



Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Facultad de Economía "Vasco de Quiroga"

División de Estudios de Posgrado

Estimación de la huella hídrica para la industria mexicana como
instrumento de gestión para el uso eficiente del recurso hídrico

T E S I S

P R E S E N T A

Diego García Vega

Para obtener el grado de

Maestro en Gestión Pública de la Sustentabilidad

Director de Tesis

Dra. Hilda R Guerrero García Rojas

Co-Director de Tesis

Dr. Luis Alberto Seguí Amórtegui

Morelia, Michoacán, enero 2018.





Universidad Michoacana de San Nicolás De Hidalgo
Facultad de Economía “Vasco de Quiroga”
División de Estudios de Posgrado

Estimación de la huella hídrica para la industria mexicana como instrumento de gestión para el uso eficiente del recurso hídrico

TESIS realizada por **Diego García Vega**, bajo la asesoría del Comité Tutorial indicado, aprobada por el Jurado Sinodal y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

Maestro en Gestión Pública de la Sustentabilidad

COMITÉ TUTORAL	JURADO SINODAL	NOMBRE	FIRMA
Tutor 1 (Director de tesis)	Presidente	Dra. Hilda Rosalba Guerrero García Rojas	_____
Tutor 2 (Co-director de tesis)	Vocal 1	Dr. Luis Seguí Amórtegui	_____
Tutor 3	Vocal 2	Dr. René Colín Martínez	_____
Tutor 4	Vocal 3	Dr. Hugo Amador Herrera Torres	_____
Tutor 5	Vocal 4	M.C. José Refugio Rodríguez Velázquez	_____

Morelia, Michoacán, enero 2018



RESUMEN

En la presente investigación se realiza un análisis sobre el uso y aprovechamiento de los recursos hídricos en México, mediante la estimación de la Huella Hídrica de la industria mexicana. Dicho análisis es elaborado a nivel nacional y por Región Hidrológica Administrativa para cada uno de los sectores industriales seleccionados. Con base en los resultados obtenidos se argumenta que el aprovechamiento de los recursos hídricos en las distintas regiones del país se efectúa de manera heterogénea e ineficiente, debido a que cada Región Hidrológica Administrativa está condicionada a una serie de factores sociales, económicos y ambientales que generan presión e incrementos en la demanda sobre el factor agua. La Huella Hídrica es un instrumento de gestión de los recursos hídricos, relativamente nuevo y en constante mejoramiento, cuyo propósito es identificar el nivel de apropiación de agua y contaminación por parte de los distintos actores o agentes involucrados, así como de la generación de propuestas y buenas prácticas que contribuyan al uso eficiente de los recursos hídricos. Se concluye que, en México la aplicación metodológica de la Huella Hídrica, es aún muy escasa, sobre todo para fines de gestión y planeación de los recursos hídricos. Si bien, se han encontrado algunas referencias de estudios sobre el sector agropecuario, su aplicación en el sector industrial mexicano es prácticamente nulo.

Palabras clave: Huella Hídrica, Industria Mexicana, Regiones Hidrológico Administrativas, Instrumento de Gestión, Eficiencia Hídrica.

ABSTRACT

In the present research, an analysis is made on the use and exploitation of water resources in Mexico, by estimating the Water Footprint of the Mexican industry. This analysis is prepared at the national level and by Hydrological Administrative Region for each of the selected industrial sectors. Based on the results obtained, it is argued that the use of water resources in the different regions of the country is carried out heterogeneously and inefficiently because each Hydrological Region is conditioned to a series of social, economic and environmental factors that generate pressure and increases in demand on the water factor. The Water Footprint is a relatively new and constantly improving water resource management instrument whose purpose is to identify the level of water appropriation and contamination by the different actors or agents involved, as well as the generation of proposals and good practices that contribute to the efficient use of water resources. It is concluded that, in Mexico, the methodological application of the Water Footprint is still very scarce, especially for water resources management and planning purposes. Although some references to studies on the agricultural sector have been found, their application in the Mexican industrial sector is practically null.

Key words: Water Footprint, Mexican Industry, Hydrological Administrative Regions, Management Instrument, Water Efficiency.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.1. ¿Qué es una tesis?.....	6
1.2. Planteamiento de la problemática.....	8
1.3. Preguntas de investigación.....	11
1.4. Objetivos.....	12
1.5. Matriz de Congruencia.....	13
1.6. Procedimientos de la investigación.....	14
1.7. Delimitación del objeto de estudio.....	14
1.8. Hipótesis.....	14
1.9. Justificación.....	15
1.10. Estructura capitular.....	18
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE DE LOS RECURSOS HÍDRICOS ...	20
2.1.- Estado actual del paradigma dominante: los desafíos de la sustentabilidad.....	20
2.2.- Contextualización de los recursos hídricos: escenarios presentes y futuros.....	28
2.3. El agua en México.....	38
2.3.1. Generalidades del agua.....	38
2.3.2. Regiones Hidrológico Administrativas para la gestión del agua.....	40
2.3.3. Zonas de Disponibilidad para el cobro de derechos del agua.....	44
2.3.4. Nuevas Zonas de Disponibilidad para el cobro de derechos del agua.....	47
2.3.5. El uso del agua industrial en México.....	59
2.3.6. Usos, abusos y contaminación del agua en México.....	67
2.3.7. Cuentas del Agua: relación entre la economía y los recursos hídricos.....	69
CAPÍTULO III. PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES SECTORES INDUSTRIALES EN MÉXICO.....	76

3.1.- Antecedentes y procedimientos de la investigación	76
3.2. Resultados del proyecto	83
3.2.1. Resultados por Regiones Hidrológico Administrativas	87
CAPÍTULO IV. ANTECEDENTES Y REFERENCIAS SOBRE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LA HUELLA HÍDRICA	110
4.1. Algunos contextos internacionales.....	110
4.2. Orígenes y conceptos de la Huella Hídrica	114
4.3. Metodología para el cálculo de la Huella Hídrica	125
4.3.1. Objetivos y alcances de la evaluación de la Huella Hídrica	127
4.3.2. Contabilidad de la Huella Hídrica	129
4.3.3. Evaluación de la sostenibilidad de la Huella Hídrica	141
4.3.4. Inventario de opciones de respuesta de la Huella Hídrica.....	145
4.4. ISO 14046: nuevos lineamientos en el campo de la Huella Hídrica.....	147
4.5. Situación de la Huella Hídrica en México.....	150
CAPÍTULO V. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LA HUELLA HÍDRICA EN EL SECTOR INDUSTRIAL MEXICANO	155
5.1. Estimación de la Huella Hídrica en el sector industrial mexicano.....	155
5.1.1. Establecimiento de Objetivos y Alcances de la Huella Hídrica.....	156
5.1.2. Contabilidad de la Huella Hídrica	157
5.1.3. Evaluación de la Sostenibilidad de la Huella Hídrica	162
5.1.4. Formulación de Respuestas de la Huella Hídrica	164
CONCLUSIONES.....	169
BIBLIOGRAFÍA	175
ANEXOS	180

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2. 1. Ciclo Hidrológico del Agua	22
Cuadro 2. 2.- Regiones Hidrológico Administrativas según su aportación al PIB.....	44
Cuadro 2. 3.- Cobro del agua por Zonas de Disponibilidad de Agua.....	45
Cuadro 2. 4. Cuota por aguas provenientes de fuentes superficiales por Zona de Disponibilidad (pesos por metro cúbico, año 2017).....	52
Cuadro 2. 5. Cuota por aguas extraídas del subsuelo-subterráneas por Zona de Disponibilidad 2017 (pesos por metro cúbico).....	52
Cuadro 2. 6. Comparativo entre la Ley Federal de Derechos 2013 y 2014	56
Cuadro 2. 7. Zonas de Disponibilidad del Agua hasta diciembre de 2013.....	58
Cuadro 2. 8. Zonas de Disponibilidad del Agua a partir de enero de 2014.....	59
Cuadro 2. 9.- Clasificación agrupada de los usos del agua	62
Cuadro 2. 10.- Origen y utilización del agua según su uso	62
Cuadro 2. 11. Flujo físico de insumos, productos y residuos	70
Cuadro 2. 12. Esquema general global de flujos entre la economía y el agua	71
Cuadro 2. 13. Flujo simplificado del agua entre el ambiente y la economía en México, 2015 (hm ³ /año).....	73
Cuadro 2. 14. Cuadro híbrido de oferta de actividades y productos relacionados con el agua, 2015.....	74
Cuadro 2. 15. Cuadro híbrido de utilización de actividades y productos relacionados con el agua, 2015.....	75
Cuadro 3. 1.- Registros de Aguas Subterráneas.....	81
Cuadro 3. 2.- Registros de Aguas Superficiales.....	81
Cuadro 3. 3.- Categorías filtradas.....	82
Cuadro 3. 4.- Total de sectores industriales y variables	85
Cuadro 3. 5.- Títulos de concesión por Regiones Hidrológico Administrativas.....	88
Cuadro 3. 6.- Titular por Regiones Hidrológico Administrativas	90
Cuadro 3. 7.- Volumen anual (Mm ³) por Regiones Hidrológico Administrativas	92
Cuadro 3. 8.- Volumen concesionado (Mm ³) por Regiones Hidrológico Administrativas	94
Cuadro 3. 9.- Unidades económicas por Regiones Hidrológico Administrativas	96
Cuadro 3. 10.- Personal ocupado total (L) por Regiones Hidrológico Administrativas.....	98
Cuadro 3. 11.- Total de remuneraciones (CL) (miles de pesos) por Regiones Hidrológico Administrativas.....	100
Cuadro 3. 12.- Producción bruta total (Q) (miles de pesos) por Regiones Hidrológico Administrativas.....	102
Cuadro 3. 13.- Materias primas e insumos que se integran físicamente a los bienes producidos (M) (miles de pesos) por Regiones Hidrológico Administrativas.....	104
Cuadro 3. 14.- Total de gastos (miles de pesos) por Regiones Hidrológico Administrativas.....	106
Cuadro 3. 15.- Total de ingresos (miles de pesos) por Regiones Hidrológico Administrativas .	108

Cuadro 4. 1. Huella Hídrica del consumo nacional en América Latina 1996-2005.....	113
Cuadro 4. 2.- Esquema de contabilización de la Huella Hídrica para una nación	119
Cuadro 4. 3.- Fases en la evaluación de la Huella Hídrica.....	127
Cuadro 4. 4. Las Huellas Hídricas de Procesos como el componente básico de todas las Huellas Hídricas.....	130
Cuadro 4. 5. Valores medios anuales de los componentes del ciclo hidrológico en México, 2015	151
Cuadro 5. 1. Huella Hídrica Azul de una Fase del Proceso de la Industria Mexicana a Nivel Nacional	160
Cuadro 5. 2. Huella Hídrica Azul de una Fase del Proceso de la Industria Mexicana por RHA	161
Cuadro 5. 3. Opciones de Respuesta a la Huella Hídrica de la Industria Mexicana	167
Cuadro 5. 4. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial Acero por RHA.....	185
Cuadro 5. 5. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial Alimentos por RHA.....	186
Cuadro 5. 6. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial Azúcar por RHA.....	187
Cuadro 5. 7. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial Bebidas por RHA.....	188
Cuadro 5. 8. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial Minería por RHA.....	189
Cuadro 5. 9. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial Papel por RHA.....	190
Cuadro 5. 10. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial Química por RHA.....	191
Cuadro 5. 11. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial Textil por RHA	192
Cuadro 5. 12. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial ND por RHA	193

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 2. 1.- Regiones Hidrológico Administrativas según su aportación al PIB.....	43
Gráfica 2. 2.- Origen y utilización del agua según su uso.....	63
Gráfica 2. 3.- Evolución del volumen de concesiones por tipo de fuente.....	64
Gráfica 2. 4. Usos consuntivos del agua	65
Gráfica 3. 1. Título (cantidad de títulos) por Sector Industrial	84
Gráfica 3. 2. Volumen concesionado (Mm ³) por Sector Industrial	86
Gráfica 3. 3. Producción bruta total (Q) (miles de pesos) por Sector Industrial	86
Gráfica 3. 4. Títulos de concesión por Regiones Hidrológico Administrativas	89
Gráfica 3. 5. Titular por Regiones Hidrológico Administrativas.....	91
Gráfica 3. 6. Volumen anual (Mm ³) por Regiones Hidrológico Administrativas.....	93
Gráfica 3. 7. Volumen concesionado (Mm ³) por Regiones Hidrológico Administrativas.....	95
Gráfica 3. 8. Unidades económicas por Regiones Hidrológico Administrativas.....	97
Gráfica 3. 9. Personal ocupado total (L) por Regiones Hidrológico Administrativas	99
Gráfica 3. 10. Total de remuneraciones (CL) (miles de pesos) por Regiones Hidrológico Administrativas.....	101

Gráfica 3. 11. Producción bruta total (Q) (miles de pesos) por Regiones Hidrológico Administrativas.....	103
Gráfica 3. 12. Materias primas e insumos que se integran físicamente a los bienes producidos (M) (miles de pesos) por Regiones Hidrológico Administrativas.....	105
Gráfica 3. 13. Total de gastos (miles de pesos) por Regiones Hidrológico Administrativas	107
Gráfica 3. 14. Total de ingresos (miles de pesos) por Regiones Hidrológico Administrativas...	109
Gráfica 3. 15. Titular (cantidad de titulares) por Sector Industrial	180
Gráfica 3. 16. Volumen anual (Mm3) por Sector Industrial.....	181
Gráfica 3. 17. Unidades económicas por Sector Industrial.....	181
Gráfica 3. 18. Personal ocupado total (L) por Sector Industrial	182
Gráfica 3. 19. Total de remuneraciones (CL) (miles de pesos) por Sector Industrial.....	182
Gráfica 3. 20. Materias primas e insumos que se integran físicamente a los bienes producidos (M) (miles de pesos) por Sector Industrial.....	183
Gráfica 3. 21. Total de gastos (miles de pesos) por Sector Industrial	183
Gráfica 3. 22. Total de ingresos (miles de pesos) por Sector Industrial	184
Gráfica 4. 1.- Contribución de países a la Huella Hídrica Global 1996-2005	120
Gráfica 4. 2. Huella Hídrica de Consumo Per Cápita en México	153
Gráfica 4. 3. Composición de la Huella Hídrica de Consumo Per Cápita en México	154
Gráfica 5. 1. Huella Hídrica Azul de una Fase del Proceso de la Industria Mexicana a Nivel Nacional	160
Gráfica 5. 2. Huella Hídrica Azul de los Sectores Industriales por RHA.....	161
Gráfica 5. 3. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial Acero por RHA.....	185
Gráfica 5. 4. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial Alimentos por RHA.....	186
Gráfica 5. 5. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial Azúcar por RHA.....	187
Gráfica 5. 6. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial Bebidas por RHA.....	188
Gráfica 5. 7. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial Minería por RHA.....	189
Gráfica 5. 8. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial Papel por RHA	190
Gráfica 5. 9. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial Química por RHA	191
Gráfica 5. 10. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial Textil por RHA.....	192
Gráfica 5. 11. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial ND por RHA	193
Gráfica 5. 12. Huella Hídrica Azul de cada Sector Industrial en la RHA I	194
Gráfica 5. 13. Huella Hídrica Azul de cada Sector Industrial en la RHA II	194
Gráfica 5. 14. Huella Hídrica Azul de cada Sector Industrial en la RHA III	195
Gráfica 5. 15. Huella Hídrica Azul de cada Sector Industrial en la RHA IV.....	195
Gráfica 5. 16. Huella Hídrica Azul de cada Sector Industrial en la RHA V.....	196
Gráfica 5. 17. Huella Hídrica Azul de cada Sector Industrial en la RHA VI.....	196
Gráfica 5. 18. Huella Hídrica Azul de cada Sector Industrial en la RHA VII	197
Gráfica 5. 19. Huella Hídrica Azul de cada Sector Industrial en la RHA VIII	197
Gráfica 5. 20. Huella Hídrica Azul de cada Sector Industrial en la RHA IX.....	198
Gráfica 5. 21. Huella Hídrica Azul de cada Sector Industrial en la RHA X.....	198
Gráfica 5. 22. Huella Hídrica Azul de cada Sector Industrial en la RHA XI.....	199

Gráfica 5. 23. Huella Hídrica Azul de cada Sector Industrial en la RHA XII	199
Gráfica 5. 24. Huella Hídrica Azul de cada Sector Industrial en la RHA XIII	200

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 2. 1.- Disponibilidad del agua en el siglo XXI.....	29
Mapa 2. 2.- Distribución de la escasez de agua en las principales cuencas.....	36
Mapa 2. 3.- Regiones Hidrológico Administrativas para la gestión del agua.....	41
Mapa 2. 4. Grado de presión sobre el recurso hídrico por Región Hidrológico Administrativa, 2015.....	42
Mapa 2. 5.- Distribución de las Zonas de Disponibilidad de Agua por Regiones Hidrológico Administrativas, 2013.....	47
Mapa 2. 6.- Zonas de Disponibilidad de Agua para el cobro de derechos, 2013.....	49
Mapa 2. 7. Zonas de Disponibilidad para aguas SUPERFICIALES, 2015.....	53
Mapa 2. 8. Zonas de Disponibilidad para aguas SUBTERRÁNEAS, 2015.....	54
Mapa 4. 1. Consumo nacional per cápita (m ³ por año) 1996-2005	116
Mapa 4. 2. Balances regionales de Agua Virtual por comercio agrícola e industrial 1996-2005.....	117
Mapa 4. 3.- Huella Hídrica de Producción (Hm ³ /año).....	121
Mapa 4. 4.- Huella Hídrica de Consumo (Hm ³ /año).....	122
Mapa 4. 5.- Huella Hídrica de Consumo Per Cápita (m ³ /año).....	122
Mapa 4. 6.- Huella Hídrica Externa (% del total de Huella Hídrica de Consumo).....	123
Mapa 4. 7.- Exportaciones de Agua Virtual (Hm ³ /año).....	124
Mapa 4. 8.- Importaciones de Agua Virtual (Hm ³ /año)	124
Mapa 4. 9.- Balance de Agua Virtual (Hm ³ /año).....	125

INTRODUCCIÓN

El agua es esencial para la vida. La gestión sustentable de nuestros escasos recursos de agua dulce es clave para mantener una Tierra sana y asegurar el bienestar humano a largo plazo. Aunque la disponibilidad de agua dulce es limitada, determinada por patrones de precipitación, las demandas de los sectores agrícola, industrial y municipal han venido aumentando continuamente desde el siglo pasado en todo el mundo, y se prevé que sigan aumentando en las próximas décadas.

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

La creciente escasez de agua dulce constituye un riesgo importante para la economía mundial, agravada por los efectos esperados del cambio climático. Mejorar el uso eficiente del agua será insuficiente para estabilizar su consumo y será necesario complementarlo con políticas dirigidas a la estabilización de la creciente demanda de productos con altos requerimientos hídricos.

En las últimas dos décadas, nuestro planeta ha sufrido una transformación acelerada debido al desarrollo tecnológico, al crecimiento poblacional, a la globalización de la economía y al cambio climático. Esta transformación ha sido positiva en muchos aspectos; sin embargo, también ha provocado efectos negativos sobre ciclos vitales para la vida, como es el hidrológico (UN-Water, 2017).

El agua se ha vuelto escasa en muchos países y la búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento se ha intensificado, mas no siempre con resultados positivos, ya que

cuando las extracciones de los acuíferos superan sus recargas, además de generar sobreexplotación, afectan a amplios sectores de usuarios, quienes carecen de los servicios de abastecimiento.

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

No obstante, existe otra forma de exportar e importar agua o trasvasarla de una cuenca a otra sin empleo de presas, acueductos o camiones cisterna: el agua virtual, definida como aquella cantidad de este líquido que se utiliza para elaborar un producto o prestar un servicio. De esta manera, países con gran desarrollo, pero con recursos hídricos insuficientes para producir económicamente alimentos, bienes o servicios, utilizan su riqueza para obtenerlos de alguna otra nación con suficiente agua que pueda elaborarlos. Así, en lugar de utilizar sus escasos recursos hídricos para generar productos agrícolas, pecuarios o industriales, que requieren gran cantidad de agua, los importan y reducen la presión sobre sus propios recursos. México es un importador neto de agua virtual (OCDE, 2015).

La Huella Hídrica representa el desarrollo de un nuevo indicador de la apropiación humana del agua dulce. Este indicador no solamente toma en cuenta el volumen de agua empleado directa o indirectamente para producir algo, sino también distingue en dónde y en qué momento se usó y qué tipo de agua era: lluvia (Huella Hídrica Verde), superficial y subterránea (Huella Hídrica Azul), o la empleada para asimilar la carga contaminante en cuerpos receptores (Huella Hídrica Gris). De esta forma, la Huella Hídrica tiene dimensión temporal y espacial, considera aspectos cuantitativos y cualitativos, posibilita evaluar su sostenibilidad y determinar cómo el consumo de un bien en un lugar afecta los recursos hídricos del sitio donde se produjo (FCEA, 2017).

El logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible al 2030 y más allá, requiere un cambio de paradigma en la gestión del agua y una mejor comprensión de la problemática hídrica que pueda llevar a un uso más sostenible, eficiente, justo y equitativo del agua. Los conceptos de agua virtual y de Huella Hídrica contribuyen a ese cambio de paradigma, visibilizando cuestiones que antes no eran tomadas en cuenta.

Garantizar la seguridad hídrica de México y lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible al 2030 y más allá requiere un cambio de paradigma en la gestión del agua y una mejor comprensión de la problemática hídrica que pueda llevar a un uso más sustentable, eficiente, justo y equitativo del agua (IMTA, 2017).

La Huella Hídrica abre una nueva perspectiva y resulta de especial interés para abordar los grandes retos actuales en materia de seguridad hídrica, entendiéndose por esta última y siguiendo a la UN-Water, la capacidad de una población para: resguardar el acceso sustentable a cantidades adecuadas de agua de calidad aceptable con objeto de brindar sustento, bienestar y desarrollo socioeconómico sustentables; asegurar la protección contra la contaminación transmitida por el agua y los desastres relacionados con ella, y preservar los ecosistemas, todo en el contexto de un clima de paz y estabilidad política.

México es una de las regiones del mundo donde la escasez de agua es más apremiante. Es tiempo de reconocer que los problemas del agua no pueden ser resueltos mediante la gestión de los recursos hídricos solamente. Por supuesto, el precio del agua necesita ajustarse, de modo que los grandes usuarios paguen un precio real, que refleje la escasez. Desde luego, el agua necesita ser usada más eficientemente, produciendo más cosecha por gota. Pero debemos mirar más allá del sector hídrico y examinar críticamente la economía de manera más amplia. Aproximadamente, la mitad de la Huella Hídrica del consumo mexicano se refiere al consumo de productos de origen animal, por lo que es el momento de evaluar la sostenibilidad de las dietas intensivas en carne. También, se utiliza una cantidad creciente de agua en cultivos para producción de biocombustibles, parcialmente destinados a la exportación. Alejarnos de los combustibles fósiles es bueno para reducir nuestra huella de carbono, pero avanzar hacia la bioenergía es igual de problemático dada su enorme Huella Hídrica. Necesitamos políticas energéticas que

reduzcan nuestras huellas de carbono e hídrica, lo que solo es posible mediante inversiones firmes en energía solar y eólica (OCDE, 2015).

Vivimos en un mundo cada vez más interconectado y con un rápido agotamiento de los recursos hídricos en muchos lugares, tanto en calidad como en cantidad. El desarrollo solo es posible si nos aseguramos de que nuestro uso directo e indirecto del agua sea sustentable. Por lo tanto, la protección del medio ambiente no es una partida del gasto presupuestal, sino un objetivo en sí mismo. Es alentador ver el creciente impulso hacia un cambio radical. En todo el mundo, la demanda de productos sustentables está aumentando. La gente sigue esperando que el gobierno asuma la responsabilidad por el bien común. Al mismo tiempo, las empresas también comienzan a reconocer la necesidad de invertir en negocios y cadenas de suministro sustentables. Todos compartimos la responsabilidad de contribuir a un uso inteligente de los escasos recursos de agua dulce del mundo.

Durante los últimos años se han realizado diversas investigaciones respecto al tema de los recursos hídricos en México. En (Guerrero y Alban, 2004), (Guerrero, 2005), (Guerrero, 2007), (Guerrero et al., 2008), (Guerrero et al., 2013), (Guerrero et al., 2015) y (García y Guerrero, 2017), se puede consultar una amplia variedad de estudios referentes a los recursos hídricos, tanto desde la perspectiva económica, social y ambiental. Gracias a la compilación de bases de datos sobre el recurso agua, construidas en los proyectos de investigación previos al presente, se han logrado visualizar diversas relaciones entre los distintos sectores de la economía en materia de uso consuntivo del agua, lo cual funge como base para este proyecto.

El presente documento está conformado por cinco capítulos en donde se realiza un análisis descriptivo y de gestión sobre el uso y aprovechamiento del recurso agua por parte de la industria mexicana, aplicando la metodología de evaluación de la Huella Hídrica, con la intención de evidenciar la situación que guardan los recursos hídricos en México.

En el capítulo uno se presentan los fundamentos básicos que son necesarios para llevar a cabo dicha investigación. Se describen los componentes que darán razón y motivo para realizar dicho análisis. Estos son, el planteamiento del problema, las preguntas de

investigación, el establecimiento de objetivos, la justificación de la investigación, la delimitación del objeto de estudio y la propuesta de una hipótesis, entre otros.

En el capítulo dos se realiza una descripción del marco teórico de la investigación y se muestra el estado del arte sobre nuestro objeto de estudio: los recursos hídricos. Para ello, se contextualiza la situación de los recursos hídricos en el marco del desarrollo sustentable, así como los escenarios, retos y problemáticas que estos recursos presentarán en el futuro inmediato, a nivel global. También se contextualiza la situación del agua en México, mediante la recopilación, análisis y descripción en las distintas regiones hidrológicas, haciendo énfasis, principalmente, en el sector industrial.

En el capítulo tres se muestran los resultados que se obtuvieron de un proyecto de investigación relacionado con el agua en el sector industrial mexicano, y que sirvió como base y sustento para la realización de la presente propuesta. En dicho proyecto se realizaron análisis, deducciones y propuestas para mejorar la eficiencia en el uso y aprovechamiento del recurso agua en la industria.

En el capítulo cuatro se presenta un marco de antecedentes y referencias de aplicación sobre la Metodología de la Huella Hídrica. Se hace una descripción sobre sus orígenes, conceptos y usos de dicha metodología. Además, se agregan los procedimientos necesarios para llevar a cabo la evaluación de la Huella Hídrica para distintos objetos de estudio. Por último, brevemente se describe la situación sobre la aplicabilidad de esta metodología en México.

En el capítulo cinco se dan a conocer los resultados que se obtuvieron mediante la estimación de la Huella Hídrica para el sector industrial mexicano, con base en el conjunto de datos que fue posible obtener para dicha estimación. Se proponen algunas medidas de implementación o respuesta sobre la situación de los recursos hídricos.

Finalmente, se agrega una serie de consideraciones finales o conclusiones, con la intención de enriquecer el análisis y la gestión de los recursos hídricos en México.

CAPÍTULO I. FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS DE LA INVESTIGACIÓN

En este primer apartado se hace el planteamiento de los requerimientos mínimos para llevar a cabo una investigación científica, es decir, se hace una reflexión sobre el concepto de tesis y su contenido, se describe la problemática que gira en torno al objeto de estudio, se formula un conjunto de preguntas o cuestionamientos en torno a la investigación, se definen objetivos de tipo general y particular, se describe el procedimiento de la investigación, se hace una delimitación del objeto de estudio, se propone una hipótesis con base en los avances de investigación, se argumenta una justificación o importancia del por qué es relevante investigar dicho tema y, finalmente, se propone una estructura capitular. Todo lo anterior, con la intención de dar sustento y validez al proceso de investigación.

