola Company, Atlanta, USA / The Nature Conservancy, Arlington, USA.
- IMTA (2017)/ *Huella hídrica en México: análisis y perspectivas*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Morelos.
- Velázquez, Esther (2006)/ “An input-output model of water consumption: analysing intersectoral water relationships in Andalusia”. *Ecological Economics*. Núm. 56, págs. 226-240
- Wang Xinhua, Xu Zhongmin y Long Aihua (2005)/ “Estimation of Water Footprint of China in 2000”, *Journal of Glaciology and Geocryology*, 27(5), China.

Water Footprint Network (2016)/ "What can governments do?". [En línea] Disponible en: <http://waterfootprint.org/en/water-footprint/national-water-footprint/what-can-governments-do/>

Water Footprint Network (2018)/ "Frequently asked questions". [En línea] Disponible en: <http://waterfootprint.org/en/water-footprint/frequently-asked-questions/>

Wichelns, Dennis (2003)/ "The policy relevance of virtual water can be enhanced by considering comparative advantages", *Agricultural Water Management*, vol. 66, núm. 1, págs. 49-63, USA.

Wichelns, Dennis (2010)/ *An economic analysis of the virtual water concept in relation to de agri-food sector*, OECD, USA.

WWF (2014)/ *Water footprint of Italy*, WWF Italy, Rome, Italy.

Xie, Me, Gueishengand Nie y Xianglan Jin (1992)/ *Application of input-output model to system analysis of urban water use in Beijing*, Rotterdam, Netherlands

Yang, Jia, Ming Xu, Xuezhi Zhang, Qiang Hu, Milton Sommerfeld, Yongshen Chen (2011)/"Life-cicle analysis on biodiesel production from microalgae: water footprint and nutrients balance", *Bioresource Technology*, vol. 102, núm. 1, págs. 159-165.

Zhang, Yue, Kai Huang, Yajuan Yu y Beibei Yang (2017)/ "Mapping of water footprint research: a bibliometric analysis during 2006-2015", *Journal of Cleaner Production*, vol. 149, págs. 70-79