1.1. ¿Qué es una tesis?

La palabra tesis significa proposición u opinión; proviene del término latino *thesis* y éste del griego *thésis*. Existen varias definiciones de tesis, según el autor o fuente consultada:

1. Disertación presentada para demostrar la verdad de una teoría.
2. Proposición que se enuncia y mantiene con razonamientos [...]. Trabajo de investigación inédito y original que se presenta [...] para obtener un grado académico.
3. Proposición que se mantiene con argumentos.

En estricto sentido académico, podemos entender como tesis (Muñoz, 2011) a la presentación de un trabajo académico, individual o colectivo, con el propósito de explorar un tema bajo un nuevo enfoque o demostrar una hipótesis propuesta, siguiendo el rigor de un método científico de investigación, con la finalidad de llegar a conclusiones válidas

y presentarlas a la comunidad de investigadores de una disciplina específica. La tesis estará integrada por una hipótesis sugerida que se habrá de probar, un método de investigación, pruebas que afirmen o refuten esa hipótesis y las conclusiones obtenidas. Por lo general, con la presentación de la tesis se obtiene un título universitario.

La tesis es un trabajo de investigación científica. Al decir “científica” nos referimos al hecho de que la ciencia, para obtener conocimiento válido, se apoya en el método científico que asegura los pasos o procedimientos para arribar a ese conocimiento.

Toda tesis debe, por lo tanto, tener una lógica interna coherente con ese método y estar compuesta por los siguientes elementos:

1. Tema de investigación.
2. Problema de investigación e interrogantes.
3. Marco teórico o estado del arte.
4. Hipótesis y objetivos de la investigación.
5. Aspectos metodológicos.
6. Análisis de los datos.
7. Conclusiones.
8. Bibliografía.
9. Anexos.

Dentro del ambiente universitario, el concepto de tesis ha perdido su intención original y, en su actual acepción, se considera como un trabajo de investigación mediante el cual se sustenta una hipótesis concreta que se somete a prueba a través de un método de investigación de carácter científico. Su propósito final, en la mayoría de los casos, es presentar un informe documentado para sustentar un examen profesional con la finalidad de obtener un grado académico.

Concretamente, dentro del ámbito estudiantil, tesis se entiende como: el desarrollo de un trabajo de investigación cuyo objetivo final es proponerlo como la culminación de estudios profesionales, de grado o doctorales. Mediante este trabajo se expone una hipótesis original o se examina y explora una hipótesis derivada de un tema específico, y se demuestra su validez utilizando un método de investigación científico para llegar a

conclusiones definitivas. Todo esto se expone en un documento formal, la tesis, ante un grupo colegiado de sinodales, quienes analizarán la presentación del documento y, con base en la réplica que hagan de la sustentación, evaluarán tanto la propuesta como al sustentante, para decidir si le otorgan o no el grado en cuestión.

1.2. Planteamiento de la problemática

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

De Miguel & Tavares (2015) sostienen que la amenaza del cambio climático se suma a los costos humanos y económicos de otras formas de degradación ambiental, que a menudo son asumidos por los más vulnerables. Por ejemplo, los pobres suelen estar más expuestos a los efectos de la contaminación del aire, los residuos tóxicos y las aguas cloacales no tratadas, lo que se agrava por su menor acceso a servicios de salud. Los que dependen directamente de la agricultura, la pesca y otras actividades de menor escala basadas en recursos naturales y no pueden recurrir a fuentes alternativas de recursos o ingresos tienen mayor probabilidad de sufrir la pérdida de su medio de vida a causa de la degradación de los ecosistemas. Aquellos que no pueden prescindir del sistema de transporte público se ven más afectados por la congestión de las ciudades y, por lo tanto, afrontan costos más elevados en términos de tiempo de traslado y pérdida de oportunidades de acceso al mercado laboral.

Deaton & Muellbauer (1980) y Varian (1992) en Galindo et al., (2014) mencionan que la estimación de las funciones de demanda, de los recursos hídricos, permite identificar la trayectoria del consumo en el futuro. La estimación de la disponibilidad de agua debe considerar principalmente las proyecciones en los patrones de precipitación y los cambios en la temperatura, asimismo, puede ser construida a partir de una extensión del comportamiento histórico de la serie. Comparando el nivel de demanda con la disponibilidad es posible obtener una aproximación al grado de estrés sobre los recursos hídricos.

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

La evidencia disponible en diversos análisis muestra que la demanda de agua es sensible a la evolución del ingreso y del crecimiento poblacional, de su precio y de otros precios, de las características demográficas y socioeconómicas de los hogares y también del clima, con inclusión de la temperatura y la precipitación. Es de destacar la inelasticidad de la demanda de agua en función del ingreso y el precio, en particular la del precio. Esto sugiere que el consumo de agua aumentará, aunque proporcionalmente menos que el crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB). El uso de instrumentos económicos es importante para controlar el consumo, pero también tiene sus limitaciones y debe incluir otras consideraciones sociales. También es importante destacar que el aumento de la temperatura y las modificaciones de los patrones de precipitación incidirán en la trayectoria del consumo hídrico. En particular, el aumento de la temperatura se traducirá en un aumento de la demanda de agua, lo que intensificará las presiones sobre ese recurso (Sebri, 2014 en CEPAL, 2015).

Hoy, más que nunca, se tiene conciencia de que proteger el medio ambiente no es un lujo, sino una condición para el desarrollo y la supervivencia. No es solo una cuestión de equidad intergeneracional, sino una condición para la continuidad de los logros en materia de desarrollo, eliminación de la pobreza y reducción de la desigualdad en el

presente. Esta transformación de la relación entre el medio ambiente y el desarrollo económico y social no puede esperar más. En América Latina y el Caribe, así como en las otras regiones del mundo, a pesar de que se ha avanzado en la creación y el fortalecimiento de las instituciones y políticas ambientales, en general, no se ha cambiado de manera fundamental la forma de hacer las cosas y el modelo económico imperante sigue siendo el mismo. La creciente evidencia sobre los efectos del cambio climático, que se materializarán no en 100 años sino en el futuro cercano, ya muestran sus efectos en la región, nos exhorta a actuar de manera urgente.

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

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

En general, la situación actual por la que pasan los recursos hídricos en México, son consecuencia de un uso y aprovechamiento ineficiente, de una dirección gubernamental meramente ingenieril, de una laxa aplicación jurídica, una productividad decreciente del recurso y crecientes costos ambientales y financieros derivados de la extracción, distribución, tratamiento y la existencia de estructuras tarifarias que no permiten una aproximación a la recuperación de los costos económicos, sociales y ambientales.

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

más importante, existe una gran presión sobre el vital líquido, de por sí escaso, al encontrarse comprometido para usos previamente establecidos.

Por lo tanto, resulta de gran importancia articular un modelo de gestión de recursos hídricos cada vez más eficiente y flexible, acorde con su entorno, sin limitar el desarrollo económico y social del país.

México cuenta con un sistema de concesiones y asignaciones de agua superficial y subterránea regido por la Ley de Aguas Nacionales, donde la Comisión Nacional del Agua es la autoridad nacional en la materia. Sin embargo, los esfuerzos para administrar los recursos hídricos del país han sido insuficientes, en virtud de que no se han consolidado los mecanismos e instrumentos para implementar eficazmente las políticas públicas en materia de agua.

Al reducirse la disponibilidad del agua ha sido necesario gestionar la oferta y demanda vía instrumentos económicos-financieros, de tipo fiscal, de mercado y de derechos de uso del agua, principalmente.

Por ello, el sector hídrico requiere de un proceso de reformas que complemente el enfoque predominantemente técnico-hidráulico, para hacer más eficaz el proceso de la gestión integrada de los recursos hídricos al incorporar planteamientos concebidos desde las perspectivas social y ambiental, en el marco del desarrollo sustentable.

1.3. Preguntas de investigación

Pregunta general:

¿La estimación de la Huella Hídrica para la industria mexicana aportará elementos que contribuyan a la gestión y toma de decisiones para el uso eficiente de los recursos hídricos?

Preguntas complementarias de la investigación:

1. ¿Existen en México los mecanismos o instrumentos necesarios para implementar eficazmente las políticas públicas en materia de agua?
2. ¿Cuáles son los criterios utilizados para la asignación, distribución y consumo del agua en México?
3. ¿Cuáles son los factores que condicionan el paradigma del agua en México?
4. ¿El agua se considera un bien público, un bien común o un bien privado?
5. ¿El acceso al agua debe considerarse como un derecho universal o debe estar sujeto a condiciones de disponibilidad?
6. ¿La asignación del valor o precio del agua debe estar regida por criterios de mercado, por criterios ambientales o por criterios sociales?
7. ¿Cuáles son los factores que condicionan la oferta y demanda del agua en México?
8. ¿La importancia del agua es equiparable a la valoración o utilidad que se le asigna a este recurso como insumo o materia prima para la producción de bienes y servicios?
9. ¿Cuáles son los factores medioambientales que condicionan el establecimiento de una industria en un determinado territorio?

1.4. Objetivos

El objetivo general de la investigación, así como algunos objetivos específicos son:

Objetivo general:

Estimar la Huella Hídrica de la industria mexicana como instrumento de gestión para la toma de decisiones en materia de uso eficiente del recurso hídrico.

Objetivos particulares:

1. Generar una base de datos sobre la cantidad o volumen del recurso agua, que es aprovechado por los 8 principales sectores industriales.

2. Estimar la Huella Hídrica para cada uno de los 8 sectores industriales por Región Hidrológico Administrativa.
3. Establecer líneas de acción y propuestas de gestión para un manejo eficiente de los recursos hídricos.

1.5. Matriz de Congruencia

Con base en los objetivos descritos anteriormente, se propone la siguiente matriz de congruencia.

	Objetivo	Hipótesis	Pregunta
General	Estimar la Huella Hídrica de la industria mexicana como instrumento de gestión para la toma de decisiones en materia de uso eficiente del recurso hídrico.	El aprovechamiento de los recursos hídricos en el sector industrial mexicano no se realiza bajo los principios de escasez, racionalidad y eficiencia.	¿El aprovechamiento de los recursos hídricos, en el sector industrial mexicano, se realiza de manera eficiente?
Específico 1	Generar una base de datos sobre la cantidad o volumen del recurso agua, que es aprovechado por los 8 principales sectores industriales	La existencia de fuentes o bases de datos que integren los volúmenes de aprovechamiento o concesiones de agua en el sector industrial es prácticamente nulo	¿Existen antecedentes o estudios empíricos que muestren la situación sobre el aprovechamiento hídrico en el sector industrial?
Específico 2	Estimar la Huella Hídrica para cada uno de los 8 sectores industriales	La huella Hídrica es un instrumento de planeación y evaluación que permite identificar problemáticas y desarrollar estrategias para el aprovechamiento y gestión eficiente del agua	¿La implementación de la Huella Hídrica en el sector industrial permitirá resolver las problemáticas de los recursos hídricos?
Específico 3	Establecer líneas de acción y propuestas de gestión para un manejo eficiente del agua	La generación de un plan estratégico contribuirá a que el aprovechamiento de los recursos hídricos en el sector industrial sea más eficiente	¿Las estrategias desarrolladas para el sector industrial generarán mejores condiciones para el aprovechamiento eficiente de los recursos hídricos?

Fuente: Elaboración propia.

1.6. Procedimientos de la investigación

1. Identificar los principales enfoques teóricos que fundamenten la gestión y sustentabilidad de los recursos hídricos (teorías del desarrollo sustentable).
2. Hacer una revisión sobre el estado del arte de los recursos hídricos y contextualizarlos (situación actual, problemáticas, usos, aprovechamientos, costos, tarifas, política hídrica, distribución geográfica, programas).
3. Hacer una revisión sobre diversos estudios de caso, donde se haya aplicado la Metodología de la Huella Hídrica, con la intención de presentar un marco de referencia empírico e identificar los posibles alcances y limitaciones de dicha metodología (antecedentes).
4. Aplicar la Metodología de la Huella Hídrica en los principales sectores industriales para identificar los niveles de aprovechamiento del agua en los procesos de producción.
5. Analizar, deducir y concluir los resultados obtenidos.

1.7. Delimitación del objeto de estudio

Con base en los antecedentes de la presente investigación, el análisis se centrará en los principales sectores industriales que tienen un mayor nivel de aprovechamiento hídrico en México. Se tienen identificados a 8 sectores: minería, alimentos, azúcar, bebidas, textil, papel, química y acero. Dicho análisis será realizado por Región Hidrológica Administrativa.

1.8. Hipótesis

El aprovechamiento sustentable del agua en el sector industrial mexicano ha sido limitado, debido a que la política hídrica se enfoca principalmente en aspectos de infraestructura y no integra planteamientos concebidos desde las perspectivas social y

ambiental, en el marco del desarrollo sustentable; además de que la existencia de subsidios e irregularidades en las concesiones no permiten cuantificar la dimensión real de los costos financieros y ambientales; ya que no se otorgan bajo los principios de escasez, racionalidad y eficiencia; por tanto, bajo las condiciones actuales, no se generan los incentivos adecuados para gestionar y aprovechar, de manera óptima, los recursos hídricos. En este contexto, se sostiene que la estimación de la Huella Hídrica en el sector industrial mexicano, como instrumento de gestión, ofrecerá una visión más integral sobre el aprovechamiento del agua, lo cual permitirá desarrollar mecanismos para la gestión eficiente de los recursos hídricos.

1.9. Justificación

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

El agua es esencial para la vida. Mantiene las funciones de los organismos y de los ecosistemas; es el material de construcción de los seres vivos, el medio para transportar materia en el ambiente y facilita el flujo de energía a través de las circulaciones oceánica y atmosférica. Se requiere, además, para la producción de alimentos, cubrir las necesidades de agua potable de las poblaciones humanas, la higiene personal y la producción industrial y pesquera. Los ríos, lagos y los ecosistemas adyacentes a los cuerpos de agua también proporcionan servicios que incluyen el control de inundaciones, el transporte de personas y de bienes, la recreación, la purificación de aguas residuales

municipales e industriales, la generación de energía y proporcionan hábitat para plantas y animales acuáticos UN-WWAP (2006).

Según Gleick (1998) hasta cierto tiempo el agua se consideró un recurso renovable que podría utilizarse sin que afectara su disponibilidad a largo plazo. Sin embargo, varias organizaciones mundiales han señalado que la disponibilidad y el acceso al agua dulce serán temas críticos a resolver durante los próximos años. Aunque el agua es muy abundante en nuestro planeta, sólo cerca del 2.5% es dulce, y de éste cerca de dos terceras partes están “atrapadas” en glaciares y nieves perpetuas lo que dificulta su aprovechamiento. La política hídrica y la gestión del agua son parte fundamental para la construcción del desarrollo sustentable. Un requisito para que la planeación y el manejo de los recursos hídricos sean en verdad efectivos, es contar con información que abarque todos los aspectos del ciclo hidrológico y esté disponible para los interesados.

¿Alguna vez se ha preguntado, cuánta agua se necesita para llevar a cabo las actividades cotidianas que realiza cualquier individuo, o para la culminación de un proceso o producto? Pues bien, es conocido que en una ducha consumimos 26 litros de agua por minuto; para producir un litro de leche se requieren de 1,000 litros de agua; una taza de café requiere de 140 litros de agua; o bien, para elaborar una playera se necesitan 2,700 litros de agua. De tal manera que toda actividad personal o productiva requiere de agua. A pesar de ello, muchas veces los recursos hídricos no son “contabilizados” y/o “monitoreados” para su uso y aprovechamiento eficiente, lo que provoca grandes deficiencias y desequilibrios, tanto en sectores productivos como domésticos.

La aplicación de la Metodología de la Huella Hídrica, concepto relativamente nuevo, representa un avance en la gestión de los recursos hídricos y su uso eficiente. Esta herramienta amplía las expectativas en cuanto al análisis y estudio de los recursos hídricos y su entorno, así como la identificación de los agentes de presión que en ellos intervienen.

Así, la Metodología de la Huella Hídrica, puede ser empleada como instrumento de evaluación y planeación de los recursos hídricos, la cual, puede ser aplicada para una persona, producto, proceso, región o país, bajo un determinado espacio-tiempo. No obstante, la Huella Hídrica es un concepto nuevo y en constante mejoramiento.

A pesar de que la Huella Hídrica es un instrumento de reciente creación, su aplicación en México y Latinoamérica sigue siendo muy limitada, no obstante, en varias regiones europeas, Medio Oriente y Asia, se tienen progresos considerables. Es importante mencionar que, las revisiones literarias que se han investigado sobre la aplicación de la Metodología de la Huella Hídrica, en un determinado proceso, producto, grupo social, región o país, son en mayor medida, estudios aplicados al sector agrícola y, prácticamente nula su estimación en el sector industrial.

La Huella Hídrica es un indicador del consumo y contaminación de agua dulce, que contempla las dimensiones directa e indirecta. Su concepto fue introducido por primera vez en el año 2002 por Arjen Hoekstra y desde entonces es difundido por la organización Water Footprint Network (WFN). Es una herramienta que nos permite saber el consumo y la contaminación del agua aplicable a una persona, a un producto, o a un país, entre otros (FFLA, 2013).

Aldaya et al., (2011) comenta que otro concepto muy relacionado con el de Huella Hídrica es el de Agua Virtual. El Agua Virtual es el volumen total de agua utilizada directa e indirectamente para la elaboración de un producto. El concepto de Agua Virtual fue introducido en la década de los 90 por Tony Allan, cuando estudiaba la posibilidad de importar agua virtual como solución parcial a los problemas de escasez de agua en el Medio Oriente. Si una nación exporta o importa tal producto, ésta también exporta o importa agua en forma virtual. Cuando dos regiones geográficas intercambian productos, intercambian también Agua Virtual. En este caso hablamos de flujo o comercio de Agua Virtual, que se refiere al volumen de Agua Virtual transferido de un área a la otra como resultado del comercio de productos. El contenido de Agua Virtual de un producto es equivalente a la Huella Hídrica del mismo. La diferencia consiste en que el primero se refiere exclusivamente al volumen, mientras que el segundo es un indicador espacio-temporal, que además del tipo de agua empleado debe vincularse a un espacio y un tiempo determinados.

El documento denominado The Water Footprint Assessment Manual, desarrollado por Chapagain y Hoekstra en 2004 y actualizado nuevamente por Hoekstra, Aldaya, Mekonnen y Chapagain en 2009 y 2011, es la metodología estándar que se ha

establecido a nivel internacional para el cálculo de la Huella Hídrica y sus derivaciones, difundido por la WFN (Hoekstra et al., 2011).

Dentro del análisis de la Huella Hídrica, (Hoekstra et al., 2011) señalan que se debe tener presente la categorización que se hace del recurso hídrico en tres tipos: 1) Huella Hídrica Azul, 2) Huella Hídrica Verde y 3) Huella Hídrica Gris. Así, una evaluación de la Huella Hídrica total está compuesta de cuatro fases distintas: 1) Establecer objetivos y su alcance, 2) Contabilizar la Huella Hídrica, 3) Evaluar la sostenibilidad y 4) Formular la respuesta.

En términos generales, el objetivo de evaluar la Huella Hídrica es analizar cómo las actividades humanas o de productos específicos afectan a las cuestiones de escasez de agua y su contaminación y ver cómo las actividades y los productos puedan ser más sustentables desde la perspectiva del agua.

1.10. Estructura capitular

La estructura capitular que se pretende realizar, considerando inicialmente el resumen, así como su correspondiente versión en inglés (abstract) es la siguiente:

Introducción	Presentación de la investigación, justificación, alcances y estructura
Capítulo I. Fundamentos metodológicos de la investigación	Establecimiento de los conceptos y elementos necesarios para el desarrollo, seguimiento y conclusión de la investigación
Capítulo II. Marco teórico y estado del arte de los recursos hídricos	Contextualización teórica y descripción sobre la situación de los recursos hídricos de lo general a lo particular
Capítulo III. Proyecto de investigación: Análisis de los principales sectores industriales en México	Búsqueda de la información sobre el consumo de agua en distintas fuentes y elaboración de bases de datos (recopilación, procesamiento y análisis de datos)

Capítulo IV. Antecedentes y referencias sobre la aplicación de la Metodología de la Huella Hídrica	Revisión de antecedentes y referencias sobre la aplicación metodológica de la Huella Hídrica en diferentes contextos, así como la descripción de sus orígenes y conceptos
Capítulo V. Aplicación de la Metodología de la Huella Hídrica en el sector industrial mexicano	Estimación y análisis de resultados, así como generación de propuestas para el uso eficiente de los recursos hídricos
Conclusiones	Deducciones y críticas a la investigación
Bibliografía	Referencias y antecedentes que sustenten la investigación
Anexos	Apartado de información adicional y/o complementaria

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

En este segundo apartado se realiza una referencia descriptiva sobre la situación que guardan los recursos naturales, con mayor énfasis, los recursos hídricos, en un contexto de globalización y degradación ambiental. Para ello, este capítulo está dividido en tres secciones. En la primera sección se hace un compendio de reflexiones sobre la situación actual que presentan los desafíos del desarrollo sustentable, sus retos y vicisitudes, en el marco de los actuales paradigmas dominantes: el neoliberalismo y pos-neoliberalismo. En la segunda sección se hace una contextualización sobre los escenarios presentes y futuros que presentan los recursos hídricos a nivel global y en algunas regiones del mundo, se detallan situaciones, estadísticas, problemáticas y acuerdos, entre otros, con el objetivo de brindar un panorama general sobre la presente crisis de los recursos naturales, y más en específico, la situación del recurso agua. Finalmente, en la tercera sección se hace una caracterización del agua en México, se presentan algunas generalidades, estadísticas, políticas, regulaciones, operaciones, distribuciones y divisiones, entre otros, de este recurso natural, es decir, se hace una radiografía hídrica del país. Además, se agregan algunas características, conceptos y situaciones sobre el aprovechamiento del recurso agua en el sector industrial mexicano.

2.1.- Estado actual del paradigma dominante: los desafíos de la sustentabilidad

El actual desafío de lograr un modelo de desarrollo plenamente inclusivo y ambientalmente sustentable nos obliga a examinar en profundidad los estilos de desarrollo a la luz de la realidad del siglo XXI. En este nuevo escenario coexisten una creciente desigualdad y cada vez mayores presiones sobre el medio ambiente y los

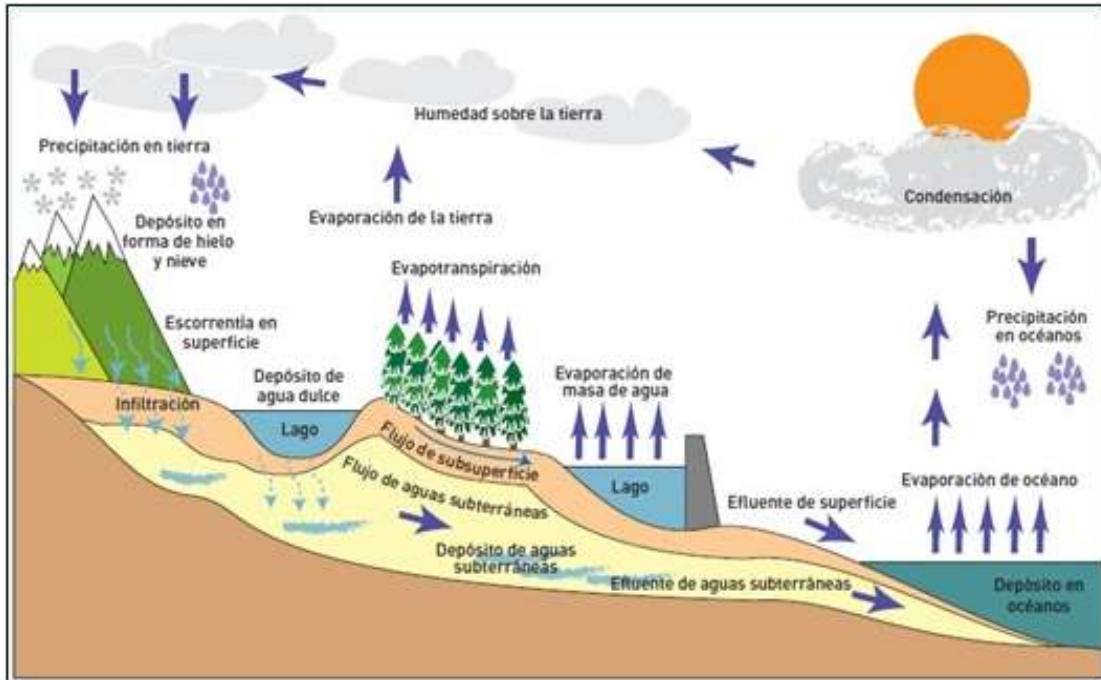
recursos naturales, con el surgimiento de nuevos polos y poderes económicos, la explosión de las nuevas tecnologías, una rápida urbanización y la mayor importancia de los espacios regionales de integración, entre otros cambios. De cara a este escenario y con miras a perfilar un mejor futuro para todos, se necesitan políticas y acciones fundamentadas en la visión holística que implica el desarrollo sustentable.

Cuando en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sustentable (Río+20), celebrada en 2012, los países miembros acordaron iniciar un proceso para la elaboración de Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS) y ligarlo a la discusión sobre lo que vendrá a ser la agenda para el desarrollo después de 2015, se estaban fusionando dos procesos internacionales que, hasta entonces, habían discurrido de manera paralela, es decir, la agenda de desarrollo centrada en las personas, orientada por los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), y la agenda de desarrollo sustentable, que analizaba la compleja relación entre medio ambiente y desarrollo. Esta última fue orientada por una sucesión de instrumentos declaratorios, entre los que se cuentan la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de 1992, el Programa 21 y los convenios internacionales, emanados a partir de la Cumbre para la Tierra, entre ellos, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (De Miguel & Tavares, 2015).

El agua cubre el 70% de la superficie del planeta Tierra. La tierra, los océanos y la atmósfera del planeta contienen una cantidad fija de agua, alrededor de 1,260 millones de billones de litros, en forma de hielo, vapor o líquido. De tal forma que, la naturaleza circula interminablemente toda esta agua por medio del proceso conocido como el ciclo hidrológico (véase cuadro 2.1). Por tanto, la problemática del agua no recae en su existencia como tal, sino en su disponibilidad. Alrededor del 97.5% del agua de la Tierra está en los océanos, y por lo tanto no es apta para beber. El 2.5% de agua dulce en su mayor parte está encerrada en hielo y en aguas subterráneas, dejando tan sólo 0.007% aproximadamente en forma de lagos, ríos, represas y fuentes subterráneas poco profundas, reabastecidos por los procesos de evaporación y precipitación, y fácilmente disponible para uso de los seres humanos. Esta cantidad relativamente pequeña está distribuida en forma muy desigual alrededor del mundo. Apenas una pequeña porción de los ríos más grandes del mundo, como el Amazonas y el Congo, distribuyen la mayor

parte del flujo de agua potable del planeta, mientras las regiones áridas y semiáridas, que comprenden un 40% de las masas continentales de la Tierra, tan sólo dan cuenta del 2% de la correntía global (TUNZA, 2010).

Cuadro 2. 1. Ciclo Hidrológico del Agua



Fuente: TUNZA, 2010.

Hoy, más que nunca, se tiene conciencia de que proteger el medio ambiente no es un lujo, sino una condición para el desarrollo y la supervivencia. No es solo una cuestión de equidad intergeneracional, sino una condición para la continuidad de los logros en materia de desarrollo, eliminación de la pobreza y reducción de la desigualdad en el presente. Esta transformación de la relación entre el medio ambiente y el desarrollo económico y social no puede esperar más.

En América Latina y el Caribe, así como en las otras regiones del mundo, a pesar de que se ha avanzado en la creación y el fortalecimiento de las instituciones y políticas ambientales, en general, no se ha cambiado de manera fundamental la forma de hacer las cosas y el modelo económico imperante sigue siendo el mismo. La creciente evidencia sobre los efectos del cambio climático, que se materializarán no en 100 años sino en el futuro cercano, ya muestran sus efectos en la región, nos exhorta a actuar de manera urgente.

De Miguel & Tavares (2015) sostienen que la amenaza del cambio climático se suma a los costos humanos y económicos de otras formas de degradación ambiental, que a menudo son asumidos por los más vulnerables. Por ejemplo, los pobres suelen estar más expuestos a los efectos de la contaminación del aire, los residuos tóxicos y las aguas cloacales no tratadas, lo que se agrava por su menor acceso a servicios de salud. Los que dependen directamente de la agricultura, la pesca y otras actividades de menor escala basadas en recursos naturales y no pueden recurrir a fuentes alternativas de recursos o ingresos tienen mayor probabilidad de sufrir la pérdida de su medio de vida a causa de la degradación de los ecosistemas. Aquellos que no pueden prescindir del sistema de transporte público se ven más afectados por la congestión de las ciudades y, por lo tanto, afrontan costos más elevados en términos de tiempo de traslado y pérdida de oportunidades de acceso al mercado laboral.

Es así que el reto del cambio climático se asocia a la presencia de patrones productivos y de consumos insustentables, dependientes del uso de energías fósiles con altas emisiones de carbono, altamente contaminantes. En consecuencia, el cambio climático impone límites y restricciones, y obliga a reorientar el paradigma productivo y los patrones de consumo, es decir, induce a un proceso de adaptación forzado, bajo un escenario de alta vulnerabilidad. El reto simultáneo de adaptarse a las nuevas condiciones climáticas e instrumentar los procesos de mitigación, reconociendo al mismo tiempo las responsabilidades comunes pero diferenciadas y las capacidades heterogéneas, es ciertamente extraordinario y condicionará las características del desarrollo del siglo XXI (CEPAL, 2015).

La protección del medio ambiente y de las personas contra los efectos de la degradación ambiental es cada vez más aceptada como parte integrante de cualquier estrategia de superación de la pobreza y la desigualdad intrageneracional. Alrededor del mundo, los países enfrentan numerosos y diversos retos de política ambiental, emanados del desafío común de superar la heterogeneidad estructural y la dependencia en ventajas comparativas estáticas de las industrias intensivas en recursos naturales. La elevada desigualdad y segregación económica de la estructura social, resultante de este camino histórico de desarrollo, condujo a la adopción de patrones de consumo caracterizados

por la segregación, con mercados privados de gran desarrollo en el caso de los bienes de alta calidad y, más notablemente, de servicios como el transporte, la salud y la educación. Esta segregación separa a los ricos de los pobres, acentúa las disparidades y obstaculiza la puesta en marcha de soluciones públicas más inclusivas y que contemplen la protección del medio ambiente (CEPAL, 2014 en De Miguel & Tavares, 2015).

Desde una óptica económica, la CEPAL (2015), menciona que el cambio climático es quizá la mayor externalidad negativa posible. Sin costo económico alguno, se descargan en la atmósfera emisiones de gases de efecto invernadero que ocasionan cambios en el clima. La solución implica la necesidad de instrumentar un conjunto de políticas públicas para corregir las fallas de mercado que ocasionan esos cambios y que intensifican sus efectos.

En ese sentido, el cambio climático expresa e intensifica las consecuencias y presiones económicas, sociales y ambientales del actual estilo de desarrollo y, por lo tanto, solo mediante el tránsito hacia un desarrollo sustentable será posible resolver los desafíos que plantea. De ese modo, el desarrollo basado en una mayor igualdad y cohesión social sería menos vulnerable a las conmociones climáticas y de otro tipo, y estaría en mejores condiciones de cumplir las metas de mitigación.

Los modelos de consumo y producción sustentables, con sus dimensiones y consecuencias económicas, culturales y sociales, son un prerequisite para alcanzar una verdadera equidad, inclusión y sustentabilidad ambiental, y deben constituir tanto un objetivo como un pilar transversal de la nueva agenda. Distintos países, alrededor del mundo, han destacado la importancia fundamental de transformar la estructura productiva y de consumo en las economías desarrolladas (De Miguel & Tavares, 2015).

En ese sentido, (Stern, 2007 en Galindo et al., 2014), sostiene que el cambio climático es un tema que requiere del análisis económico y social, con consideraciones de equidad y éticas relevantes.

De tal modo que, el cambio climático es uno de los grandes retos del siglo XXI, debido a sus causas y consecuencias globales y, al mismo tiempo, a sus impactos regionales

heterogéneos y asimétricos por países y grupos socioeconómicos, siendo común que los que contribuyen en menor medida al cambio climático reciban los mayores impactos negativos.

En ese contexto, América Latina y el Caribe tienen aún una contribución histórica menor al cambio climático, por lo que se refiere a sus niveles de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Al mismo tiempo, es particularmente vulnerable a las consecuencias negativas de dicho cambio y, sin duda, se verá afectada por cualquier tipo de acuerdo internacional en la materia (CEPAL, 2015).

De tal manera que el cambio climático encierra la paradoja fundamental de que es un fenómeno de largo plazo, pero su dinámica de solución requiere actuar en lo inmediato, atendiendo simultáneamente los procesos de mitigación y adaptación. Asimismo, el cambio climático implica la posibilidad de eventos climáticos extremos con consecuencias catastróficas, con una baja probabilidad, pero que en un largo periodo de tiempo se traducirán en una modificación de la forma en que se administran estos riesgos y sus probabilidades de ocurrencia. No obstante, existen impactos físicos irreversibles que deben de considerarse con base en un principio precautorio (Galindo et al., 2014).

La CEPAL (2015) afirma que la inercia actual, en lo que se refiere a las emisiones de GEI, sugiere que el cambio climático es inevitable, al menos durante el siglo XXI. Ante esa situación, es indispensable instrumentar procesos de adaptación con objeto de reducir los daños esperados. Sin embargo, no debe olvidarse que los procesos de adaptación tienen límites, enfrentan diversas barreras, pueden ser ineficientes y, en todo caso, existen daños residuales que muchas veces son irreversibles. Resultan especialmente preocupantes los procesos de adaptación ineficientes que entrañan costos adicionales.

Por ejemplo, los intentos de compensar el aumento de temperatura con un mayor uso de agua pueden conducir a la sobreexplotación de los mantos acuíferos, lo que tendría consecuencias negativas en el futuro. La estimación de los potenciales impactos del cambio climático sobre el sector hídrico es ciertamente compleja y tiene, desde luego, un alto grado de incertidumbre. La estimación de los impactos debe considerar los efectos sobre la oferta y la demanda de agua del cambio climático y basarse en la construcción

de un escenario base. Así, la estimación de la demanda del recurso hídrico se puede realizar con una especificación estándar de demanda; esto es, considerando el consumo de agua como función del nivel de gasto o ingreso, los precios relativos del agua y otras variables relevantes como la población.

Deaton & Muellbauer (1980) y Varian (1992) en Galindo et al., (2014) mencionan que la estimación de las funciones de demanda, de los recursos hídricos, permite identificar la trayectoria del consumo en el futuro. La estimación de la disponibilidad de agua debe considerar principalmente las proyecciones en los patrones de precipitación y los cambios en la temperatura, asimismo, puede ser construida a partir de una extensión del comportamiento histórico de la serie. Comparando el nivel de demanda con la disponibilidad es posible obtener una aproximación al grado de estrés sobre los recursos hídricos.

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

La evidencia disponible en diversos análisis muestra que la demanda de agua es sensible a la evolución del ingreso y del crecimiento poblacional, de su precio y de otros precios, de las características demográficas y socioeconómicas de los hogares y también del clima, con inclusión de la temperatura y la precipitación.

Es de destacar la inelasticidad de la demanda de agua en función del ingreso y el precio, en particular la del precio. Esto sugiere que el consumo de agua aumentará, aunque proporcionalmente menos que el crecimiento del PIB. El uso de instrumentos económicos es importante para controlar el consumo, pero también tiene sus limitaciones y debe incluir otras consideraciones sociales. También es importante destacar que el aumento de la temperatura y las modificaciones de los patrones de precipitación incidirán en la trayectoria del consumo hídrico. En particular, el aumento de la temperatura se traducirá en un aumento de la demanda de agua, lo que intensificará las presiones sobre ese recurso (Sebri, 2014 en CEPAL, 2015).

Siguiendo a Galindo et al., (2014) las modificaciones en los patrones de precipitación y, en menor medida el aumento en la temperatura promedio, consecuencia del cambio climático, tendrán importantes implicaciones para la disponibilidad de agua. En efecto, se proyecta que el cambio climático genere modificaciones al ciclo del agua, lo que incluye variaciones en la distribución, el ritmo y la intensidad de las precipitaciones y cambios en el ritmo de los flujos estacionales de agua, asimismo, se espera una reducción paulatina de la extensión de los glaciares. Bajo estas proyecciones la disponibilidad hídrica para consumo humano, agrícola e hidroeléctrico se verá afectada.

Por tanto, la adaptación al cambio climático comprende todo cambio intencional efectuado como respuesta a las nuevas condiciones climáticas, tanto reales como proyectadas. Así, desde una perspectiva económica, los procesos de adaptación se definen como los costos económicos adicionales en que se debe incurrir en las actividades humanas y los ecosistemas para ajustarse a las nuevas condiciones. Estos costos no se toman en cuenta en la trayectoria inercial y pueden incluir cambios sociales, culturales, administrativos y en los procesos, así como modificaciones en los comportamientos, la construcción de nueva infraestructura o el uso de nuevas tecnologías, transformaciones estructurales y cambios en los productos, los insumos o los servicios, y la formulación de nuevas políticas públicas con el propósito de amortiguar o aprovechar las nuevas condiciones climáticas (CEPAL, 2015).

Así pues, el cambio climático es un fenómeno con una incertidumbre inherente significativa que requiere una administración de riesgos apropiada. Esto es, los escenarios elaborados con cambio climático solo son indicativos y son altamente sensibles a los supuestos considerados. De este modo, no pueden ser considerados como pronósticos específicos.

De tal modo que, los desafíos de la sustentabilidad implican fenómenos de largo plazo, por lo tanto, es necesario ponderar con cuidado los efectos intergeneracionales y los escenarios futuros.

2.2.- Contextualización de los recursos hídricos: escenarios presentes y futuros

Prácticamente hoy todo el mundo habla de la necesidad de hacer un uso sustentable de los recursos naturales, sobre todo en los países áridos o semiáridos, esto ocurre de modo especial cuando se trata del agua, ya que en las últimas décadas este recurso ha adquirido una importancia relevante en el contexto internacional. Ahora bien, el concepto de sustentabilidad puede definirse o aplicarse de formas muy diversas, según se ponga el énfasis en una de sus dimensiones.

Muchos investigadores suelen distinguir tres dimensiones o aspectos en la sustentabilidad: el físico o ecológico, el económico y el social. Sin embargo, otros autores consideran un número mayor de dimensiones.

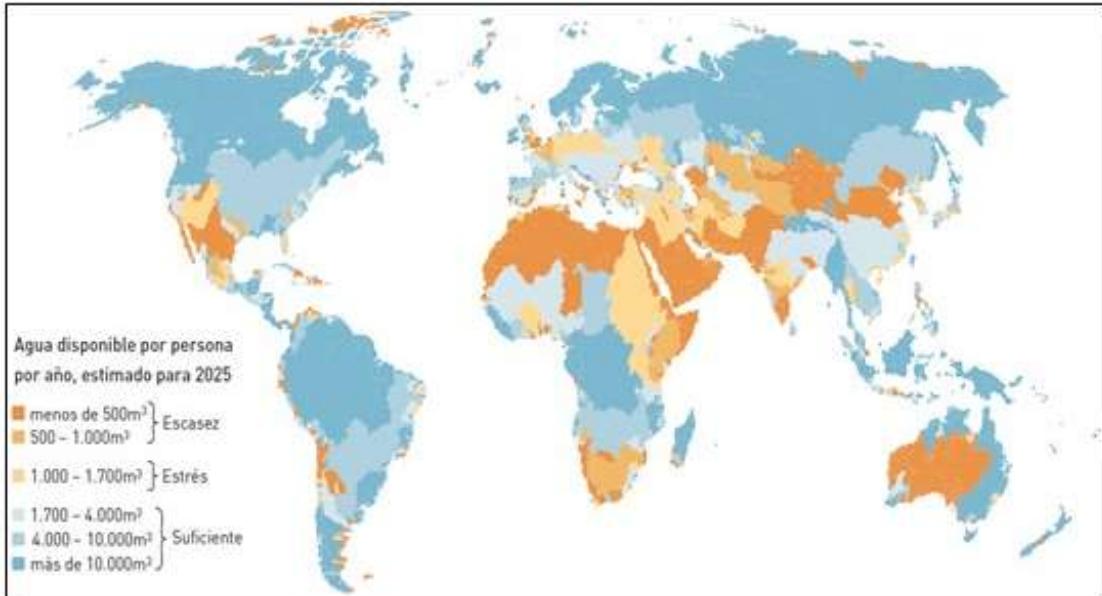
La Tierra, con sus diversas y abundantes formas de vida, que incluye a más de 9,000 millones de seres humanos, se enfrenta en este comienzo del siglo XXI con una grave crisis del agua. Todas las señales parecen indicar que la crisis está empeorando y que continuará haciéndolo, a no ser que se emprenda una acción correctiva. Se trata de una crisis de gestión de los recursos hídricos, esencialmente causada por la utilización de métodos inadecuados (UN, 2003).

La verdadera tragedia de esta crisis, sin embargo, es su efecto sobre la vida cotidiana de las poblaciones pobres, que sufren el peso de las enfermedades relacionadas con el agua, viviendo en entornos degradados y a menudo peligrosos, luchando por conseguir una educación para sus hijos, por ganarse la vida y por solventar sus necesidades básicas de alimentación.

Ya en nuestros días, la demanda de agua está sobrepasando el suministro en muchas partes del mundo: unos 50 países ya están sufriendo estrés por falta o escasez de agua durante todo el año, y aún más países experimentan la falta de agua en ciertas épocas. Dentro de muchos países, la disponibilidad del agua varía de región a región porque depende de cuencas colectoras, no de límites políticos (véase mapa 2.1). Se anticipa que muchas partes del mundo que actualmente están sufriendo de estrés de agua cambiarán

a un estado de escasez del recurso hídrico, y algunos que al parecer por ahora poseen agua suficiente comenzarán a experimentar estrés (TUNZA, 2010).

Mapa 2. 1.- Disponibilidad del agua en el siglo XXI



Fuente: TUNZA, 2010.

El agua es esencial para la vida, pero para muchos millones de personas, en todo el mundo, es un recurso escaso; por eso luchan diariamente para conseguir agua apta para el consumo y para atender a sus necesidades básicas. Millones de niños siguen muriendo todos los años a causa de enfermedades transmitidas por el agua que se pueden prevenir. Los desastres naturales relacionados con el agua, como son las inundaciones, las tormentas tropicales y los *tsunamis*, cobran un alto precio en vidas y sufrimiento humanos. Y con demasiada periodicidad, la sequía asola a algunos de los países más pobres del mundo y agudiza el hambre y la desnutrición.

En el decenio pasado se registraron adelantos importantes en la tarea de proporcionar a la población acceso al agua potable, libre de impurezas y a los servicios de saneamiento básicos. Pero todavía hace falta realizar un esfuerzo en este decenio para ampliar esos servicios esenciales a las personas que todavía no cuentan con ellos y que, en su inmensa mayoría, son pobres.

UN-Water (2005) señala que el cumplimiento de las metas establecidas por la comunidad internacional para 2015, en relación con el agua y el saneamiento, es un paso decisivo

hacia el objetivo final de abastecer de agua potable, apta para el consumo y de servicios de saneamiento a todos. Proporcionar acceso al agua y a los servicios de saneamiento es también fundamental para lograr los demás ODM: mitigación de la pobreza, el hambre y la desnutrición, reducción de la mortalidad infantil, aumento de la igualdad, más oportunidades de educación y sustentabilidad del medio ambiente.

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

El aumento de los conocimientos científicos ha hecho que la comunidad internacional llegue a apreciar mucho más los valiosos servicios que prestan los ecosistemas relacionados con el agua, desde el control de las inundaciones hasta la protección contra las tormentas y la purificación de la misma. Aunque algunos analistas predicen futuros conflictos en relación con el agua, muchos países comparten con éxito cuencas fluviales, mares interiores y otros recursos hídricos, lo que demuestra que este elemento puede ser también un poderoso catalizador de la cooperación internacional (UN-Water, 2005).

De los aproximadamente 113,000 km³ de agua que se precipitan cada año sobre la Tierra en el ciclo hidrológico, cerca de 71,000 km³ se evaporan y retornan a la atmósfera, el resto, unos 42,000 km³, recargan los acuíferos o retornan a los océanos por la vía de los ríos. Constituyen los recursos acuáticos renovables, las aguas dulces del planeta. Sin embargo, los volúmenes realmente disponibles de estos recursos sólo se estiman entre 9,000 a 14,000 km³. Y, lo que, es más: un monto sustancial, aproximadamente el 70%, es necesario para sostener los ecosistemas terrestres, lo que reduce a un 30%, unos 4,200 km³, las disponibilidades reales para todos los usos humanos directos. Si este volumen se divide entre los 9,000 millones de seres humanos que pueblan la Tierra, a cada persona le corresponderían unos 700 m³ al año (Toledo, 2002).

Los ODM, acordados por los 191 Estados miembros de las Naciones Unidas, en la Cumbre del Milenio, celebrada en el año 2000, establecen metas concretas para reducir

la pobreza, el hambre, las enfermedades, el analfabetismo, la degradación ambiental y la discriminación contra las mujeres para 2015. Entre esas metas, los gobiernos acordaron reducir a la mitad el porcentaje de personas que no tienen acceso al agua potable apta para el consumo para 2015, año en que terminará el *Decenio Internacional para la Acción: El agua, fuente de vida* (UN-Water, 2005).

El PNUMA (2012) afirma que el deterioro de la calidad del agua, el aumento de la competencia por la distribución de la misma y las amenazas a los ecosistemas se han convertido en problemas comunes conforme se desarrollan las economías y aumenta la población. Se han aprendido muchas lecciones y desarrollado nuevos enfoques. Sin embargo, en muchas partes del mundo la situación frecuentemente se deja empeorar hasta alcanzar niveles críticos antes de que se tomen medidas. En algunos casos, la situación puede revertirse. En otros casos, la pérdida de biodiversidad no se puede restaurar ni pueden recuperarse las oportunidades perdidas. No obstante, se requiere un nuevo enfoque desde los puntos de vista ambiental y socioeconómico.

El objetivo primordial del *Decenio: El agua, fuente de vida*, de 2005 a 2015, es lograr los objetivos de desarrollo convenidos internacionalmente en relación con el agua mediante la cooperación en cuestiones que tengan que ver con el agua y la participación de la mujer en esos esfuerzos de desarrollo (UN-Water, 2005). Así mismo, todos los ODM son interdependientes. Si no mejora el acceso a los recursos de agua dulce y a los servicios de saneamiento, el objetivo general de reducción de la pobreza no se podrá alcanzar. A menudo se subestiman las consecuencias económicas resultantes de la falta de agua libre de impurezas y de mejores servicios de saneamiento. Las enfermedades relacionadas con la higiene socavan el crecimiento económico y cuestan miles de millones de días laborables cada año.

La Declaración del Milenio establece el compromiso de lograr la igualdad entre los sexos y la potenciación del papel de la mujer. Los progresos logrados en materia de agua y saneamiento son fundamentales para potenciar el papel de la mujer. Las mujeres y las niñas son las que más sufren por la falta de abastecimiento de agua y de servicios de saneamiento privados. Las mujeres y las niñas tienen que acarrear y distribuir el agua para la familia y para otros usos y suelen ser las encargadas de cuidar a los enfermos.

El *informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo*, en su edición 2015, menciona los siguientes aspectos, como circunstancias paralelas a la crisis global del agua (UN, 2015):

1. La población mundial crece a un ritmo de unos 80 millones de personas al año y se prevé que alcance los 9,100 millones en 2015, con 2,400 millones de personas viviendo en África Subsahariana.
2. El PIB Mundial aumentó un promedio de un 3.5% anual de 1960 a 2012. Gran parte de este crecimiento económico ha tenido un costo social y ambiental significativo.
3. Se prevé que en 2030 el mundo tendrá que enfrentarse a un déficit mundial del 40% de agua en un escenario climático en que todo sigue igual.
4. El crecimiento demográfico, la urbanización, la industrialización y el aumento de la producción y el consumo han generado una demanda de agua dulce cada vez mayor.
5. La cuestión es que hay agua suficiente como para satisfacer las necesidades crecientes del mundo, pero será difícil su disponibilidad, si no cambiamos radicalmente el modo en que se usa, se maneja y se comparte. Por tanto, la crisis hídrica mundial es una crisis de gobernanza, mucho más que de recursos disponibles.
6. El cambio climático exacerbará los riesgos asociados con variaciones en la distribución y disponibilidad de los recursos hídricos.
7. Las pérdidas económicas generadas por los peligros relacionados con el agua han aumentado considerablemente en la última década. Desde 1992, las inundaciones, sequías y tormentas han afectado a 4,200 millones de personas (el 95% de todas las personas afectadas por todos los desastres) y han ocasionado 1.3 billones de dólares estadounidenses de daños (el 63% de todos los daños).
8. En algunas latitudes del planeta, se informa de que el límite global de sustentabilidad ecológica de agua disponible para su extracción ha sido superado por una tercera parte aproximadamente de la población, y aumentará hasta aproximadamente la mitad hacia el año 2030.

Toledo (2002) señala que la realidad es que la distribución del agua dulce es desigual entre las regiones naturales y económicas del planeta. Cerca del 75% de la población humana se concentra en países y regiones donde sólo existe el 20% de las disponibilidades de agua. Por el acelerado deterioro de los recursos acuáticos esta situación empeorará en el futuro próximo.

Considerando el carácter finito de los recursos de agua dulce, por una parte, y el aumento de la demanda, por la otra, lo fundamental es proteger y gestionar debidamente los recursos hídricos. Los ODM concretaron el compromiso de los gobiernos de velar por la sustentabilidad del medio ambiente y frenar la pérdida de recursos ambientales. La reducción de la pobreza y un cambio en las modalidades de consumo insustentables son imprescindibles para frenar la degradación del medio ambiente y asegurar su sustentabilidad (UN-Water, 2005).

Shiklomanov (2000) en Toledo (2002) sostiene que la mayoría de los recursos de agua dulce del planeta se concentran en sólo seis países: Brasil, Rusia, Canadá, EE.UU., China e India. Más del 40% de los ríos del mundo se concentran en estos países. El mayor de ellos, el Amazonas, contribuye con el 16% de los montos totales descargados por los ríos del planeta. El 27% de las aguas dulces de la Tierra corresponden a los aportes de cinco grandes cuencas de aguas: Amazonas, Ganges-Bramaputra, Congo, Yantzé y Orinoco. Los ríos con flujos promedios superiores a los 100 km³ por año concentran el 46% de los recursos de agua dulce de la Tierra. Pero estos flujos son estacionales. Cerca del 45 a 55% tienen lugar en los periodos lluviosos del año. La cantidad de recursos acuáticos en los continentes varía de acuerdo con las estaciones del año. Por ejemplo: la mayor parte de los flujos en los ríos de Europa ocurren entre abril y julio (46%), en Asia, durante junio y octubre (54%), en África en septiembre-diciembre (44%), Sudamérica durante abril-julio (45%) y Australia y Oceanía durante enero-abril (46%). En promedio cerca del 46% del total global de las descargas de los ríos ocurren entre los meses de mayo y agosto.

El agua, libre de impurezas y con un saneamiento adecuado, son dos factores indispensables para asegurar la salud y la protección de los seres humanos contra muy diversas enfermedades. *El Decenio Internacional para la Acción: El agua, fuente de vida,*

2005-2015 demanda de la comunidad internacional una intensificación de los esfuerzos para aumentar el acceso al agua y al saneamiento para todos para 2015 a fin de luchar contra las enfermedades y mejorar la salud y el bienestar de la población mundial (UN-Water, 2005).

Las aguas dulces del mundo constituyen un recurso escaso, amenazado y en peligro. De acuerdo con los estudios sobre los balances hídricos del planeta solamente el 0.007% de las aguas dulces se encuentran realmente disponibles a todos los usos humanos directos. De esta pequeñísima porción dependen procesos sociales vitales. Las más recientes evaluaciones de los especialistas y organizaciones internacionales conectadas con los problemas del agua, sugieren que para el año 2025 más de las dos terceras partes de la humanidad sufrirá algún estrés por la falta de este líquido (L'vovich et al., 1995 & Simonovic, 1999 en Toledo, 2002).

La escasez de agua obliga a las personas a consumir aguas contaminadas portadoras de enfermedades. En 2005, 500 millones de personas vivían en países definidos como en situación crítica en relación con el agua o con escasez de ésta. Se prevé que esta cifra aumente de 2,400 a 3,400 millones respectivamente para 2025, y que África septentrional y Asia occidental se verán especialmente afectadas (UN-Water, 2005).

El aumento de la urbanización ejerce una enorme presión sobre la actual infraestructura de abastecimiento de agua y los servicios de saneamiento. Los centros urbanos de los países en desarrollo han crecido con gran rapidez sin planificar una infraestructura suficiente, lo que ha dado por resultado que millones de inmigrantes apenas tengan acceso a servicios de saneamiento o abastecimiento de agua suficientes. Esto pone en peligro a poblaciones enteras y causa graves daños al medio ambiente.

La producción mundial de alimentos tendrá que incrementarse en un 60% entre 2000 y 2030 para satisfacer el incremento de la demanda resultante del crecimiento de la población, lo que requiere un aumento del 14% del agua que se utiliza para la agricultura de regadío. Las tierras de regadío, que representan sólo un 20% de las tierras cultivables del mundo, producen cerca del 40% del suministro mundial de alimentos y el 60% de los cereales. Aunque es más productivo que la agricultura de secano, el riego ha pasado a ser objeto de estrecha vigilancia por su relativamente bajo rendimiento en comparación

con los recursos que utiliza. La creciente escasez de agua en muchas regiones obliga a utilizar el agua en la agricultura de manera mucho más productiva y a que se establezcan mecanismos de distribución del agua más transparentes entre los sectores, prestando especial atención a las necesidades del medio ambiente (UN-Water, 2005).

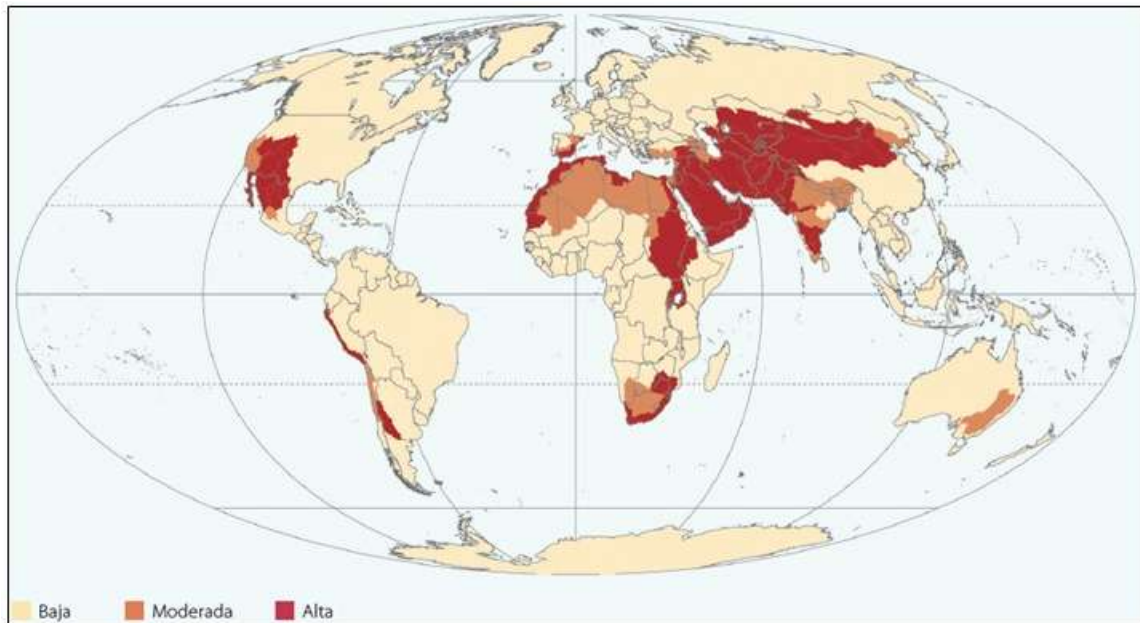
Los desastres relacionados con el agua y otros desastres naturales pueden devastar las economías nacionales y causar graves y negativas repercusiones de índole fiscal a corto plazo, pero si se reiteran con frecuencia las consecuencias negativas lo son a más largo plazo para el crecimiento económico, el desarrollo y la lucha contra la pobreza. La gestión de los riesgos de desastre es un asunto multifacético que abarca aspectos ambientales, sociales y económicos. Ello obliga a tomar en consideración tanto las necesidades que tienen los diferentes grupos sociales cuando se ven afectados por desastres como el compromiso activo de todas las partes interesadas.

El aumento de la demanda de agua está ejerciendo serias presiones sobre nuestro medio ambiente. Los ecosistemas de agua dulce están en crisis en todo el mundo, hay muchos ríos y lagos contaminados ya o seriamente degradados a causa de la disminución de los ecosistemas naturales, como bosques y cuencas hidrográficas. Los grandes volúmenes de metales pesados y desechos peligrosos que descargan la industria y la agricultura están aumentando la contaminación de las aguas subterráneas y agotándolas.

El estado de pobreza de un amplio porcentaje de la población mundial es a la vez un síntoma y una causa de la crisis del agua. El hecho de facilitar a los pobres un mejor acceso a un agua mejor gestionada puede contribuir a la erradicación de la pobreza, tal como lo muestra el *Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo* o (WWDR), por sus siglas en inglés. Al mismo tiempo, una mejor gestión nos permitirá hacer frente a la creciente escasez de agua per cápita en muchas partes del mundo en desarrollo (UN, 2003).

Resolver la crisis del agua es, sin embargo, sólo uno de los diversos desafíos con los que la humanidad se enfrenta en este tercer milenio y ha de considerarse en este contexto. La crisis del agua debe situarse en una perspectiva más amplia de solución de problemas y de resolución de conflictos (véase mapa 2.2).

Mapa 2. 2.- Distribución de la escasez de agua en las principales cuencas



Fuente: UN, 2015.

La *Agenda de Desarrollo post 2015* debe abordar el uso de los recursos hídricos en el mundo de una manera amplia e integrada, de manera que, en el esfuerzo de la humanidad para lograr el desarrollo sustentable y el crecimiento económico, no vayamos a destruir el recurso que lo hace posible, el agua.

Entre las metas establecidas en la *Agenda Agua Post 2015* de ONU-Agua se encuentran (UN-Water, 2014):

1. Lograr el acceso universal al agua potable segura, saneamiento e higiene.
2. Mejorar el uso y desarrollo sustentable de los recursos hídricos en todos los países.
3. Fortalecen una gobernanza del agua equitativa, participativa y responsable.
4. Reducir la contaminación por aguas residuales y mejorar la calidad del agua mediante la reducción de aguas residuales domésticas e industriales no tratadas, incrementar las aguas residuales reutilizadas de manera segura y reducir la contaminación por nutrientes, para maximizar la disponibilidad de recursos hídricos y mejorar la calidad del agua.
5. Reducir la mortalidad y las pérdidas económicas de los desastres naturales y antrópicos relacionados con el agua.

El crecimiento económico y demográfico mundial y la expansión urbana están llevando el consumo de energía y la utilización de los recursos hídricos a niveles sin precedentes. El consumo mundial de energía aumentó enormemente desde el decenio de 1990 y se espera que aumente a un promedio de 2% anual hasta 2020, lo que equivaldrá a duplicar el consumo para 2035 en comparación con 1998, y a triplicarlo para 2055. La energía generada por la fuerza de las aguas, la hidroeléctrica, puede ser, junto con otras fuentes renovables de energía, como la eólica, la solar y la de las mareas, la bioenergía y la energía geotérmica, una alternativa más sustentable y no contaminante a los combustibles fósiles. Todas estas fuentes juntas suministran actualmente alrededor del 14% de la energía primaria que se utiliza en el mundo (UN-Water, 2005).

La gestión de los recursos hídricos, de una manera sustentable y equitativa, es fundamental para el sustento de la vida, la salud y la dignidad de los pueblos, y constituye una de las bases esenciales de nuestro desarrollo social y económico. Involucra a muchos sectores y grupos de interés y se extiende desde el nivel local hasta el global.

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

Las decisiones de planificación y manejo tendrán que ampliar sus escalas de espacio y tiempo a fin de incluir las necesidades inter e intrarregionales y en horizontes de largo plazo que incluyen a varias generaciones.

El paradigma de la incertidumbre enfrenta dos cuestiones de la mayor importancia: la primera tiene su origen en la variabilidad inherente a los procesos hidrológicos y la segunda tiene que ver con nuestra fundamental falta de conocimientos o, más exactamente, con los límites de nuestros conocimientos sobre los procesos que afectan a los usos del agua y los otros recursos que integran nuestro capital natural o biofísico (Simonovich, 2000 en Toledo, 2002).

2.3. El agua en México

En México el derecho humano al agua y el saneamiento, forma parte de la Constitución Política desde el 8 de febrero de 2012, cuando se reformó el artículo 4. Dicho derecho se enuncia de la siguiente forma en el párrafo sexto del artículo 4° de la Constitución: “Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines”.

2.3.1. Generalidades del agua

En México la entidad que coordina y planifica todo lo relacionado con el sector del agua es la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). De acuerdo a su propia definición, CONAGUA tiene como función administrar y preservar las aguas nacionales y sus bienes inherentes, ello con el propósito de lograr un uso sustentable de este recurso. Esta entidad es un órgano descentralizado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), que es la instancia máxima de la Federación en lo que respecta a la gestión de los recursos naturales.

Para cumplir con el propósito de gestión del agua, la CONAGUA se divide operativamente en tres grandes áreas:

1. Oficinas centrales.
2. Organismos de cuenca.
3. Direcciones locales.

Las funciones primordiales de las oficinas centrales son principalmente la de diseñar la política y estrategia hidráulica nacional, diseñar la política de recaudación y fiscalización en materia de agua y permisos de descargas, concertar el presupuesto, así como los

créditos con organismos nacionales e internacionales que requiera el sector hidráulico y, por último, establecer los programas para apoyar a los municipios en cuanto al suministro de agua potable y saneamiento.

En lo que se refiere a los organismos de cuenca, éstos son los responsables de administrar y preservar las aguas nacionales en cada región del país.

Asimismo, la CONAGUA es la entidad encargada de la elaboración de la política hídrica. El documento rector de la política hídrica es el Programa Nacional Hídrico (PNH) formulado cada seis años a través del informe *Estadísticas del agua y la situación del agua potable, alcantarillado y saneamiento*.

De acuerdo con la Ley de Aguas Nacionales (LAN) en su artículo 3 (XLII) el PNH es el documento rector que integra los planes hídricos de las cuencas a nivel nacional, en el cual se definen la disponibilidad, el uso y aprovechamiento del recurso, así como las estrategias, prioridades y políticas, para lograr el equilibrio del desarrollo regional sustentable y avanzar en la gestión integrada de los recursos hídricos.

La LAN es un documento expedido en el año de 1992 y fue reformado en el 2004. En ésta se establece legalmente todo lo relacionado con la gestión del agua. En específico, dicha ley tiene como objetivo regular la explotación, el uso, distribución, control y preservación del agua nacional. La autoridad a la que corresponde directamente la administración en materia de aguas nacionales es el Ejecutivo Federal, el cual ejerce directamente a través de la CONAGUA.

De acuerdo con el artículo 20 de dicha ley, la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales se efectuará a través de una concesión o asignación. Dichas concesiones o asignaciones podrán ser otorgadas solo después de considerar a las partes involucradas, así como el costo económico y ambiental. Asimismo, si éstas son otorgadas crearán derechos y obligaciones en términos de lo que en la ley esté establecido.

El registro o inscripción de los títulos de concesión y asignación, así como las modificaciones que se efectúen en los mismos estará contenidas en el Registro Público

de Derechos de Agua (REPDA). Este registro tiene como objetivo proporcionar información y seguridad jurídica a los usuarios de aguas nacionales y bienes inherentes.

2.3.2. Regiones Hidrológico Administrativas para la gestión del agua

La forma en que se administra y preservan las aguas nacionales en México es a través de la delimitación de Regiones Hidrológico Administrativas (RHA). A partir del año de 1997 México fue dividido en 13 RHA, estas regiones a su vez están formadas por agrupaciones de cuencas. Las cuencas se consideran como las unidades básicas de gestión de los recursos hídricos y sus límites geográficos coinciden con los límites municipales, ello con la finalidad de facilitar la integración de la información socioeconómica. La CONAGUA desempeña sus funciones de gestor del agua a través de sus organismos de cuenca, cuyo ámbito de competencia son las RHA (CONAGUA, 2016).

Las 13 RHA y su grado de presión pueden observarse en los mapas 2.3 y 2.4, respectivamente. En estas gráficas, además de la división regional, aparecen algunos datos socioeconómicos relevantes: el número de habitantes que la integran, su aportación porcentual al producto interno bruto y la cantidad de municipios, así como la radiografía nacional sobre la presión que ejercen los distintos agentes que demandan recursos hídricos.

En orden las trece regiones son: I. Península de Baja California; II. Noreste; III. Pacífico Norte; IV. Balsas; V. Pacífico Sur; VI. Río Bravo; VII. Cuencas centrales del Norte; VIII. Lerma-Santiago-Pacífico; IX. Golfo Norte; X. Golfo Centro; XI. Frontera Sur; XII. Península de Yucatán y XIII. Aguas del Valle de México.

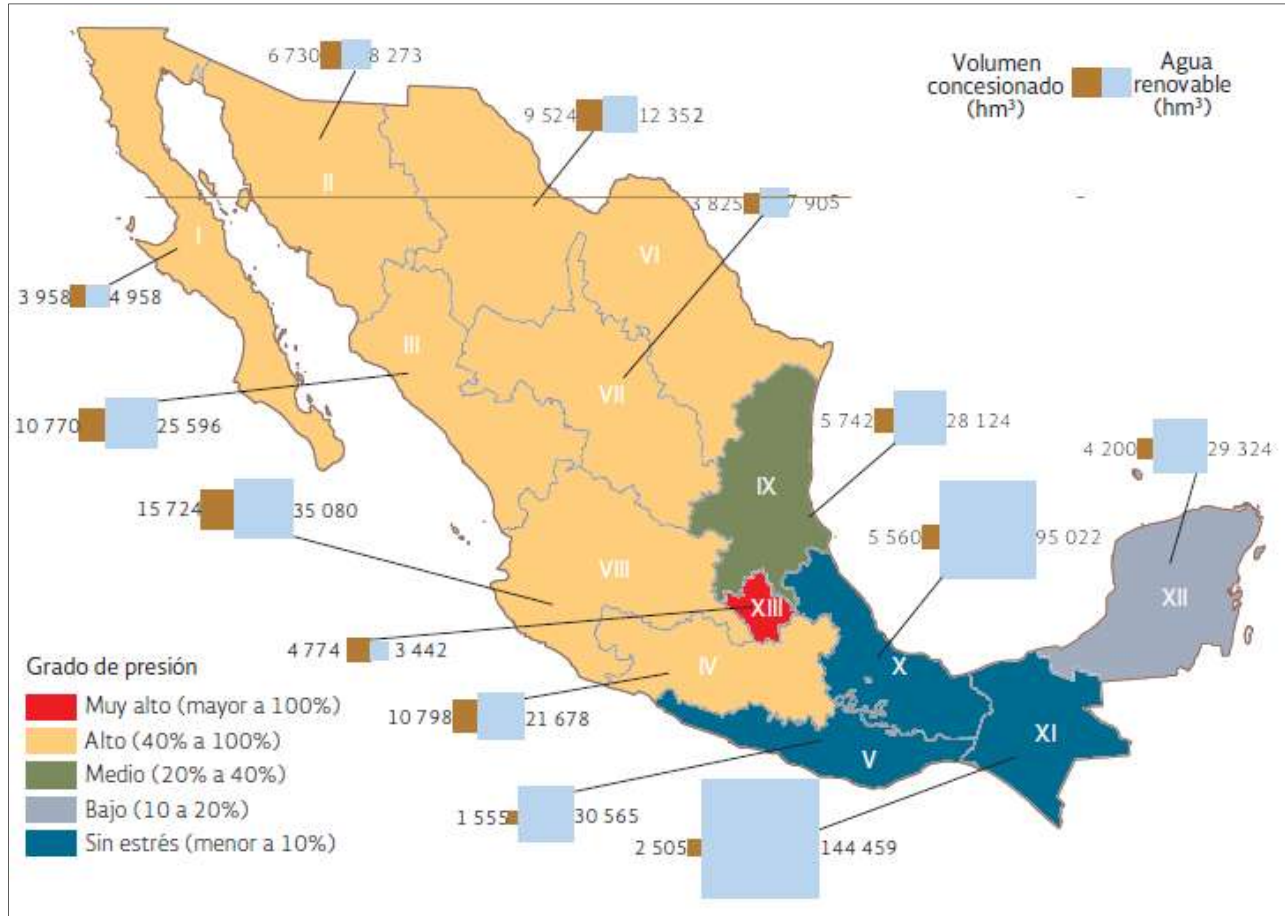
De acuerdo al mapa 2.3, la región más poblada es la región VIII. Lerma-Santiago-Pacífico. Esta región tiene una población de 23.9 millones de habitantes, dato no muy distante de los 22.82 millones de habitantes de la región XIII. Aguas del Valle de México. Por otra parte, la región menos poblada es la región II. Noreste con tan solo 2.76 millones de habitantes.

Mapa 2. 3.- Regiones Hidrológico Administrativas para la gestión del agua



Fuente: CONAGUA, 2016.

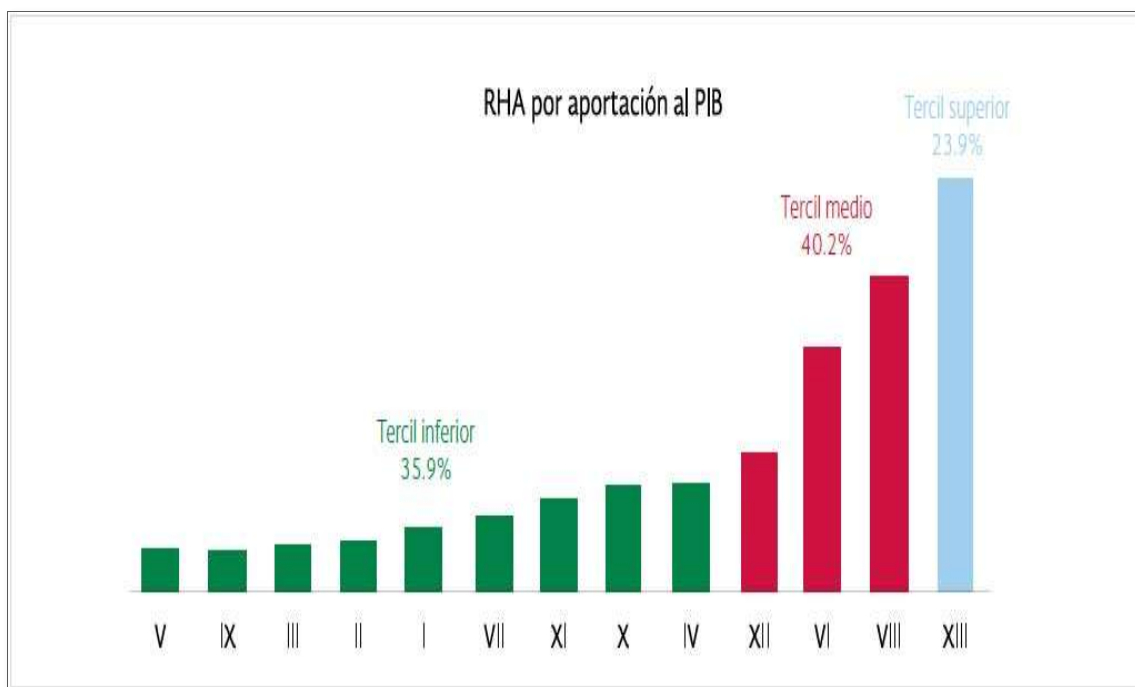
Mapa 2. 4. Grado de presión sobre el recurso hídrico por Región Hidrológico Administrativa, 2015



Fuente: CONAGUA, 2016.

En lo que al crecimiento económico se refiere, en la gráfica 2.1 y cuadro 2.2, la región que realiza una mayor aportación al PIB es la región XIII. “Aguas del Valle de México” con una aportación porcentual de 23.9. La segunda región en importancia es la región VIII. “Lerma-Santiago-Pacífico”, que aporta 18.2 por ciento al crecimiento económico del país. Finalmente, la última región altamente significativa es la región VI. “Río Bravo”, ésta aporta el 14 por ciento al PIB. En contraste con estas regiones, existen dos regiones que aportan relativamente menos al crecimiento económico: por un lado, la región III. “Pacífico Norte”, con tan solo 2.7 por ciento y, por otro lado, la región IX. “Golfo Norte”, cuya aportación es de 2.4 por ciento.

Gráfica 2. 1.- Regiones Hidrológicas Administrativas según su aportación al PIB



Fuente: CONAGUA, 2016.

En la gráfica anterior, gráfica 2.1, se han agrupado las 13 regiones ordenadas de menor a mayor impacto en el crecimiento económico. Para facilitar el análisis se han dividido en tres bloques o terciles. En esta división de tres partes, es posible observar que hay cuatro regiones que aportan el 64.1% del producto interno bruto. Estas regiones son: XII.

“Península de Yucatán”; VI. “Río Bravo”; VIII. “Lerma-Santiago-Pacífico” y XIII. “Aguas del Valle de México”. Estas regiones son a su vez las más pobladas.

Cuadro 2. 2.- Regiones Hidrológico Administrativas según su aportación al PIB

RHA	Superficie continental (km2)	Agua renovable 2015 (hm3/año)	Población a mediados de año 2015 (millones de hab.)	Densidad de población (hab./km2)	Agua renovable per cápita 2015 (m3/hab./año)	Aportación al PIB nacional 2014 (%)	Municipios o delegaciones del D.F. (número)
I	154 279	4 958	4.45	28.8	1 115	3.61	11
II	196 326	8 273	2.84	14.5	2 912	2.86	78
III	152 007	25 596	4.51	29.7	5 676	2.88	51
IV	116 439	21 678	11.81	101.4	1 836	6.14	420
V	82 775	30 565	5.06	61.1	6 041	2.29	378
VI	390 440	12 352	12.30	31.5	1 004	14.29	144
VII	187 621	7 905	4.56	24.3	1 733	4.19	78
VIII	192 722	35 080	24.17	125.4	1 451	19.08	332
IX	127 064	28 124	5.28	41.6	5 326	2.24	148
X	102 354	95 022	10.57	103.2	8 993	5.62	432
XI	99 094	144 459	7.66	77.3	18 852	4.93	137
XII	139 897	29 324	4.60	32.9	6 373	7.38	127
XIII	18 229	3 442	23.19	1 272.2	148	24.49	121
Total	1 959 248	446 777	121.01	61.8	3 692	100.00	2 457

Fuente: CONAGUA, 2016.

En el cuadro anterior, cuadro 2.2, se observa que la RHA XIII “Aguas del Valle de México” es la región que predominantemente aporta casi el 25% del total del PIB nacional, seguido de la RHA VIII “Lerma-Santiago-Pacífico” que aporta casi el 20% y la RHA VI “Río Bravo” con casi el 15% del total del PIB. Los indicadores anteriores es muy probable que respondan a factores tales como crecimiento poblacional, mayor dinamismo económico e intercambio comercial, mayor presión de recursos naturales (agua), zonas metropolitanas mayormente desarrolladas, entre otros.

2.3.3. Zonas de Disponibilidad para el cobro de derechos del agua

Dado que en la LAN se establece que, para explotar, usar o aprovechar las aguas nacionales es necesario que se emita un título de concesión o asignación por la autoridad correspondiente, es natural que se establezcan tarifas para el cobro del uso del agua. Estas tarifas se denominan cobro de los derechos de explotación, uso o aprovechamiento del agua. México actualmente se divide en cuatro Zonas de Disponibilidad de Agua (ZD)

para el cobro de dichos derechos. Esta clasificación está contenida en la Ley Federal de Derechos (LFD). El cobro por metro cúbico de agua es mayor en las zonas de menor disponibilidad y disminuye gradualmente en las zonas con mayor disponibilidad (DOF, 2017).

Hasta el año 2013 y conforme a las disposiciones de la LFD de ese año, la República Mexicana se dividía en 9 ZD para el cobro de los derechos por explotación, uso o aprovechamiento del agua. La lista de municipios que pertenecen a cada zona de disponibilidad se encuentra en el Artículo 231 de dicha ley, que es actualizada anualmente. Excepto para uso agropecuario o de generación hidroeléctrica (DOF, 2013). La forma en que se clasificaban los usos y las tarifas por ZD hasta el año 2013 se presentan en el cuadro 2.3. En este cuadro se detallan ocho usos del agua de los cuales el régimen general se refiere a cualquier uso distinto a los que se mencionan. Las tarifas están expresadas en centavos por metro cúbico de agua.

Cuadro 2. 3.- Cobro del agua por Zonas de Disponibilidad de Agua

Uso	Zona de Disponibilidad								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Régimen general	2,050.42	1,640.28	1,366.89	1,127.70	888.45	802.97	604.37	214.72	160.92
Agua potable. Consumo mayor a 300 l/hab-día	81.24	81.24	81.24	81.24	81.24	81.24	37.83	18.89	9.41
Agua potable. Consumo igual o inferior a 300 l/hab-día	40.62	40.62	40.62	40.62	40.62	40.62	18.92	9.45	4.70
Agropecuario. Sin exceder concesión	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Agropecuario. Por cada m ³ que exceda el concesionario	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52
Balnearios y centros recreativos	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	0.57	0.27	0.13
Generación hidroeléctrica	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
Acuicultura	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.16	0.08	0.04

Fuente: CONAGUA, 2014.

Es necesario recalcar que el cobro por metro cúbico de agua en el caso del sector agropecuario y generación hidroeléctrica no se aplica conforme lo antes dicho, pues en el sector agropecuario siempre que no se exceda los límites de la concesión el cobro es nulo; mientras que en el caso de la generación hidroeléctrica el cobro es constante en las nueve zonas.

Un concepto que se relaciona con las ZD es el de “agua renovable”. Éste se refiere a la cantidad de agua que es posible explotar anualmente en una región sin alterar el equilibrio

del ecosistema. La región XIII. “Aguas del Valle de México”, que aporta casi la cuarta parte del PIB nacional tiene menos del 1% del agua renovable nacional y, es por ello, que las tarifas de cobro son las más altas. La región VIII. “Lerma-Santiago-Pacífico” solamente tiene el 8% del agua renovable nacional. Por otro lado, la región XI. “Frontera Sur” que tan solo tiene el 4% del total poblacional aporta más de la tercera parte del agua renovable del país.

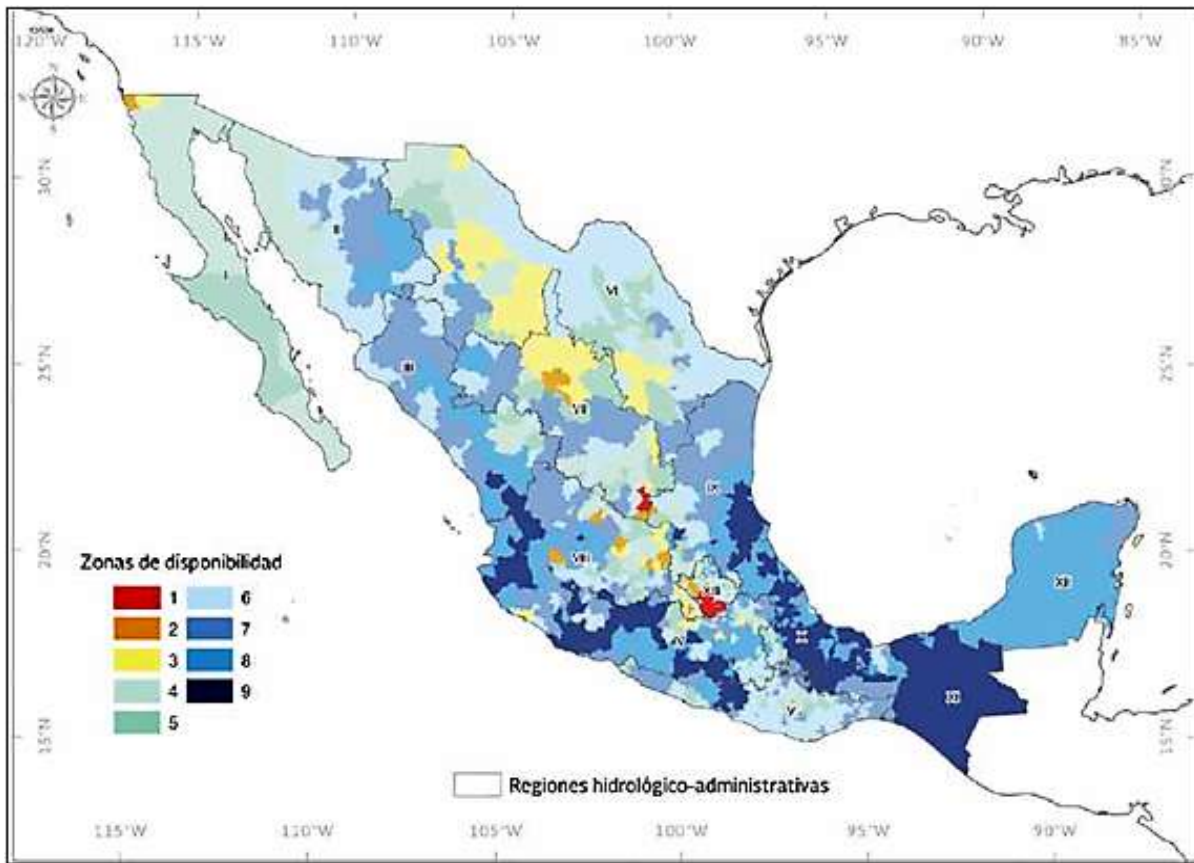
Asimismo, el concepto de agua renovable se asocia con el concepto de “grado de presión”. El grado de presión se refiere a la división entre el agua utilizada y el agua renovable. A nivel nacional el grado de presión es bajo, 17.3%. Sin embargo, en la región XIII. “Aguas del Valle de México” el grado de presión es demasiado alto, 137.8%. Otras regiones que presentan un grado alto de presión son las siguientes: I. “Península de Baja California”; II. “Noreste”; VI. “Río Bravo” y VIII. “Lerma-Santiago-Pacífico”. Contrario a esto la región XI. “Frontera Sur” es la región con un menor grado de presión con tan solo 1.4% considerada sin estrés.

Como se mencionó anteriormente, para determinar las ZD es necesario considerar las cuencas y los acuíferos. En lo que respecta a la administración de las aguas superficiales en México, se han definido 731 cuencas. Las cuencas cubren en 65% del territorio nacional. De estas aguas superficiales destacan los siguientes ríos por donde fluye la mayor cantidad de agua al año: Grijalva-Usumacinta, Nazas-Aguanaval, río Bravo y el río Balsas. De éstos, es en el río Grijalva-Usumacinta donde fluye la mayor cantidad de agua el año equivalente al 26% del escurrimiento. Para el año 2013, 627 cuencas tenían disponibilidad y 104 déficit. Para la administración de aguas subterráneas se han definido 653 acuíferos. En México el 37% del agua que se utiliza (excepto la hidroeléctrica) proviene del subsuelo. De acuerdo con las cifras del 2013, el 55.2% del agua subterránea empleada proviene de 106 acuíferos en condiciones de sobreexplotación. Para este mismo año, 458 acuíferos tenían disponibilidad mientras que 195 tenían déficit (CONAGUA, 2014).

La distribución de las 9 ZD que se tenían hasta el año 2013 se puede observar en el mapa 2.5. En esta figura es posible observar que la región XIII Aguas del Valle de México, es la región con menor disponibilidad de agua. Por otra parte, la región XI Frontera Sur

es la región con mayor disponibilidad. De manera general, en la zona norte del país se ubican las zonas con menor disponibilidad, mientras que el sur presenta la mayor disponibilidad de agua (CONAGUA, 2014).

Mapa 2. 5.- Distribución de las Zonas de Disponibilidad de Agua por Regiones Hidrológico Administrativas, 2013



Fuente: CONAGUA, 2014.

2.3.4. Nuevas Zonas de Disponibilidad para el cobro de derechos del agua

Hasta el año 2013 y conforme a las disposiciones de la LFD de ese año, la República Mexicana se dividía en 9 ZD para el cobro de los derechos por explotación, uso o aprovechamiento del agua. La lista de municipios que pertenecen a cada ZD se encuentra en el Artículo 231 de dicha ley, que es actualizada anualmente. Excepto para uso agropecuario o de generación hidroeléctrica. El cobro por metro cúbico es mayor en las

zonas de menor disponibilidad, es decir, siendo la zona 1, la de menor disponibilidad, y la zona 9, la de mayor disponibilidad (DOF, 2013).

2.3.4.1. Situación ex ante a la reforma

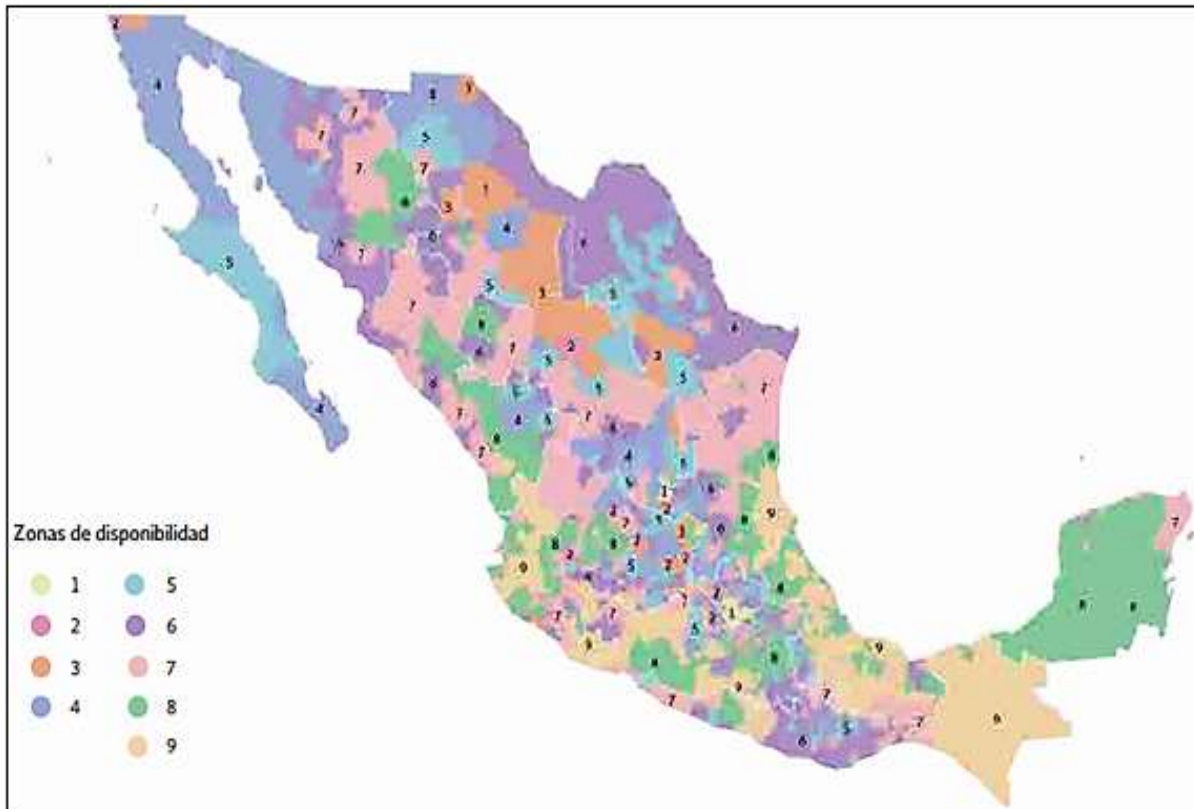
La LFD en su Artículo 222, establece que las personas físicas y morales están obligadas al pago del derecho sobre las aguas nacionales que usen, exploten o aprovechen, bien sea de hecho o al amparo de títulos de asignación, concesión, autorización o permisos otorgados por el gobierno federal, de acuerdo con la ZD en que se efectúe su extracción, de conformidad a la división territorial contenida en el Artículo 231 de esta Ley (CONAGUA, 2014).

También aquellas personas que descarguen en forma permanente, intermitente o fortuita, aguas residuales en ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua, así como en los suelos o las infiltren en terrenos que sean bienes nacionales o que puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos. Asimismo, están las que usen, gocen o aprovechen bienes del dominio público de la federación en los puertos, terminales e instalaciones portuarias, la zona federal marítima, los diques, cauces, vasos, zonas de corrientes y depósitos de propiedad nacional. Cabe destacar que no se paga por extracción de agua de mar, ni por aguas salobres con concentraciones de más de 2500 mg/l de sólidos disueltos totales, certificadas por la CONAGUA.

La lógica para el cobro de los derechos del agua sigue siendo la misma, es decir, en aquellas ZD en donde el recurso hídrico sea menor, se cobrará una cuota más alta, y viceversa, en aquellas ZD en donde el recurso hídrico sea mayor, se cobrará una cuota más baja. Guerrero et al (2015) presenta un análisis de la estructura de la tarificación del agua en las 9 ZD.

En el mapa 2.6 se muestra la distribución geográfica de las 9 ZD en la República Mexicana, hasta el año 2013.

Mapa 2. 6.- Zonas de Disponibilidad de Agua para el cobro de derechos, 2013



Fuente: CONAGUA, 2014.

Para el cobro de derechos por descargas de aguas residuales, los cuerpos receptores (ríos, lagos, lagunas, entre otros) se clasifican en tres tipos: A, B o C, según los efectos ocasionados por la contaminación. Los cuerpos receptores tipo C son aquellos en los que la contaminación tiene mayores efectos. La lista de cuerpos receptores que pertenecen a cada tipo se encuentra en la LFD de cada año. Las cuotas por descarga de aguas residuales están relacionadas con el volumen de descarga y la carga de contaminantes, que pueden consultarse en el Artículo 278 C de la LFD.

En el Artículo 223 de la LFD, para el año 2013, se establece que por la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales se pagará el derecho sobre agua, de conformidad con la ZD en que se efectúe su extracción y de acuerdo con las cuotas establecidas en el DOF (2013).

2.3.4.2. Situación ex post a la reforma

Con fecha de 11 de diciembre de 2013, fue publicado, en el DOF, el decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la LFD, entrando en vigor el 1° de enero de 2014. Con fecha 26 de febrero de 2014, fue publicado en el DOF el **ACUERDO** por el que se dan a conocer los valores de cada una de las variables que integran las fórmulas para determinar, durante el ejercicio fiscal 2014, las zonas de disponibilidad, a que se refieren las fracciones I y II, del artículo 231 de la LFD, vigente a partir del 1 de enero del 2014. En dicho acuerdo, se encuentran señalados los acuerdos publicados en el DOF, en los que fueron dados a conocer los límites geográficos de los 653 acuíferos y las 731 cuencas de los Estados Unidos Mexicanos.

Por lo tanto, en el Artículo 231, fracción I, de la LFD se establece que la ZD de las **cuencas** del país, necesaria para calcular el monto del derecho por el uso, explotación o aprovechamiento de aguas nacionales, se determinará ubicando dentro de los siguientes rangos el resultado derivado de la fórmula prevista en dicha fracción (DOF, 2014):

Zona de Disponibilidad 1	Menor o igual a 1.4
Zona de Disponibilidad 2	Mayor a 1.4 y menor o igual a 3.0
Zona de Disponibilidad 3	Mayor a 3.0 y menor o igual a 9.0
Zona de Disponibilidad 4	Mayor a 9.0

Fuente: Elaboración propia con datos del DOF, 2014.

El Artículo 231, fracción II, de la LFD establece que la ZD de los **acuíferos** del país, necesaria para calcular el monto del derecho por el uso, explotación o aprovechamiento de aguas nacionales, se determinará ubicando dentro de los siguientes rangos el resultado derivado de la fórmula prevista en dicha fracción (DOF, 2014):

Zona de Disponibilidad 1	Menor o igual a -0.1
Zona de Disponibilidad 2	Mayor a -0.1 y menor o igual a 0.1
Zona de Disponibilidad 3	Mayor a 0.1 y menor o igual a 0.8
Zona de Disponibilidad 4	Mayor a 0.8

Fuente: Elaboración propia con datos del DOF, 2014.

El último párrafo del Artículo 231, de la LFD, establece que con independencia de que los contribuyentes puedan determinar la ZD que corresponda a la cuenca hidrológica o acuífero donde se realiza la extracción, la CONAGUA, como facilidad administrativa, publicará a más tardar el tercer mes del ejercicio fiscal de que se trate, la zona de disponibilidad que corresponde a cada cuenca hidrológica y acuífero del país.

Por tanto, queda establecida la disponibilidad relativa y la ZD que corresponde a cada cuenca del país durante el ejercicio fiscal 2014, con base en la fórmula prevista en la fracción I del Artículo 231 de la LFD y los valores de las variables contenidos en el **ACUERDO** por el que se dan a conocer los valores de cada una de las variables que integran las fórmulas para determinar durante el ejercicio fiscal 2014 las zonas de disponibilidad, a que se refieren las fracciones I y II, del Artículo 231 de la LFD, vigente a partir del 1 de enero del 2014, publicado en el DOF, el 26 de febrero de 2014.

El 27 de marzo de 2014, la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), a través del DOF, publicó el **ACUERDO** por el que se dan a conocer las zonas de disponibilidad que corresponden a las cuencas y acuíferos del país para el ejercicio fiscal 2014, en términos del último párrafo del Artículo 231 de la LFD vigente.

En lo que corresponde al pago de derecho sobre la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales, el Artículo 223 de la LFD para el año 2017 establece cuotas, de conformidad con la ZD y la cuenca o acuífero en que se efectúe su extracción. En general el costo por metro cúbico es mayor en las zonas de menor disponibilidad, como se observa en el cuadro 2.4 para aguas superficiales y en el cuadro 2.5 para aguas subterráneas. En ambos cuadros, el concepto “Régimen general” se refiere a cualquier uso distinto a los demás mencionados (DOF, 2017).

Para los efectos del uso de agua potable, se consideran (a) las asignadas a entidades federativas, municipios, organismos paraestatales, paramunicipales. (b) las concesionadas a empresas que presten el servicio de agua potable o alcantarillado y que, mediante autorización o concesión, presten el servicio en sustitución de las personas morales a que se refiere el inciso a). Así como (c) las concesionada a colonias constituidas como personas morales que por concesión de las personas morales a que se refiere el inciso a), presten el servicio de suministro de agua potable de uso doméstico.

Las tarifas a que se refiere esta fracción, serán aplicables a los sujetos que en las mismas se señalan cuando el consumo de agua en el periodo sea inferior o igual a un volumen equivalente a los 300 litros por habitante al día, de acuerdo con la población indicada en los resultados definitivos del ejercicio inmediato anterior, referidos exclusivamente a población, provenientes del último Censo General de Población y Vivienda publicado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

En los cuadros 2.4 y 2.5 se muestran los derechos por explotación, uso o aprovechamiento de aguas superficiales y subterráneas, por ZD para el año 2017. Los valores de ambos cuadros son tomados a partir de la publicación en el DOF, el 07 de diciembre de 2016, Capítulo VIII Agua y Artículo 223 y son cantidades actualizadas establecidas en la LFD del año 2017.

Cuadro 2. 4. Cuota por aguas provenientes de fuentes superficiales por Zona de Disponibilidad (pesos por metro cúbico, año 2017)

Uso	Zonas			
	1	2	3	4
Régimen general	15.194400	6.995100	2.293600	1.753800
Agua potable. Consumo > a 300 l/hab-día (sobre el excedente)	0.903150	0.433180	0.216320	0.107680
Agua potable. Consumo igual o inferior a 300 l/hab-día	0.451580	0.216580	0.108160	0.053850
Agropecuario. Sin exceder concesión	-	-	-	-
Agropecuario. Por cada m3 que exceda del concesionado	0.000172	0.000172	0.000172	0.000172
Balnearios y centros recreativos	0.011189	0.006245	0.002913	0.001201
Generación hidroeléctrica y geotérmica	0.005221	0.005221	0.005221	0.005221
Acuacultura	0.003754	0.001873	0.000860	0.000399

Fuente: Elaboración propia con datos del DOF, 2017.

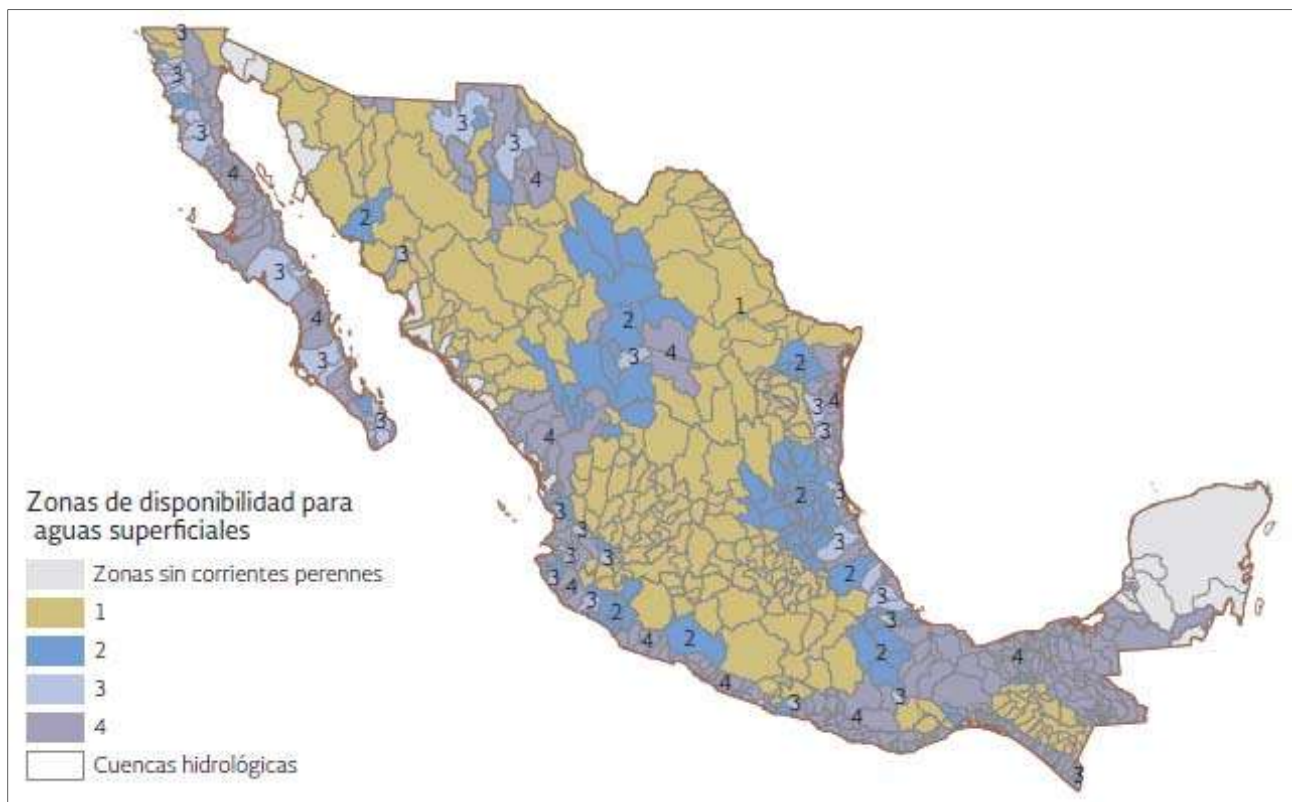
Cuadro 2. 5. Cuota por aguas extraídas del subsuelo-subterráneas por Zona de Disponibilidad 2017 (pesos por metro cúbico)

Uso	Zonas			
	1	2	3	4
Régimen general	20.474000	7.925100	2.759500	2.005900
Agua potable. Consumo > a 300 l/hab-día (sobre el excedente)	0.942770	0.434710	0.245070	0.114240
Agua potable. Consumo igual o inferior a 300 l/hab-día	0.471390	0.217350	0.122530	0.057120
Agropecuario. Sin exceder concesión	-	-	-	-
Agropecuario. Por cada m3 que exceda del concesionado	0.000172	0.000172	0.000172	0.000172
Balnearios y centros recreativos	0.013255	0.006530	0.003203	0.001430
Generación hidroeléctrica y geotérmica	0.005221	0.005221	0.005221	0.005221
Acuacultura	0.004122	0.001910	0.000949	0.000435

Fuente: Elaboración propia con datos del DOF, 2017.

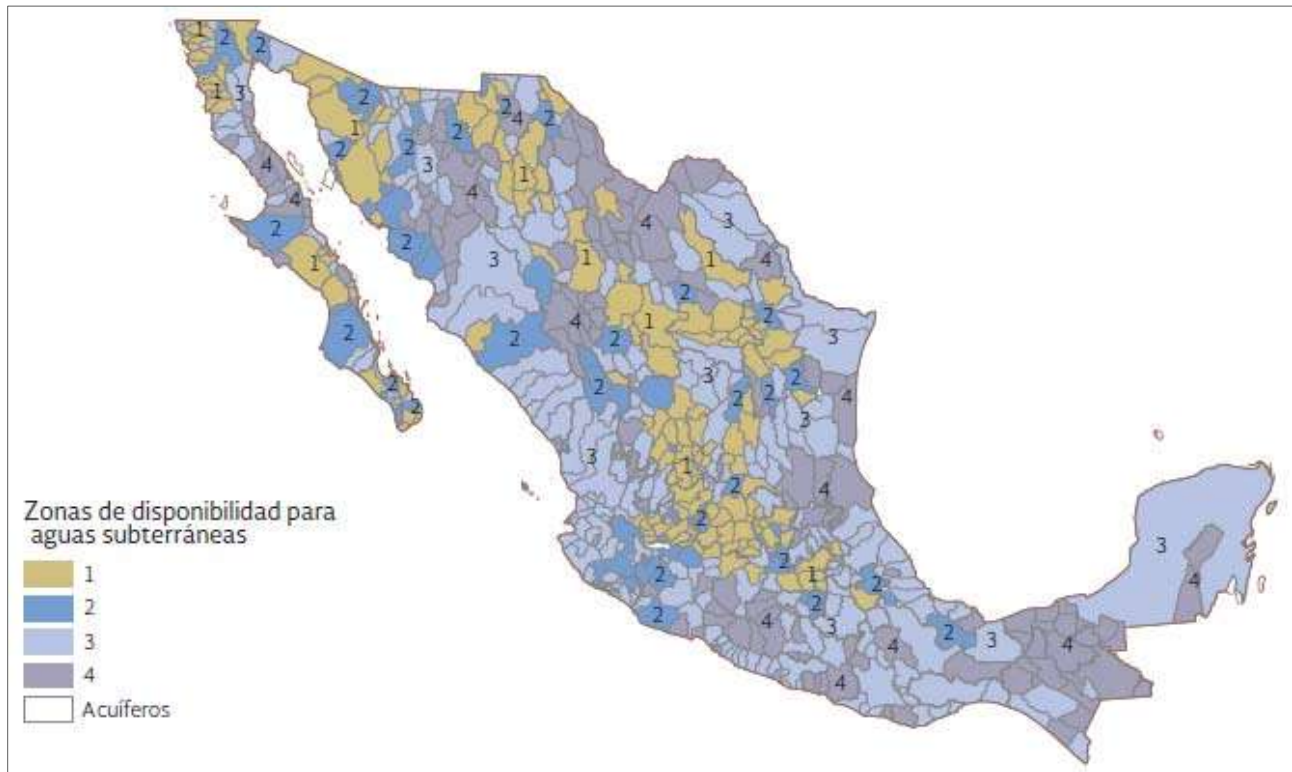
Como se aprecia en los cuadros 2.4 y 2.5, el sector agropecuario goza de incentivos económicos al tener una tarifa cero, esto es así siempre y cuando el consumo de agua no rebase la cantidad concesionada. Es importante recalcar que la actividad agrícola consume alrededor del 76% del agua empleada en México. El 49% consumido proviene de fuentes superficiales, y el resto de fuentes subterráneas (CONAGUA, 2016). Según la CONAGUA, de los 653 acuíferos existentes, 448 tienen disponibilidad y 105 están sobreexplotados; por su parte, de las 731 cuencas existentes, 627 tienen disponibilidad. Evidentemente, tanto los acuíferos y cuencas sobreexplotados se sitúan en la zona 1. Geográficamente, las ZD para aguas **superficiales** se muestran en el mapa 2.7 y las ZD para aguas **subterráneas** se muestran en el mapa 2.8.

Mapa 2. 7. Zonas de Disponibilidad para aguas SUPERFICIALES, 2015



Fuente: CONAGUA, 2016.

Mapa 2. 8. Zonas de Disponibilidad para aguas SUBTERRÁNEAS, 2015



Fuente: CONAGUA, 2016.

La categorización por ZD, por cuenca y por acuífero, está construida con base en unas formulas cuyas variables definen la disponibilidad relativa, si se trata de cuencas, o definen el índice de disponibilidad si trata de acuíferos. Una de las variables situadas en el denominador de la fórmula para el cálculo de la disponibilidad relativa de agua en cuencas es el Volumen Anual de Extracción de Agua Superficial (VAEAS); para el caso de los acuíferos, el cálculo del índice de disponibilidad contempla en el numerador de la formula la variable Disponibilidad Media de Agua (DMA). Para el cálculo de las variables VAEAS y DMA toman en cuenta como elemento importante el volumen de agua concesionada, según los datos registrados en el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA), donde los límites máximos de extracción están claramente definidos, pero no significa que los usuarios con títulos de extracción hayan hecho uso de ese volumen concesionado que puede ser más o menos. Por ejemplo, cómo asegurar efectivamente que las unidades de producción agrícola, o las industrias, realmente están consumiendo los volúmenes de agua permisibles. Esto nos lleva a cuestionar si los volúmenes de agua declarados objetivamente reflejan el consumo de agua real, o solamente refleja el

cociente entre la facturación por consumo de agua de las unidades económicas y la tarifa existente para tal sector o unidad económica. Esta analogía nos haría repensar si realmente la gestión de la demanda hídrica mediante las ZD y estructuración tarifaria resulta eficiente.

2.3.4.3. Análisis de la reforma

A partir del 01 de enero de 2014 entró en vigor la reforma a la LFD en materia de uso de aguas nacionales y descargas de aguas residuales a bienes nacionales. Dentro de los aspectos importantes de esta reforma se encuentra la reclasificación de ZD y la metodología por el que se podrá exentar el pago de descargas de aguas residuales, lo cual constituyen elementos que sin duda tendrán un mayor impacto recaudatorio.

La reforma a la LFD trae cambios relevantes que, por el alcance, tendrá impacto en las operaciones de los usuarios de aguas nacionales y/o los generadores de descargas residuales de índole federal. Lo importante en este momento es determinar cómo impactará y que efectos provocará la reforma, sobre todo el no menos importante rubro de la competitividad.

La forma tan peculiar de administrar el agua en México, hace necesario el que se consoliden reformas relativas al uso del agua que generen congruencia entre el ámbito jurídico, administrativo y fiscal; cambios como los que tendrá la LFD, sin base jurídica sólida e incongruente, en ocasiones, a los principios de legalidad y tributación que podrían generar actos desmedidos y discrecionales por parte de las autoridades. Lo anterior pone de manifiesto la falta de certeza jurídica para los usuarios del recurso hídrico.

En el cuadro 2.6 se hace un comparativo de los principales cambios en la LFD 2014 con respecto a la LFD 2013 en materia de clasificación de las nuevas ZD, así como las cantidades a pagar por la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales. Los motivos de los cambios de reforma en la LFD de 2014 con respecto a la LFD de 2013 se encuentran expuestos en la Iniciativa de Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la LFD enviada por la Presidencia de la República a

la Cámara de Diputados para ser sometida a discusión y posterior aprobación en 2013 y llevada a cabo a partir de 2014. A grandes rasgos las principales razones son las siguientes (Iniciativa, 2013).

Cuadro 2. 6. Comparativo entre la Ley Federal de Derechos 2013 y 2014

Tópico	LFD 2013	LFD 2014
<u>Zonas de Disponibilidad</u>	<u>9 zonas</u>	<u>4 zonas</u>
Definición de las Zonas de Disponibilidad	Por municipio sin distinción entre aguas superficiales y subterráneas.	Para aguas superficiales: A través de la fórmula en la que se calcula la disponibilidad relativa de la cuenca hidrológica. Para aguas subterráneas: A través de la fórmula en la que se calcula el índice de disponibilidad del acuífero.
Distinción entre Aguas Superficiales y Subterráneas	Ninguna	Se establecen cuotas diferentes para aguas superficiales y aguas subterráneas.
Cuota más alta	\$18.29, en la zona 1 sin distinción entre aguas superficiales y subterráneas.	\$18.62, en la zona 1 para aguas subterráneas.
Cuota más baja	\$1.43, en la zona 9 sin distinción entre aguas superficiales y subterráneas.	\$1.60, en la zona 4 para aguas superficiales.

Fuente: Elaboración propia con datos del DOF, 2013 y el DOF, 2014.

Se reconoce que el agua es un bien de dominio público federal, vital, vulnerable y finito, con valor social, económico y ambiental cuya preservación en cantidad y calidad es tarea fundamental del Estado y la sociedad. Es decir, el Estado mexicano reconoce su responsabilidad como rector en el diseño e implementación de la política hídrica en el país.

Según lo establecido en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, existen varias líneas de acción que se deben implementar tales como asegurar agua suficiente y de calidad adecuada para garantizar el consumo humano y la seguridad alimentaria; procurar el uso y aprovechamiento del agua en cuencas y acuíferos afectados por déficit y sobreexplotación, propiciando la sustentabilidad sin limitar el desarrollo; así como fortalecer la capacidad técnica y financiera de los organismos operadores de agua para la prestación de mejores servicios.

Las condiciones actuales del agua implican que su administración tenga que realizarse mediante clasificación, es decir, por cuenca (superficial) o acuífero (subterránea), toda

vez que el agua que precipita se concentra superficialmente en las cuencas y otra se infiltra a los acuíferos, lo que representa que la vulnerabilidad y la disposición del recurso varíe, pues mientras que el agua superficial que se halla en una cuenca es susceptible de evaporación y de contaminación directa, tratándose del agua subterránea en acuíferos es almacenada sin riesgos de que se evapore y que esté más protegida de la contaminación.

Hasta el año 2013 en la LFD el cálculo del derecho por uso, explotación o aprovechamiento de aguas nacionales no atendía necesariamente a la disponibilidad hídrica real que cada acuífero y cuenca tenían, sino que se determinaba con base en la extensión territorial del municipio, es decir, al determinar las ZD no se reflejaba la abundancia o escasez real del recurso, pues en un mismo municipio podrían concurrir una variedad de acuíferos o cuencas con sus propias condiciones y características que incidieran directamente en la disponibilidad del recurso. Por tanto, a partir del año 2014, el establecimiento de cuotas por derechos de uso, explotación o aprovechamiento para cuencas y acuíferos deja de ser homogéneo para un mismo territorio, ya que ahora en un mismo territorio la cuota de cobro puede ser heterogénea para una cuenca o acuífero, dependiendo de su nivel de disponibilidad hídrica.

Con base en la metodología propuesta se justifica que existan 4 ZD, por tal razón se plantea disminuir las ZD de 9 para quedar en 4. En tal virtud, se propone establecer las cuotas de las 4 ZD dependiendo del uso que tenga el recurso hídrico, y diferenciando las cuotas atendiendo a si la extracción del agua se realiza en una cuenca o acuífero.

Bajo este contexto, se propone reformar los Artículos 222, 223 y 231 de la LFD, con la finalidad de prever en dicho ordenamiento la metodología a través de la cual se determinará la clasificación de las ZD atendiendo a la fuente de extracción, distinguiendo entre una cuenca o acuífero. En ese sentido, se permitirán reconocer la disponibilidad tanto del agua superficial como subterránea y a cada una de ellas asignarle la ZD que corresponda para efectos del cálculo del derecho por el uso, aprovechamiento o explotación de aguas nacionales.

La intención de plasmar en la LFD la metodología permitirá que los contribuyentes puedan determinar por sí mismos la ZD que corresponde para efectos del pago del

derecho, tanto para aguas superficiales como para aguas subterráneas, para lo cual la CONAGUA publicará en el DOF, como facilidad administrativa, al inicio de cada ejercicio fiscal, los valores de las variables que integran cada una de las fórmulas. En ese mismo sentido, la CONAGUA publicará de igual forma, como facilidad administrativa, en el mismo órgano difusor la ZD que corresponda a cada cuenca hidrológica o acuífero del país.

Con la finalidad de otorgar certeza jurídica al contribuyente, se plantea como una alternativa que este pueda determinar por sí mismo la ZD y corroborar, a través del listado que publique la CONAGUA que, el resultado es coincidente.

Algunas de las consideraciones más relevantes de la LFD 2014, según IDEAS (2014), en cuanto al derecho por uso, aprovechamiento o explotación de aguas nacionales son: la nueva metodología para determinar el pago de uso de agua se establece conforme a una fórmula cuyos factores, por decir lo menos, inciertos, serán publicados por CONAGUA y otras entidades; otros factores se podrán obtener aplicando la norma NOM-011-CNA-2000, siendo necesario referirse a la base el uso de agua para determinar la certeza del pago.

La brecha entre las nuevas ZD, independientemente del cálculo que se realice, pondrá en evidencia lo que será la realidad para la gran mayoría de los usuarios de aguas nacionales que están fuera de la zona metropolitana del Valle de México; basta ver en el cuadro 2.7 y cuadro 2.8 la relación de montos hasta el año 2013 y a partir de 2014.

Cuadro 2. 7. Zonas de Disponibilidad del Agua hasta diciembre de 2013

Zona de Disponibilidad	Derechos \$
ZD1	\$ 20.5042
ZD2	\$ 16.4028
ZD3	\$ 13.6689
ZD4	\$ 11.2770
ZD5	\$ 8.8845
ZD6	\$ 8.0297
ZD7	\$ 6.0437
ZD8	\$ 2.1472
ZD9	\$ 1.6092

Fuente: Elaboración propia con datos de IDEAS, 2014.

Cuadro 2. 8. Zonas de Disponibilidad del Agua a partir de enero de 2014

Zona de Disponibilidad	Agua Superficial	Agua Subterránea
ZD1	\$ 13.8162	\$ 18.6169
ZD2	\$ 6.3606	\$ 7.2062
ZD3	\$ 2.0855	\$ 2.5091
ZD4	\$ 1.5948	\$ 1.8239

Fuente: Elaboración propia con datos de IDEAS, 2014.

A partir del año 2014 se crea en este ordenamiento fiscal la figura del “trasvase”, que se concibe como el uso de aguas nacionales trasladadas de una cuenca a otra para ser usadas en lugares distintos al punto de extracción, con lo que se hace necesario evaluar el impacto en el costo del agua potable que también forma parte del suministro de dichos recursos en diversos sectores, ejemplo el de la Ciudad de México, el cual se estima que sólo el costo del agua cruda pueda sufrir un aumento del 10% en agua potable.

2.3.5. El uso del agua industrial en México

México dispone aproximadamente del 0.1% del total de agua dulce disponible a nivel mundial, lo que determina que un porcentaje importante del territorio esté catalogado como zona semidesértica.

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

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

México recibe alrededor de 1,489 mil millones de metros cúbicos al año de agua en forma de precipitación, de los cuales el 67% cae entre junio y septiembre, sobre todo en la región sur-sureste (Chiapas, Oaxaca, Campeche, Quintana Roo, Yucatán, Veracruz y Tabasco), donde se recibe 49.6% de la lluvia. De este total 73% se evapotranspira y regresa a la atmósfera, 22% escurre por los ríos o arroyos y 6% se infiltra al subsuelo de forma natural y recarga los acuíferos. Tomando en cuenta las exportaciones e importaciones de agua con los países vecinos, México tiene 471.5 mil millones de metros cúbicos de agua dulce renovable por año y está considerado como un país con baja disponibilidad de agua.

En México, Aun cuando las cifras oficiales muestran avances a nivel nacional en la cobertura de agua potable (92.4%) y alcantarillado (91%), y de que al 2015 México cumplió con las metas de agua y saneamiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ahora Objetivos del Desarrollo Sustentable al 2030), en ciertas regiones y para ciertos grupos socioeconómicos todavía hay rezagos considerables.

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

Según datos del (FCEA, 2017) en México 9 millones de habitantes, 7.5% de la población, carecen de agua potable y 18.7 millones de habitantes, 15% de la población, no cuentan con saneamiento mejorado, referido esto a un escusado o letrina higiénicos.

El derecho humano al agua es un factor de desarrollo y una oportunidad para avanzar hacia una sociedad incluyente, equitativa y justa. Para hacerlo realidad, es importante

reconocer que la disponibilidad de agua depende en gran medida de la salud de los ecosistemas y es necesario tomar en cuenta diversos factores:

1. El aumento poblacional y la creciente necesidad de bienes y servicios: se estima que en 2030 la oferta de agua podría llegar a 68,300 millones de metros cúbicos, pero la demanda será de 91,200 millones.
2. La contaminación de los cuerpos de agua: el 45.2% de las aguas superficiales monitoreadas está contaminado o fuertemente contaminado.
3. La sobreexplotación de las aguas subterráneas: de nuestros 653 acuíferos, 106 están sobreexplotados.

La coordinación intergubernamental con responsabilidades claras; la gestión hídrica con un enfoque de cuenca; la inversión pública focalizada y auditada en infraestructura básica de agua, alcantarillado y saneamiento; el establecimiento de tarifas sustentables; el pago por servicios ambientales, y el fomento a la participación ciudadana, son algunas medidas que garantizarán el derecho humano al agua en México y deben ser consideradas en la promulgación una nueva Ley General de Aguas, que de marco al cumplimiento irrestricto de este derecho.

En México el agua tiene diversos usos en las actividades humanas, bien puede ser utilizada para subsistir como para la producción. El REPDA clasifica los usos del agua en doce rubros. En términos agrupados estos doce rubros se clasifican de la siguiente manera:

1. Agrícola.
2. Abastecimiento público.
3. Industria autoabastecida.
4. Energía eléctrica e hidroeléctrica.

Esta clasificación se puede observar en el cuadro 2.9. Además, se detallan los rubros a que pertenece cada uso agrupado, así como el uso del agua consuntivo o no consuntivo¹.

Cuadro 2. 9.- Clasificación agrupada de los usos del agua

Uso agrupado	Consuntivo/ no consuntivo	Rubros de clasificación del RPPDA
Agrícola	Consuntivo	Agrícola, acuicultura, pecuario, usos múltiples, otros usos.
Abastecimiento público	Consuntivo	Doméstico, público urbano
Industria autoabastecida	Consuntivo	Agroindustrial, servicios, industrial, comercio.
Energía eléctrica excluyendo hidroelectricidad	Consuntivo	Industrial
Hidroeléctrico	No consuntivo	Hidroeléctricas

Fuente: CONAGUA, 2016.

En México de cada 100 litros de agua que se utiliza, 76 son empleados en actividades agropecuarias, 15 son utilizados para abastecer a la población, 4 son destinados para la industria autoabastecida (industrias que cuentan con abastecimientos propios e independientes del abastecimiento público) y, por último, 6 son utilizados en la generación de energía eléctrica (ver cuadro 2.10 y gráfica 2.2).

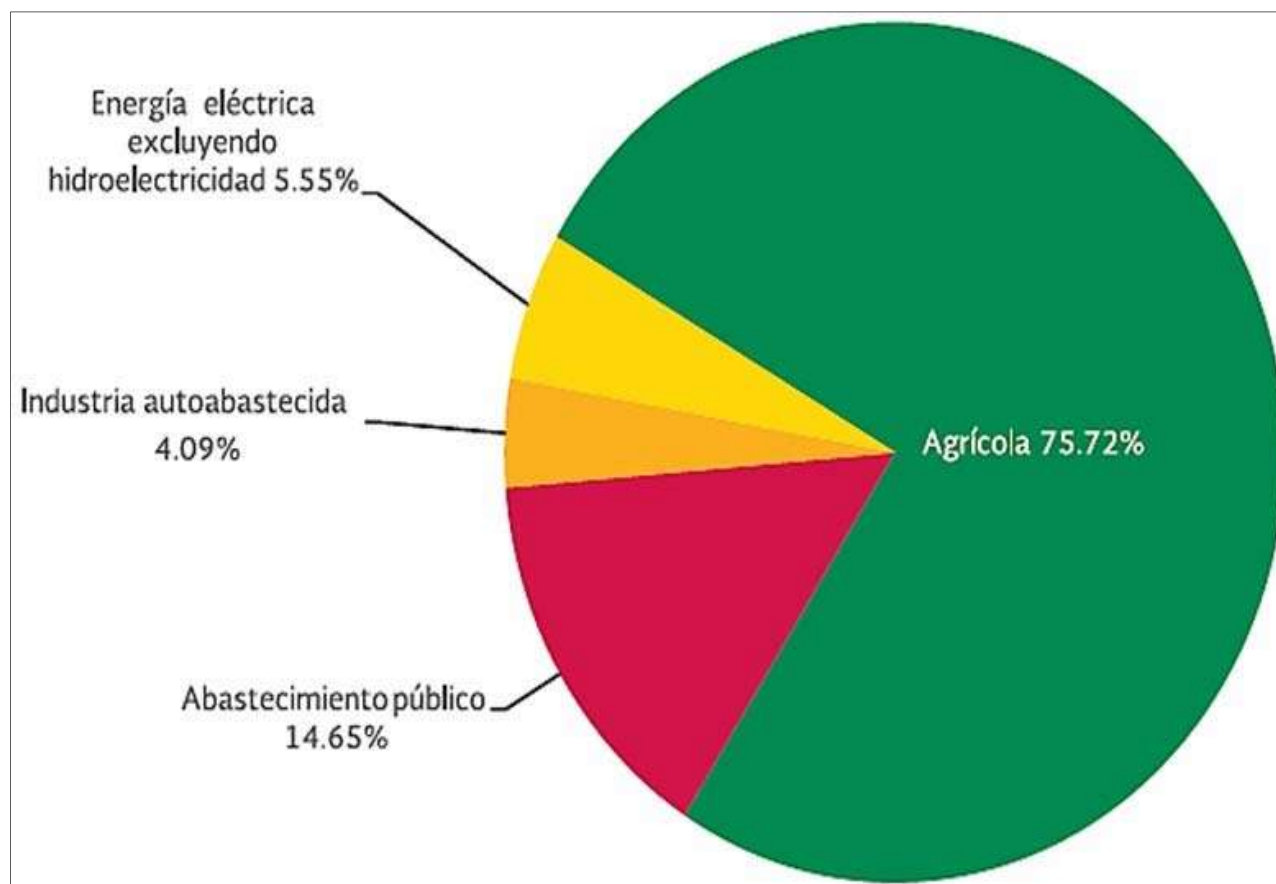
Cuadro 2. 10.- Origen y utilización del agua según su uso

Tipo de uso	Uso del agua	Superficial	Subterránea
Uso agropecuario	76	50	26
Uso público	15	9	6
Uso industrial	4	2	2
Energía eléctrica	6	5	1
Unidades: litros de agua			

Fuente: Elaboración propia con base en CONAGUA, 2016.

¹ El uso consuntivo se refiere al volumen de agua que se utiliza en una actividad determinada. Éste es la diferencia entre el volumen del agua que se extrae y el volumen de agua que se descarga. El uso del agua hidroeléctrica es contabilizado aparte dado que no modifica las propiedades del agua.

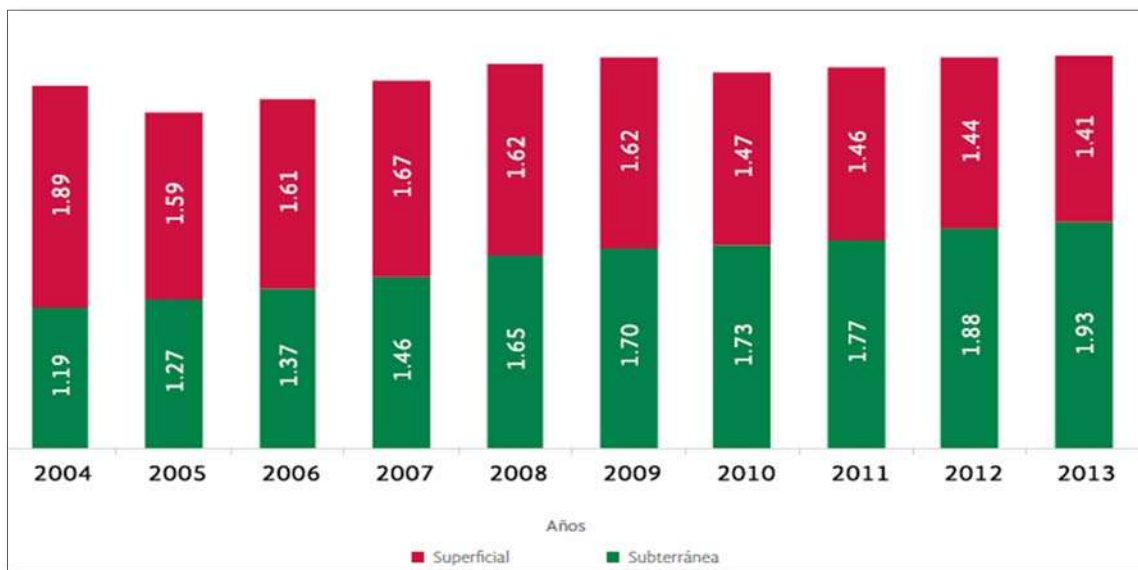
Gráfica 2. 2.- Origen y utilización del agua según su uso



Fuente: FCEA, 2017.

En el sector industrial mexicano de cada 100 litros de agua empleada, 66 litros provienen de aguas superficiales. Si bien en términos absolutos el uso de agua superficial y subterránea en la industria es la misma, desde el año 2004 la cantidad de concesiones de fuentes subterráneas para el uso de la industria ha aumentado. Este comportamiento se puede observar en la gráfica 2.3. Las fuentes subterráneas cobraron importancia y han crecido 59.2% del volumen concesionado desde el año 2001.

Gráfica 2. 3.- Evolución del volumen de concesiones por tipo de fuente



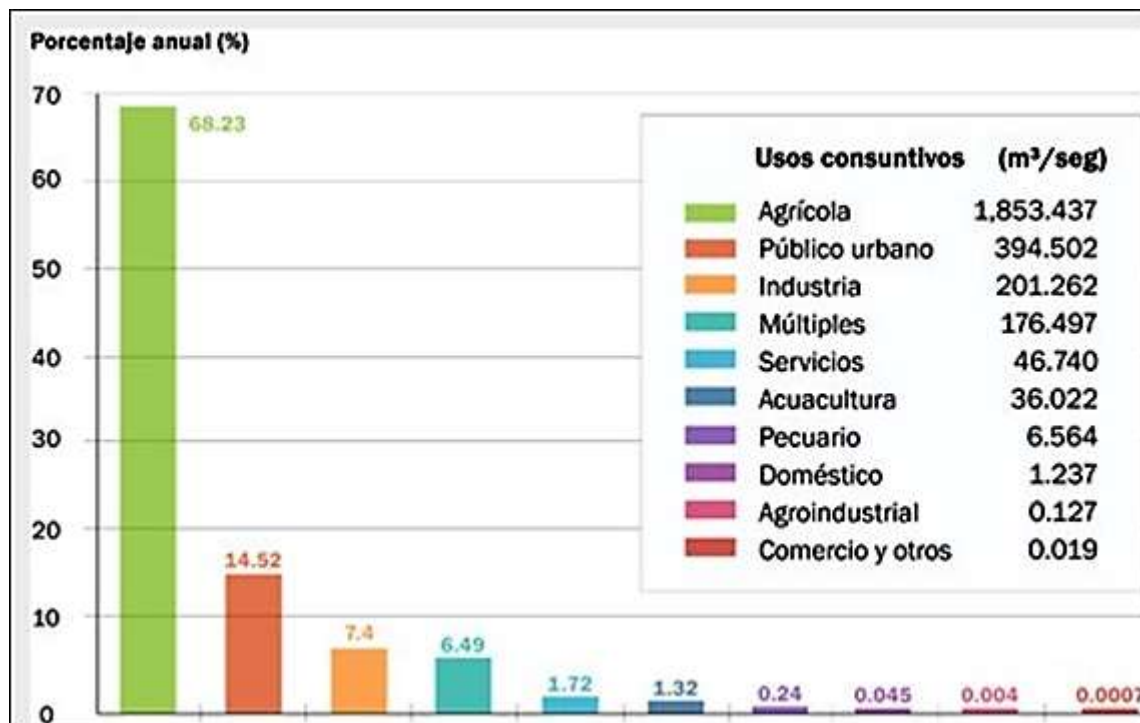
Fuente: CONAGUA, 2016.

Según datos de CONAGUA (2016) el volumen total concesionado para usos consuntivos, 85,664.6 hm³, se distribuyó de la siguiente manera (ver gráfica 2.4). En lo que respecta a la descarga de aguas residuales, la industria genera por segundo 210.3 metros³, de los cuales únicamente se trata el 27%. Para el año 2013 se contaba con 2,617 plantas para aguas residuales industriales, en contraste con 2,287 plantas destinadas para los centros de población.

Si bien la industria autoabastecida sólo consume 4% del agua total (3.5 km³ anuales), la contaminación que genera en demanda bioquímica de oxígeno es tres veces mayor que la que producen 100 millones de habitantes. En 2009, los giros industriales con mayores descargas contaminantes sumaban un volumen total de 176 m³/s. La actividad con mayor

volumen de descarga es la acuicultura, con 68 m³/s (39%), seguida por la industria azucarera 46 m³/s, la petrolera 12 m³/s, los servicios 11 m³/s y la química 7 m³/s (CONAGUA, 2016). La industria azucarera es la que produce la mayor cantidad de materia orgánica contaminante y la petrolera y química las que producen los contaminantes de mayor impacto ambiental. El sector industrial compite por el uso del agua con otros sectores productivos, particularmente con el agrícola.

Gráfica 2. 4. Usos consuntivos del agua



Fuente: FCEA, 2017.

En México, el sector que más agua desperdicia es el que más la consume: el sector agropecuario (agricultura y ganadería). Las estimaciones de la Comisión Nacional del Agua mencionan que 57% del agua que consume se pierde por evaporación pero, sobre todo, por infraestructura de riego ineficiente, en mal estado u obsoleta. La superficie irrigada es de 6.3 millones de hectáreas y aporta el 42% de la producción agrícola nacional. Las pérdidas por infiltración y evaporación ascienden a más de 60% del agua almacenada y distribuida para fines agrícolas.

La contaminación de los cuerpos de agua es producto de las descargas de aguas residuales sin tratamiento, ya sea de tipo doméstico, industrial, agrícola, pecuario o

minero. A finales del año 2010, más de 70% de los cuerpos de agua del país presentaba algún indicio de contaminación (CONAGUA, 2016). Las cuencas que destacan por sus altos índices de contaminación son la del Lerma-Santiago-Pacífico, la del Balsas y, sobre todas, la del Valle de México.

La sobreexplotación de los acuíferos ha ocasionado también el deterioro de la calidad del agua, sobre todo por intrusión salina y migración de agua fósil, la que, de manera natural, después de siglos, contiene sales y minerales nocivos para la salud humana, inducidas por los efectos del bombeo y por contaminación difusa producida en las ciudades y zonas agrícolas. Por otra parte, el monitoreo de la calidad de los acuíferos es escaso y poco confiable (FCEA, 2017). Debido a las características propias del ciclo hidrológico, un río puede quedar limpio en un tiempo relativamente corto si la fuente de contaminación se suspende y si no queda atrapada una cantidad importante de contaminantes en el sedimento; sin embargo, cuando se contamina un acuífero, el problema puede durar decenas de años.

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

El tema de la Huella Hídrica resulta de interés para las empresas y sus accionistas, debido a que enfrentan diversos riesgos físicos, de reputación, regulatorios y financieros relacionados con el agua. El costo de tener que desplazarse a otra región debido a la escasez, o a una calidad de agua inadecuada, el que su Huella Hídrica sea mayor que la de sus competidores, el enfrentar una posible veda, hacerse acreedor a sanciones por mal uso del agua o tener que pagar un costo mayor por el uso de este recurso, es algo que las empresas desean evitar. Por otra parte, la reducción de su Huella Hídrica les puede brindar oportunidades y una mejor imagen corporativa, correspondiente a una empresa con responsabilidad social y ambiental.

2.3.6. Usos, abusos y contaminación del agua en México

La calidad del agua determina su aptitud para el consumo y las actividades humanas, y la permanencia de los procesos y funciones de los ecosistemas. La contaminación es un tema que se debe abordar tanto desde la perspectiva ambiental, como de salud humana, pasando por la dimensión productivo-económica de la sociedad.

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

El asunto es que en México las descargas comúnmente no se tratan; el 70% de los residuos industriales son vertidos sin ningún tratamiento, siendo las que más incumplen las normas oficiales.

En el año 2015 el uso agrícola del agua representó el 76.3% del volumen total autorizado; del agua restante, el uso industrial, que considera la minería, la construcción y la manufactura, ocupó el 13%, algo más de dos billones de litros. Adicionalmente, la CONAGUA incluye el uso agroindustrial, de servicios y de comercio, en un sólo rubro denominado *industria autoabastecida*, que en los últimos diez años incrementó su demanda en 27%, más del doble que cualquier otro uso (CONAGUA, 2016).

Algunas de las razones importantes respecto a las dificultades de conocer con certeza las dimensiones de la contaminación industrial en México son (FCEA, 2017):

1. Del total de títulos de aprovechamiento para el uso público y la industria autoabastecida, en el REPDA el 15%, poco más de 30 mil títulos, no presenta información sobre el volumen concesionado.
2. Comúnmente las industrias ubicadas en zonas urbanas vierten sus desechos al sistema de drenaje público, esto obliga a considerar el uso público y el de industria autoabastecida juntos y complica la identificación del volumen de contaminantes que genera en este sector.
3. El 7.3% del total del volumen concesionado para todos los usos, está geográficamente mal referenciado, las coordenadas del registro están fuera de los límites continentales del país.
4. La falta de monitoreo y verificación han ocasionado que los registros estén desactualizados, omitiendo cambios de uso en las extracciones del agua; en 2014 tres de cada diez litros que se extrajeron en zonas urbanas estaban clasificados como uso “agrícola”, esto es importante, si bien las tarifas difieren de una entidad a otra, el uso agrícola siempre tiene una tarifa preferencial.

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

Por ley, el agua que ha sido utilizada debe regresar al entorno bajo un mínimo de calidad, la NOM-001-SEMARNAT-1996, establece las condiciones que deben cumplir las descargas (CONAGUA, 2016). El responsable de ellas está obligado a realizar el monitoreo y entregar informes con una periodicidad que varía de acuerdo a la carga contaminante. La CONAGUA recibe estos informes y a su vez, se encarga de la vigilancia mediante muestreos periódicos o aleatorios. Esto nos remonta a la clasificación del tipo de descarga de la CONAGUA. Esta dependencia clasifica las descargas como *municipales* cuando son captadas por los sistemas de alcantarillado público, y como *no municipales* al resto. De esta forma, están clasificadas también las Plantas de

Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). Las siguientes afirmaciones se basan en esta clasificación, pero hay que tomarlas con cuidado dada la problemática que representan las descargas industriales que se realizan al sistema del alcantarillado público urbano; las PTAR de la industria tratan el 60 por ciento del total del volumen concesionado a la industria autoabastecida. Sin embargo, la carga contaminante de estos usos no municipales es más de cinco veces mayor que la de los usos municipales, de esta carga contaminante, medida como Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), se remueve sólo el 14% en los sistemas de tratamiento (FCEA, 2017).

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

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

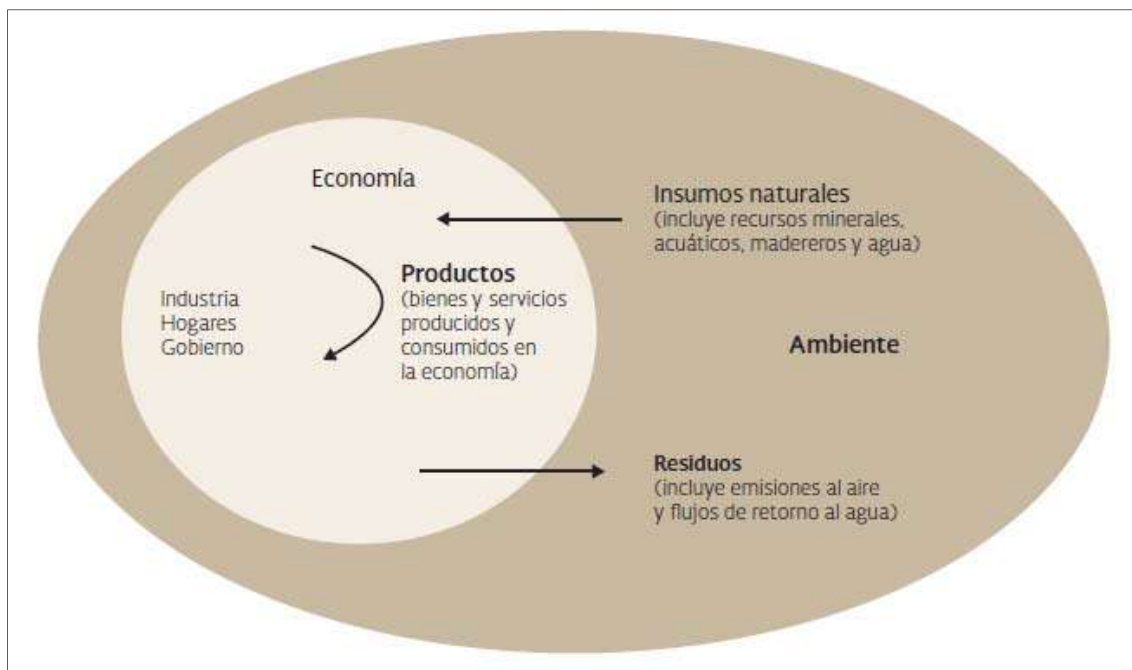
2.3.7. Cuentas del Agua: relación entre la economía y los recursos hídricos

El Marco Central del Sistema de Cuentas Ambientales y Económicas (SCAE), desarrollado a través de la colaboración internacional (Organización de las Naciones Unidas, Comisión Europea, Organización de Cooperación y Desarrollo Económico, Fondo Monetario Internacional y Banco Mundial), es un marco estadístico que guía la

compilación de estadísticas e indicadores comparables y consistentes para la formulación de políticas, el análisis y la investigación sobre la interacción entre la economía y el ambiente.

A través del concepto de flujos físicos establecido en el SCAE, se pueden describir los flujos de materiales y energía entre la economía y el ambiente, lo que permite analizarlos a la par que los flujos de productos en términos monetarios, compilados a su vez en los Sistemas de Cuentas Nacionales (ver cuadro 2.11).

Cuadro 2. 11. Flujo físico de insumos, productos y residuos

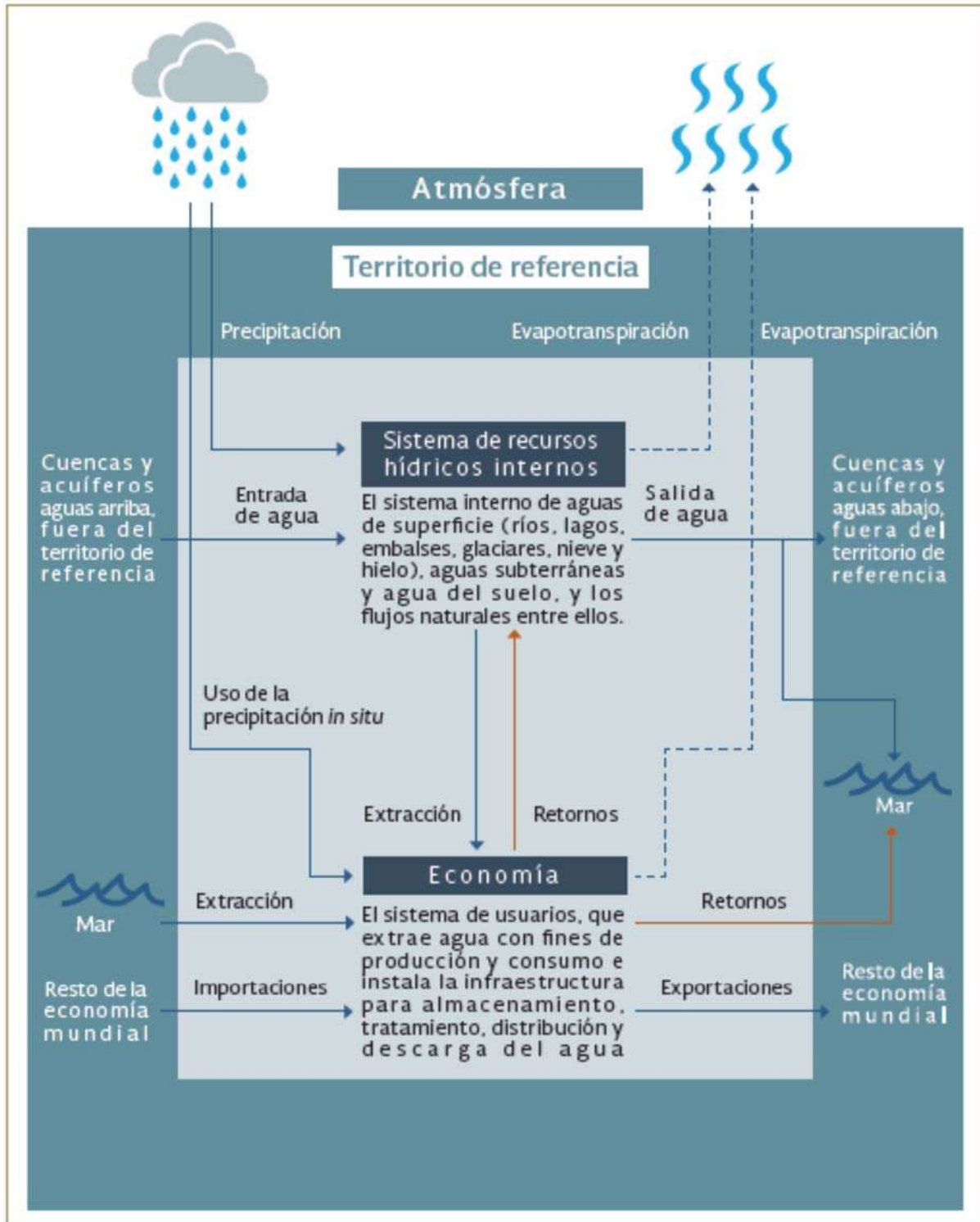


Fuente: CONAGUA, 2016.

Al momento, el SCAE consiste en un marco central y subsistemas que proveen mayor detalle en tópicos específicos. El SCAE-Agua, conocido como “Cuentas del agua”, es un subsistema del SCAE, cuya finalidad es estandarizar conceptos y métodos de la contabilidad del agua y proporcionar un marco conceptual para organizar la información sobre aspectos económicos e hidrológicos y posibilita un análisis sistemático de la contribución del agua a la economía y de los efectos de la economía sobre los recursos hídricos.

En el cuadro 2.12 se muestra el esquema general de flujos entre la economía y el agua, empleando la terminología estándar del SCAE-Agua.

Cuadro 2. 12. Esquema general global de flujos entre la economía y el agua



Fuente: CONAGUA, 2016.

Con base en información generada por CONAGUA, los flujos físicos de agua se registran en tablas de uso y oferta de agua y de transferencias dentro de la economía. Las actividades económicas siguen el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN).

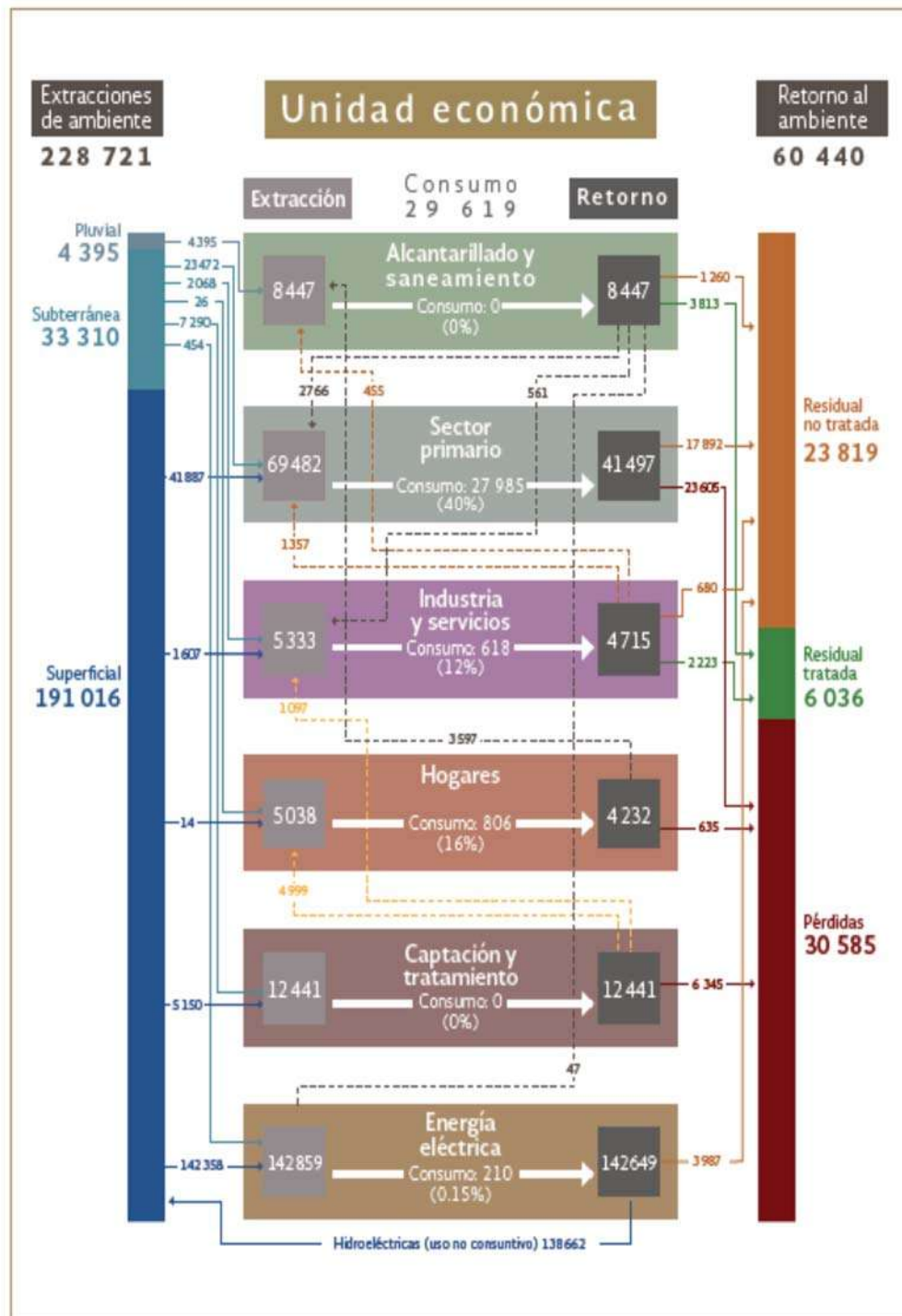
De manera simplificada, el cuadro 2.13 muestra las interacciones entre el agua y la economía en México, en términos de flujos físicos de agua. Se observa que en total se extraen del ambiente 228,721 hm³ de agua, de los cuales 191,016 son superficiales (83.5%), 33,310 subterráneos (14.6%) y 4,395 pluviales (1.9%). Se consumen 29,619 hm³ por evapotranspiración e integración a los bienes producidos, en el cuadro 2.13 son la diferencia entre extracción y retorno.

La CONAGUA (2016: 91) muestra las interacciones entre el agua y la economía en México, en términos de flujos físicos del agua, a través del llamado “Flujo simplificado del agua entre el ambiente y la economía en México, 2015”, cuyas unidades de medida son (hm³/año). Para el caso específico del sector industrial (cuadro 2.13), el cual, es nuestra área de estudio, se calcula que por concepto de “extracción del ambiente” recibió 5,333 hm³, de los cuales 1,607 hm³ (30.1%) son de origen superficial; 2,068 hm³ (38.8%) son de origen subterráneo; 1,097 hm³ (20.6%) son de origen por captación y tratamiento; y 561 hm³ (10.5%) son de origen por alcantarillado y saneamiento. Por concepto de “retorno al ambiente” regresó 4,715 hm³, de los cuales 2,223 hm³ (47.1%) fue agua residual tratada; 680 hm³ (14.4%) fue agua residual no tratada; 1,357 hm³ (28.8%) como transferencia al sector primario; y 455 hm³ (9.7%) como transferencia al sistema de alcantarillado y saneamiento. La diferencia entre la cantidad total de agua extraída del ambiente, 5,333 hm³, y la cantidad total de agua devuelta al ambiente, 4,715 hm³, es la cantidad total de agua evapotranspirada al ambiente por parte del sector industrial mexicano, es decir, 618 hm³ (12%).

Siguiendo en el cuadro 2.13, dado que las hidroeléctricas regresan al ambiente prácticamente el 100% del agua utilizada, los retornos totales ascienden a 60,440 hm³, integrados por 23,819 de agua residual no tratada (39.4%), 6,036 de agua tratada (10%) y 30,585 de pérdidas (50.6%), debidas a fugas en los sistemas de captación y distribución.

Cuadro 2. 13. Flujo simplificado del agua entre el ambiente y la economía en México, 2015 (hm³/año)

FIGURA 3.5 Flujo simplificado del agua entre el ambiente y la economía en México, 2015 (hm³/año)



Fuente: Elaborado con base en INEGI (2013g), INEGI (2016k).

Fuente: CONAGUA, 2016.

En materia de la contabilidad ambiental de los recursos hídricos, es posible cuantificar en valores monetarios el agotamiento anual del agua subterránea, que para el año 2015 fue estimado en 27,883 millones de pesos. Otro elemento de las cuentas ambientales se refiere a la estimación del costo de tratamiento del agua residual no tratada al 2015, por 57,403 millones de pesos.

Según CONAGUA (2016) la información así producida provee contexto para la toma de decisiones en políticas públicas. Al 2015 los costos totales por agotamiento y degradación del medio ambiente (907,473 millones de pesos) son más de cinco veces mayores que los gastos en protección ambiental para ese año (141,933 millones de pesos).

Al conjugar los flujos físicos con los económicos, se obtienen los cuadros híbridos² de oferta (cuadro 2.14) y utilización (cuadro 2.15), las cuales permiten el estudio de la economía del agua, a través de la presentación de las cuentas nacionales convencionales en conjunto con información de índole física sobre la extracción del agua, es decir, su oferta y uso de su economía y la descarga de aguas residuales y contaminantes hacia el medio ambiente.

Cuadro 2. 14. Cuadro híbrido de oferta de actividades y productos relacionados con el agua, 2015

Denominación	Sector primario	Industria y servicios	Energía eléctrica	Captación y tratamiento de agua	Alcantarillado y saneamiento	Hogares	Importaciones	Impuestos menos subsidios a la producción	Oferta total a precios de comprador
1. Producción y oferta total (millones de pesos corrientes)	917 444	28 367 635	406 633	50 501	50 501	NA	6 767 103	1 067 967	37 627 785
2. Oferta total de agua (hm ³)	41 497	4 715	142 649	12 441	8 447	4 232			213 981
2.a Oferta de agua a otras unidades económicas	0	1 812	0	6 096	3 374	3 597			14 879
2.b Retornos totales	41 497	2 903	142 649	6 345	5 073	635			199 102
3. Emisiones totales de DBO ₅ (millones de toneladas)	ND	10	ND	ND	2	ND	NA	NA	12

Nota: ND: No disponible. NA: No aplica.

Fuente: CONAGUA, 2016.

² Denominados así por presentar a la vez información monetaria (pesos) y física (metros cúbicos de agua).

Cuadro 2. 15. Cuadro híbrido de utilización de actividades y productos relacionados con el agua, 2015

Denominación	Consumo intermedio de las industrias					Consumo final efectivo		Formación bruta de capital fijo	Exportaciones	Variación de existencias y discrepancia estadística	Usos totales a precios de comprador
	Sector primario	Industria y servicios	Energía eléctrica	Captación y tratamiento de agua	Alcantarillado y saneamiento	Hogares	Gobierno				
1. Consumo intermedio y uso total (millones de pesos corrientes)	344 878	12 142 241	149 400	14 703	14 703	12 448 130	2 272 262	4 101 358	6 409 507	- 269 396	37 627 785
Del cual:											
1.a Agua potable	670	25 640	25	158	0	24 073	NA	NA	NA	NA	50 565
1.b Servicio de alcantarillado y saneamiento	89	328	0	0	0	0	NA	NA	NA	NA	417
2. Valor agregado total (millones de pesos corrientes)	572 566	16 225 395	257 233	35 798	35 798	NA	NA	NA	NA	NA	17 126 791
3. Uso total de agua (hm ³)	69 482	5 333	142 859	12 441	8 447	5 038	NA	NA	NA	NA	243 600
3.a Extracción total	65 359	3 675	142 812	12 441	4 395	39	NA	NA	NA	NA	228 721
3.b Uso de agua recibida de otras unidades económicas	4 123	1 658	47	0	4 052	4 999	NA	NA	NA	NA	14 879
Del cual: Captación y tratamiento de agua:	0	1 097	0	0	0	4 999	NA	NA	NA	NA	6 096
7. Consumo (hm ³)	27 985	618	210	0	0	806	NA	NA	NA	NA	29 619

Nota: NA: No aplicable.

Fuente: CONAGUA, 2016.

Este proyecto complementa el acervo estadístico en materia de contabilidad ambiental, pues adicionalmente se dispone de información sobre el impacto ambiental como consecuencia de la producción, distribución y consumo de bienes y servicios.

CAPÍTULO III. PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES SECTORES INDUSTRIALES EN MÉXICO

En este tercer apartado se presentan los antecedentes, procedimientos y resultados de la investigación sobre el aprovechamiento o uso del recurso agua por parte de los principales sectores industriales consumidores en México. Dicho apartado se divide en dos secciones. Por una parte, se mencionan las investigaciones que previamente se han realizado y que han servido como antecedentes a la presente investigación, seguido de la descripción de los pasos o procedimientos que se llevaron a cabo para la recopilación, procesamiento y análisis de datos que ayudaron a conformar matrices de información sobre el recurso agua, para los distintos sectores industriales analizados a nivel nacional. Por otra parte, se muestran los resultados obtenidos para los ocho sectores industriales, con su respectivo conjunto de variables. Dichos resultados se presentan por RHA, así como su presentación en matrices y gráficas.

3.1.- Antecedentes y procedimientos de la investigación

La presente investigación se enmarca dentro del proyecto **“Determinación de la elasticidad precio de la demanda del agua para la industria en México como instrumento de política pública en el uso eficiente del recurso hídrico 2014 – 2015”** financiado por la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (Guerrero, 2015).

Aunque en ambos proyectos se establecieron objetivos particulares, respecto a sus objetivos generales, estos fueron muy interrelacionado, pues hablamos del análisis de la eficiencia y las fluctuaciones de la demanda, del recurso agua, en el sector industrial mexicano. Para llegar a cumplir con dichos objetivos, se realizó un proceso continuo de investigación, mediante el cumplimiento de una serie de procedimientos, tales como:

1. Revisión extensa de información y bibliografía competente en la materia, es decir, investigar evidencias científicas y empíricas sobre el estudio del recurso hídrico, sobre todo, en fuentes oficiales y organismos multilaterales; con el propósito de actualizar el contexto que presenta la situación actual del agua.
2. Revisión de propuestas sobre indicadores de sustentabilidad (agua).
3. Selección de los 8 sectores industriales en México, como representantes del conjunto industrial, que mayor consumo de agua realiza.
4. Elaboración de una base de datos sobre el uso industrial del agua en México.
5. Obtener y generar nueva información competente.
6. Analizar resultados.
7. Otros.

Tomando como referencia la investigación de Guerrero (2005), en donde se analizaron 8 sectores de la actividad industrial, como referentes del mayor aprovechamiento de agua en México, se continuó con el mismo procedimiento, es decir, se analizaron los sectores de acero, alimentos, azúcar, bebidas, papel, química, textil y minería. Los primeros 7 sectores pertenecen a la industria manufacturera; si bien, la actividad económica de la minería, estrictamente no pertenece a la industria manufacturera, aun así, se agrega en esta investigación, debido a que es una de las actividades que mayor consumo de agua utiliza en su proceso.

Para el análisis de los 8 sectores industriales se consideraron las 11 variables más representativas, provenientes de fuentes oficiales, principalmente INEGI y CONAGUA:

1. Unidades Económicas
2. Personal Ocupado Total
3. Total de Remuneraciones (miles de pesos)
4. Producción Bruta Total (miles de pesos)
5. Materias Primas e Insumos (miles de pesos)
6. Total de Gastos (miles de pesos)
7. Total de Ingresos (miles de pesos)
8. Título de Concesión
9. Titular o Razón Social

10. Volumen Anual (Mm³)³

11. Volumen Concesionado (Mm³)

En México, si bien, aparentemente en la actualidad existe un mayor flujo, acceso y generación de información en lo que respecta al recurso hídrico, tal parece no ser así de manera absoluta, o al menos, no de una forma sistematizada o sincronizada; debido a ello, fue necesario consultar diferentes fuentes, con el objeto de homogenizar dicha información. Las primeras 7 variables fueron consultadas a través del Sistema Automatizado de Información Censal⁴ (SAIC), el cual muestra los resultados definitivos de los Censos Económicos 2009⁵ del INEGI, para cada sector industrial y las últimas 4 variables fueron consultadas por medio del Localizador de Aprovechamientos⁶ (LocREPDA) del Registro Público de Derechos de Agua⁷ (REPDA) de la CONAGUA, de igual manera, para cada sector industrial. Además, se consultó como fuente complementaria el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas⁸ (DENUE) del INEGI y, posteriormente, se realizó el análisis por Región Hidrológico Administrativa⁹ (RHA). El nivel de desagregación de los datos se realizó a nivel municipal.

La información obtenida en los proyectos de investigación, realizados previos al presente, representan los antecedentes de este proyecto. En (Guerrero, 2005) se realizó un análisis econométrico sobre la demanda del agua industrial en México, tomando como fuente principal los Censos Económicos 1999. El número total de observaciones fueron 500

³ Millones de metros cúbicos.

⁴ Programa que permite conocer los resultados definitivos de los Censos Económicos. <http://www.inegi.org.mx/est/cubos/saic/nota.html>

⁵ Este censo se tomó como referencia para la elaboración de la base de datos, ya que, en las fechas establecidas de este proyecto, aún no se difundían los resultados de los Censos Económicos 2014 de manera definitiva. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2009/>

⁶ Sistema interactivo diseñado para la ubicación geográfica de las concesiones y asignaciones de aguas nacionales (superficiales y subterráneas), descargas de aguas residuales y bienes públicos inherentes (zonas federales y extracción de materiales) inscritas en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), mediante la aplicación ARC IMS. <http://www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=5&n2=37&n3=45&n4=45>

⁷ Registro que proporciona información y seguridad jurídica a los usuarios de aguas nacionales y bienes inherentes a través de la inscripción de los títulos de concesión, asignación y permisos de descarga, así como las modificaciones que se efectúen en las características de los mismos. <http://www.conagua.gob.mx/Repda.aspx?n1=5&n2=37&n3=115>

⁸ Sistema de consulta que permite conocer la información de todos los negocios, o de aquellos subuniversos que se seleccionen con base en la actividad económica, el tamaño y el área geográfica, así como ver su ubicación en imágenes cartográficas y satelitales. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mapa/denue/>

⁹ Área territorial definida de acuerdo con criterios hidrológicos, integrada por una o varias regiones hidrológicas, en la cual se considera a la cuenca hidrológica como la unidad básica para la gestión de los recursos hídricos y el municipio representa, como en otros instrumentos jurídicos, la unidad mínima de gestión administrativa en el país. LAN. - Artículo 3 Fracción XVI b.

firmas, las cuales representaban a los 8 sectores industriales, mencionados anteriormente, además de 14 variables. El análisis se realizó por RHA.

Una de las principales conclusiones en (Guerrero, 2005) fue que los sectores industriales del papel, azúcar y bebidas, en ese momento, eran los mayores consumidores del recurso hídrico. La industria del papel y azúcar estaban localizadas principalmente en la región central y norte del Golfo de México, en donde el grado de presión del recurso hídrico es bajo, sin embargo, el sector industrial de bebidas se encontraba situado, principalmente, en las zonas centro y norte de la República Mexicana; áreas en donde el grado de presión del agua es alto, por encontrarse en una zona de disponibilidad baja del recurso hídrico.

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

La CONAGUA, órgano descentralizado de la SEMARNAT, es actualmente la encargada de llevar a cabo la política hídrica del país. A través del Sistema Nacional de Información del Agua¹⁰ (SINA) dicha institución proporciona un amplio contenido de tipo cualitativo y cuantitativo en materia hídrica; sin embargo, en lo que respecta a datos relacionados con el uso o aprovechamiento del agua en el sector industrial, la información es limitada y, en algunos casos, escasa.

¹⁰ Sistema que concentra información sobre el tema del agua en México. <http://www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=3&n2=60&n3=60>

Por su parte, el INEGI, a través de su SAIC, proporciona 148 variables en total sobre las unidades económicas¹¹ en México, tanto en términos de producción, gastos, ingresos, remuneraciones, laborales, inversión, inventarios, etc., sin embargo, no proporciona información o variables que estén relacionadas con el uso o aprovechamiento del agua en el sector industrial, no al menos de manera explícita, ya que hay variables como “total de gastos”, “otros gastos”, “total de otros gastos por consumo de bienes y servicios” o “materias primas e insumos que se integran físicamente a los bienes producidos”, las cuales no especifican estrictamente su contenido.

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

Tanto para los aprovechamientos de agua subterránea como para los de agua superficial los registros arrojan 39 categorías complementarias, las cuales se muestran a continuación en los cuadros 3.1 y 3.2.

Tanto para los registros de aguas subterráneas como para los superficiales la mayoría de las 39 categorías complementarias son similares, solo en algunos casos los datos varían, debido al área espacial de aprovechamiento, es decir, superficial o subterránea.

¹¹ Son las entidades productoras de bienes y servicios, llámense establecimientos, hogares, personas físicas.

Cuadro 3. 1.- Registros de Aguas Subterráneas

LONGITUD DECIMAL	LATITUD DECIMAL	REGIONAL	NÚMERO DE TÍTULO	DOMICILIO DEL APROVECHAMIENTO	NÚMERO DE INSTALACIÓN	REGIÓN HIDROLÓGICA	CUENCA HIDROLÓGICA
NÚMERO DE LOCALIDAD	ESTADO	NÚMERO DE MUNICIPIO	LATITUD [°]	LATITUD [']	LATITUD ["]	LONGITUD [°]	LONGITUD [']
LONGITUD ["]	VOLUMEN ANUAL [Mm3]	VOLUMEN ANUAL 2 [Mm3]	VOLUMEN ANUAL 3 [Mm3]	PROFUNDIDAD	DIÁMETRO DE OBRA	DIÁMETRO DE ADEME	POTENCIA DE MOTOR
CLAVE DEL ACUÍFERO	ACUÍFERO	USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA	SEGUNDO USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA	TERCER USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA	VOLUMEN CONCESIONADO	GREQ_SUB	GMAX_SUB
DM_COLSUC	DM_DESCA	BOMBA	MOTOR	TIPO DE MEDIDOR	DESCARGA	NUMERO	

Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

Cuadro 3. 2.- Registros de Aguas Superficiales

LONGITUD [°]	LATITUD [°]	REGIONAL	NÚMERO DE TÍTULO	DOMICILIO DEL APROVECHAMIENTO	NÚMERO DE LA INSTALACIÓN	REGIÓN HIDROLÓGICA	CUENCA
NOMBRE COMÚN DE LA LOCALIDAD	ESTADO	NÚMERO DE MUNICIPIO	LATITUD [°]	LATITUD [']	LATITUD ["]	LONGITUD [°]	LONGITUD [']
LONGITUD ["]	VOEXTANUA	VOEXTANU2	VOEXTANU3	TOBRAC	DE DIAM.	CAOBRA	TIP_OBRA
NOMFUENTE	AFLUENTE	USO_SUP	USO_SUP2	USO_SUP3	VOL_CONS	GREQ_SUP	GMAX_SUP
MARGEN	PLAZO_SUP	BOMBA	MOTOR	TIPO_MEDID	DESCARGA	NUMERO	

Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

Teniendo como referencia la base total de concesiones de aprovechamiento del recurso hídrico para uso industrial en México, se procedió a realizar el análisis. Es preciso señalar, que, para los fines y tiempos establecidos en el presente proyecto, no fue posible realizar un análisis de la totalidad de registros de aprovechamiento del recurso hídrico. Por tanto, en primera instancia se procedió a realizar un filtro de la base de datos total de concesiones, teniendo presente que los aprovechamientos subterráneos representan más del 90% del total de registros, se optó por filtrar a los 500 registros que presentaran los mayores volúmenes de agua concesionada; para el caso de los aprovechamientos superficiales, solo se filtraron 6 registros, ya que solo estos presentaban cantidades de volumen concesionado de agua similares a los aprovechamientos subterráneos. En lo

que respecta a las 39 categorías complementarias de los registros, también se realizó un filtro y se eligieron solo las más convenientes para los fines del proyecto, obteniendo con ello 15 categorías, las cuales se muestran en el cuadro 3.3.

Cuadro 3. 3.- Categorías filtradas

REGIONAL	NÚMERO DE TÍTULO	TITULAR	SECTOR INDUSTRIAL	DOMICILIO DEL APROVECHAMIENTO
REGIÓN HIDROLÓGICA	CUENCA HIDROLÓGICA	NÚMERO DE LOCALIDAD	ESTADO	NÚMERO DE MUNICIPIO
VOLUMEN ANUAL [Mm3]	CLAVE DEL ACUÍFERO	ACUÍFERO	USO DEL AGUA	VOLUMEN CONCESIONADO

Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

Es preciso mencionar que, de las 15 categorías filtradas, 2 no se encuentran en la base total de concesiones, es decir, la categoría “titular” y “sector industrial”, fueron agregados posteriormente para complementar el análisis. La categoría titular o razón social se obtuvo de la base de datos del REPDA para cada uno de los 506 registros analizados. Para la categoría sector industrial simplemente se le asignó uno de los 8 sectores¹² analizados. Es importante mencionar que para los registros que no se obtuvo información del REPDA, debido a que la base de datos de dicha fuente no arrojó ningún tipo de información, se clasificaron como No Disponibles (ND).

El procedimiento de la investigación para analizar los 506 registros filtrados se centró principalmente en las categorías de “título” o “concesión” y “titular” o “razón social”. Lo anterior con el propósito de clasificar a cada uno de los 506 registros en alguno de los 8 sectores industriales correspondiente.

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

¹² Acero, Alimentos, Azúcar, Bebidas, Minería, Papel, Química, Textil.

Finalmente, para integrar el total de información generada de los 506 registros analizados, se procedió a reunirla, integrando los 8 sectores industriales y las 11 variables más representativas, mencionadas anteriormente. Posteriormente, se muestran los resultados obtenidos de manera desglosada para cada variable.

3.2. Resultados del proyecto

En el cuadro 3.4 se reúnen los resultados finales obtenidos para las 8 actividades económicas, seleccionadas inicialmente en la investigación, como el conjunto industrial que mayores niveles del recurso hídrico utiliza para sus procesos de producción en México. Además, de la gráfica 3.1 a la 3.3¹³, se muestran las 3 variables seleccionadas que mayor representatividad tienen con los sectores industriales y con la investigación. En términos generales, de los 506 registros filtrados y analizados posteriormente, se pudieron identificar 195 títulos o concesiones, distribuidos en 66 titulares o razones sociales. Estrictamente hablando, para los 8 sectores industriales solo fue posible tener acceso a 92 títulos, asignados a 66 titulares. Esto representa el 47.17% de los 195 títulos identificados. El resto de los títulos, es decir, 103 (52.83%), no fue posible realizar su análisis, debido a que, desde la fuente original de consulta, el REPDA, no se proporcionó ningún tipo de información. Podríamos decir que, de esos 103 títulos que no fueron posibles acceder, teóricamente deberían pertenecer a 103 titulares, sin embargo, no es posible afirmar dicho argumento, ya que un titular puede tener bajo su cargo más de un título.

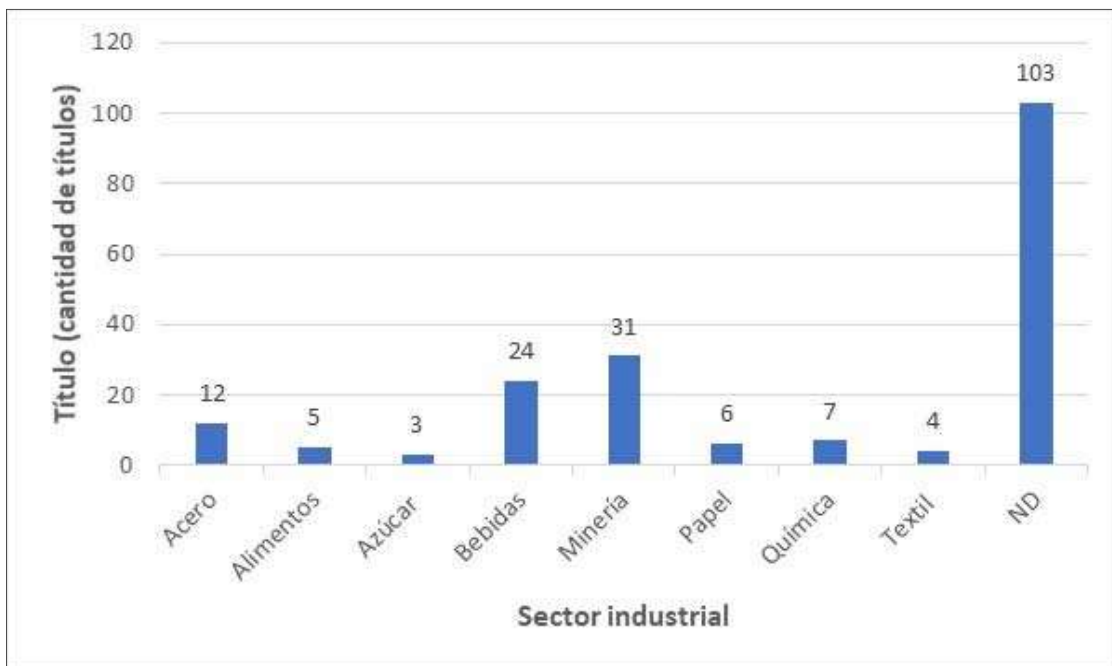
En lo que respecta a los sectores industriales, podemos identificar que el sector minería es quien tiene el mayor número de títulos y también el mayor número de titulares. Además, los volúmenes de concesión de agua para su proceso de producción, son ampliamente mayores que los demás sectores industriales. En cuanto al personal ocupado total, el sector bebidas es el mayor empleador, inclusive duplica al segundo

¹³ En el presente capítulo se muestran las 3 gráficas de mayor relevancia para los fines de la investigación, es decir, gráfica 3.1, 3.2 y 3.3, relacionadas con los títulos de concesión, los volúmenes de agua concesionados para cada industria y la producción bruta total, respectivamente. El resto de las gráficas, de la 3.15 a la 3.22, se presentan en el apartado de Anexos (Anexo A).

sector, la minería. De igual manera, en lo que respecta a las variables de producción, materias primas, gastos e ingresos, calculados en miles de pesos, el sector industrial de bebidas, es el preponderante, demostrando con ello, una amplia participación en el conjunto industrial analizado.

En términos de aprovechamiento o uso del recurso hídrico se utilizaron dos variables que proporciona el LocREPDA, volumen anual y volumen concesionado, ambas calculadas en (Mm³). El volumen anual, el cual integra al aprovechamiento subterráneo y superficial de los 506 registros analizados, suma un total de 677,822,532 Mm³, esto representa el 7.65% del volumen anual total, el cual es de 8,854,619,714 Mm³. En lo que respecta al volumen concesionado de los 506 registros analizados, suma un total de 600,960,255 Mm³, esto representa el 11.89% del volumen concesionado total, el cual es de 5,052,847,050 Mm³. En términos de volumen total, es decir, tanto volumen anual como volumen concesionado de los 506 registros analizados, suman 1,278,782,787 Mm³, esto representa el 9.19% del volumen total de registros que son 7,224, equivalentes a 13,907,466,764 Mm³.

Gráfica 3. 1. Título (cantidad de títulos) por Sector Industrial



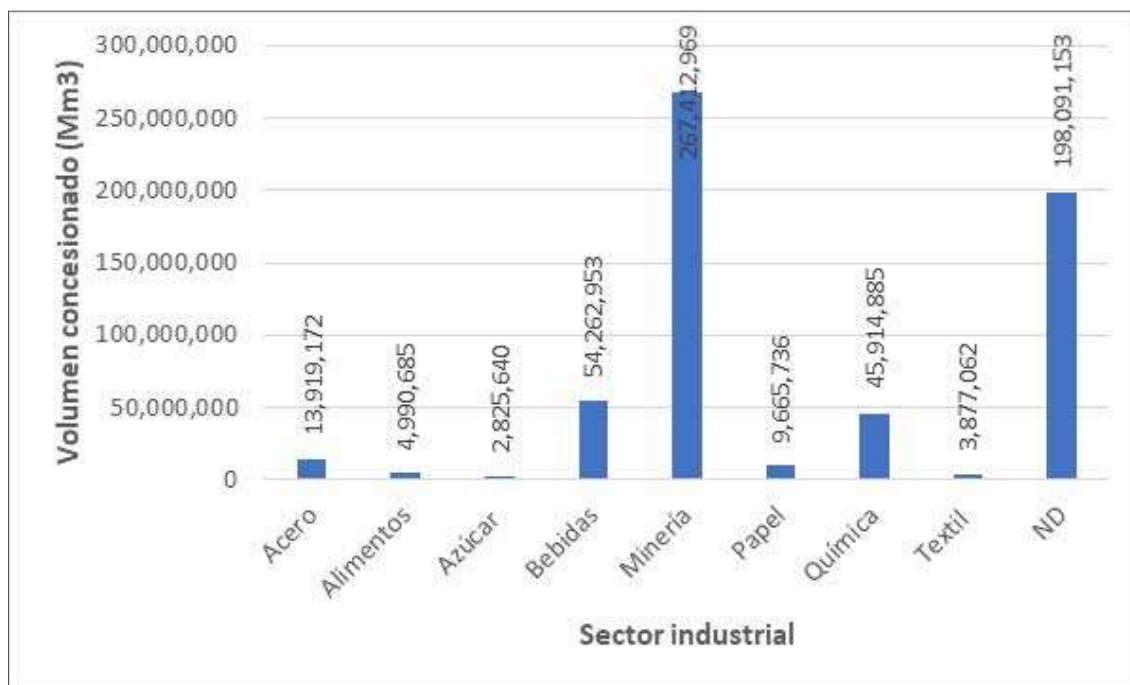
Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

Cuadro 3. 4.- Total de sectores industriales y variables

Variables utilizadas a nivel nacional											
Sector industrial	Título (cantidad de títulos)	Titular (cantidad de titulares)	Volumen anual (Mm3)	Volumen concesionado (Mm3)	Unidades económicas	Personal ocupado total (L)	Total de remuneraciones (CL) (miles de pesos)	Producción bruta total (Q) (miles de pesos)	Materias primas e insumos que se integran físicamente a los bienes producidos (M) (miles de pesos)	Total de gastos (miles de pesos)	Total de ingresos (miles de pesos)
Acero	12	11	13,404,172	13,919,172	11	4,129	671,561	15,338,467	8,898,078	12,397,875	16,101,320
Alimentos	5	5	5,444,646	4,990,685	5	1,550	124,296	7,121,520	2,081,767	5,197,063	7,076,666
Azúcar	3	2	2,825,640	2,825,640	2	1,278	222,108	1,606,240	994,801	1,244,607	1,640,174
Bebidas	24	15	61,371,896	54,262,953	15	17,087	2,560,127	80,779,297	15,963,023	59,946,126	83,049,489
Minería	31	17	310,861,670	267,412,969	17	8,438	920,460	12,009,737	1,679,534	7,189,949	11,875,440
Papel	6	5	14,925,896	9,665,736	5	5,624	735,015	12,221,957	5,283,893	9,067,653	12,434,217
Química	7	7	44,903,379	45,914,885	7	4,147	1,530,967	17,535,602	9,502,154	12,737,978	17,307,355
Textil	4	4	4,054,904	3,877,062	4	1,396	60,270	596,369	265,364	386,824	605,766
ND	103	ND	220,030,329	198,091,153	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Total	195	66	677,822,532	600,960,255	66	43,649	6,824,804	147,209,189	44,668,614	108,168,075	150,090,427

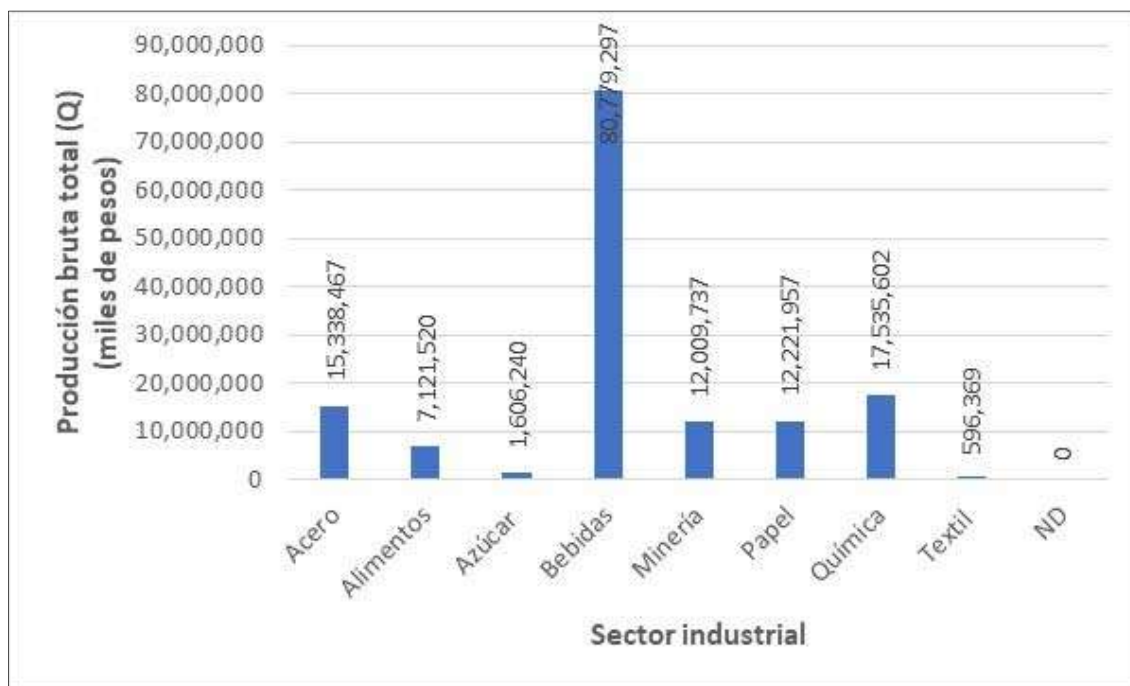
Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

Gráfica 3. 2. Volumen concesionado (Mm3) por Sector Industrial



Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

Gráfica 3. 3. Producción bruta total (Q) (miles de pesos) por Sector Industrial



Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

El análisis de los 8 sectores industriales se realizó por RHA, para cada una de las 11 variables seleccionadas. A continuación, se presentan los cuadros resumen y gráficas para cada variable y sector industrial por RHA.

3.2.1. Resultados por Regiones Hidrológico Administrativas

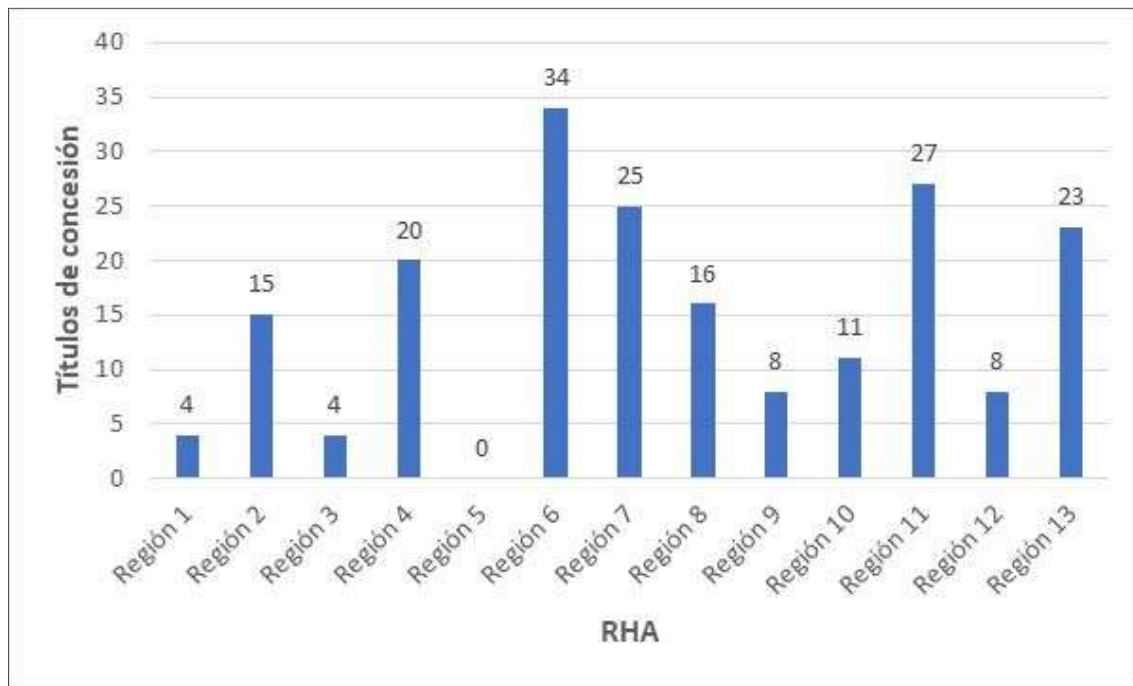
En el cuadro 3.5 y gráfica 3.4 se muestra el total de títulos o concesiones para el aprovechamiento del agua, tanto subterránea como superficial, para cada sector industrial y por RHA. Se observa que la región 6 presenta el mayor porcentaje de títulos o concesiones con el 17% del total; no obstante, es importante señalar que de los 34 títulos que comprenden esta región, 20 no pudieron ser identificados por algún titular. En segundo lugar, se encuentra la región 11, con 14% del total de títulos, es decir, 27. En tercer lugar se ubica la región 7 con 25 títulos, 13% del total. Algunas regiones presentan niveles muy bajos en cuanto a concentración de títulos, por ejemplo, la región 1 y 3 solo representan el 2% del total, cada una y, las regiones 9 y 12, solo el 4%. Es importante señalar que la región 5 no presentó datos para su análisis. En términos de sector industrial, la minería representa el mayor porcentaje de títulos, 16% del total; le sigue el sector de bebidas, con el 12% y el acero con el 6%. Los sectores de textil y azúcar son los de menor porcentaje de títulos, solo el 2% cada uno. 53% del total de títulos no pudieron ser identificados.

Cuadro 3. 5.- Títulos de concesión por Regiones Hidrológico Administrativas

títulos de concesión por Región Hidrológico Administrativa (RHA)															
Sector Industrial	Región 1	Región 2	Región 3	Región 4	Región 5	Región 6	Región 7	Región 8	Región 9	Región 10	Región 11	Región 12	Región 13	Total	%
Acero	1			3		3	1						4	12	6%
Alimentos				2				1		1			1	5	3%
Azúcar										1	2			3	2%
Bebidas		3		1		4	6	3		3			4	24	12%
Minería	2	4		3		6	7	3	1			3	2	31	16%
Papel						1			2	1			2	6	3%
Química				1				1			3		2	7	4%
Textil								1		1			2	4	2%
ND	1	8	4	10	0	20	11	7	5	4	22	5	6	103	53%
Total	4	15	4	20	0	34	25	16	8	11	27	8	23	195	
%	2%	8%	2%	10%	0%	17%	13%	8%	4%	6%	14%	4%	12%		

Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

Gráfica 3. 4. Títulos de concesión por Regiones Hidrológico Administrativas



Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

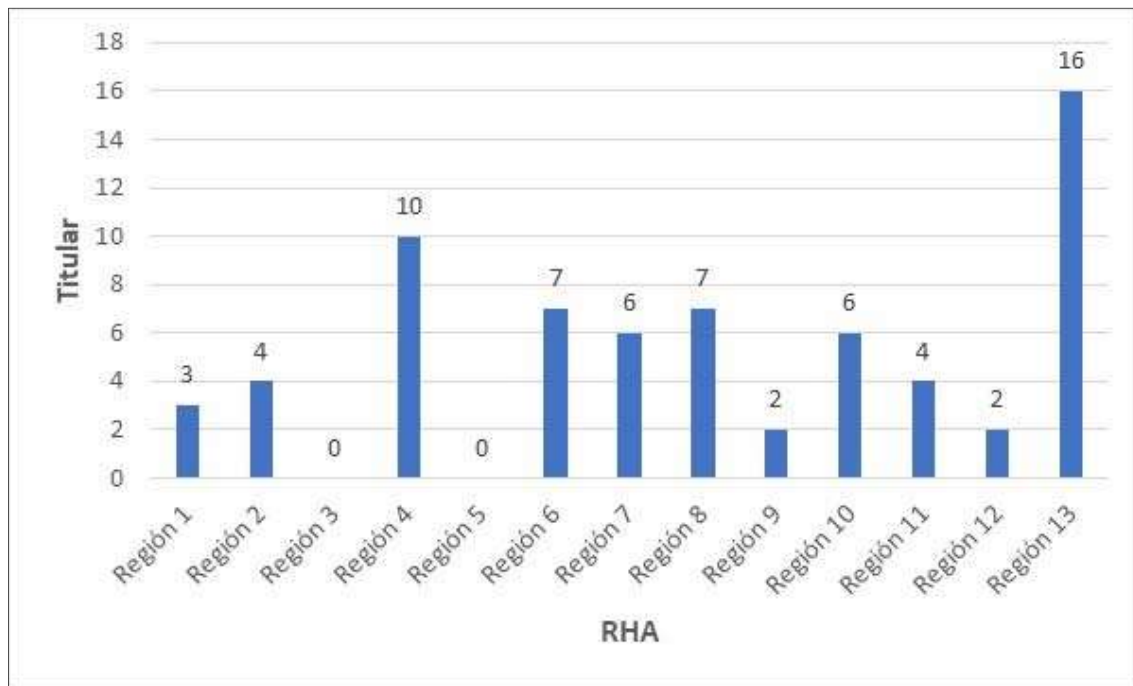
En el cuadro 3.6 y gráfica 3.5 se muestra el total de titulares o razones sociales que tienen uso o aprovechamiento del recurso hídrico, tanto subterráneo como superficial, para cada sector industrial y por RHA. La región 13 representa casi un cuarto del total de titulares, integra 16, es decir, 24% del total. Le sigue la región 4 con el 15% y, posteriormente las regiones 6 y 8, con 11% del total, cada una. Las regiones 9 y 12 presentan los niveles más bajos de titulares, solo el 3% del total, cada una. En las regiones 3 y 5 no se proporcionó información para su análisis. Referente al sector industrial, la minería ocupa el mayor nivel de titulares, con el 26% del total; le sigue el sector de bebidas con el 23% y acero con 17% del total. El sector industrial azucarero muestra el menor número de titulares, solo 2, 3% del total.

Cuadro 3. 6.- Titular por Regiones Hidrológico Administrativas

titular por Región Hidrológico Administrativa (RHA)															
Sector Industrial	Región 1	Región 2	Región 3	Región 4	Región 5	Región 6	Región 7	Región 8	Región 9	Región 10	Región 11	Región 12	Región 13	Total	%
Acero	1			3		2	1						4	11	17%
Alimentos				2				1		1			1	5	8%
Azúcar										1	1			2	3%
Bebidas		2		1		2	1	3		2			4	15	23%
Minería	1	2		3		2	4	1	1	0		2	1	17	26%
Papel						1			1	1			2	5	8%
Química				1				1			3		2	7	11%
Textil								1		1			2	4	6%
ND	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0	0%
Total	3	4	0	10	0	7	6	7	2	6	4	2	16	66	
%	5%	6%	0%	15%	0%	11%	9%	11%	3%	9%	6%	3%	24%		

Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

Gráfica 3. 5. Titular por Regiones Hidrológico Administrativas



Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

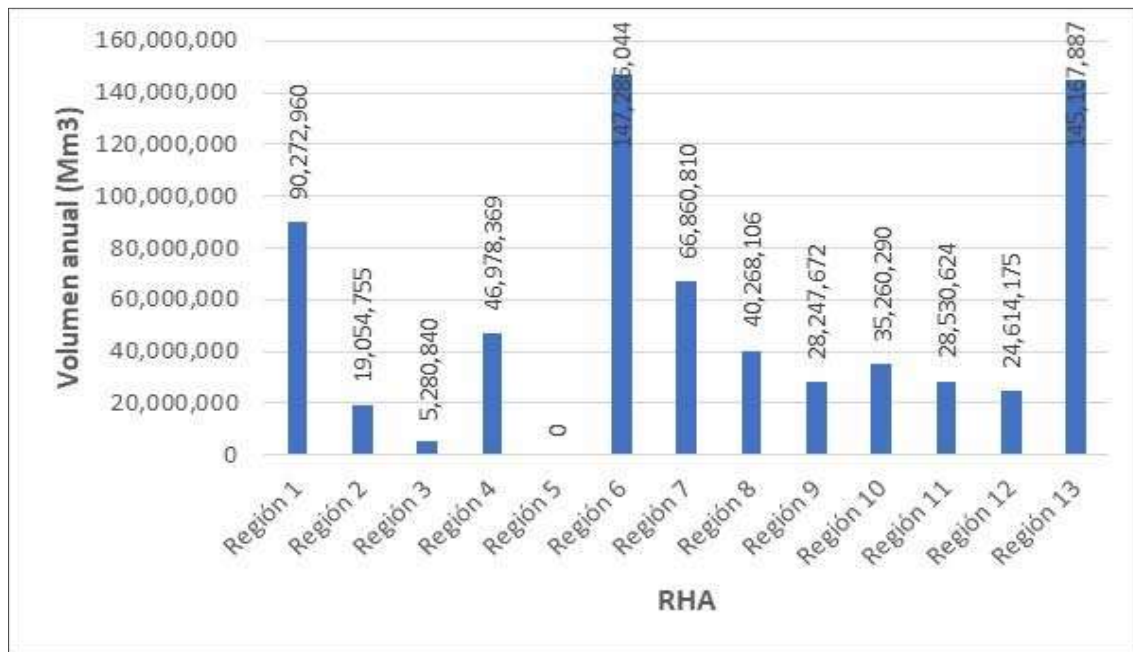
En el cuadro 3.7 y gráfica 3.6 se muestra el volumen anual total de agua aprovechado, tanto para uso subterráneo como superficial, para cada sector industrial y por RHA. La región 6 presenta el mayor volumen anual de agua, 22% del total. La región 13 ocupa el segundo lugar, solo un punto porcentual abajo, con el 21% del volumen anual y, la región 1 ocupa el tercer sitio con el 13% del total. En estas 3 regiones el sector industrial de minería ocupa el primer lugar en cuanto a aprovechamiento del recurso hídrico. La región 3 representa el menor volumen anual de agua de todas las RHA, solo el 1% del total. En la región 5 no se proporcionó información para su análisis. Referente a la industria, la minería es el sector preponderante, representa el 46% del volumen anual de agua, mientras que el sector azucarero no llega al 1%.

Cuadro 3. 7.- Volumen anual (Mm3) por Regiones Hidrológico Administrativas

volumen anual (Mm3) por Región Hidrológico Administrativa (RHA)															
Sector Industrial	Región 1	Región 2	Región 3	Región 4	Región 5	Región 6	Región 7	Región 8	Región 9	Región 10	Región 11	Región 12	Región 13	Total	%
Acero	931,947			3,909,600		2,816,969	669,000						5,076,656	13,404,172	2%
Alimentos				2,105,725				796,100		1,610,306			932,515	5,444,646	1%
Azúcar										1,244,160	1,581,480			2,825,640	0%
Bebidas		3,083,120		650,000		23,922,720	5,269,526	1,700,000		17,836,440			8,910,090	61,371,896	9%
Minería	88,441,013	3,317,000		17,176,522		54,891,967	39,676,303	26,451,696	3,000,000			10,357,057	67,550,112	310,861,670	46%
Papel						2,208,836			3,500,000	4,880,000			4,337,060	14,925,896	2%
Química				866,922				630,720			2,531,387		40,874,350	44,903,379	7%
Textil								900,000		914,544			2,240,360	4,054,904	1%
ND	900,000	12,654,635	5,280,840	22,269,600	ND	63,445,552	21,245,981	9,789,590	21,747,672	8,774,840	24,417,757	14,257,118	15,246,744	220,030,329	32%
Total	90,272,960	19,054,755	5,280,840	46,978,369	0	147,286,044	66,860,810	40,268,106	28,247,672	35,260,290	28,530,624	24,614,175	145,167,887	677,822,532	
%	13%	3%	1%	7%	0%	22%	10%	6%	4%	5%	4%	4%	21%		

Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

Gráfica 3. 6. Volumen anual (Mm3) por Regiones Hidrológico Administrativas



Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

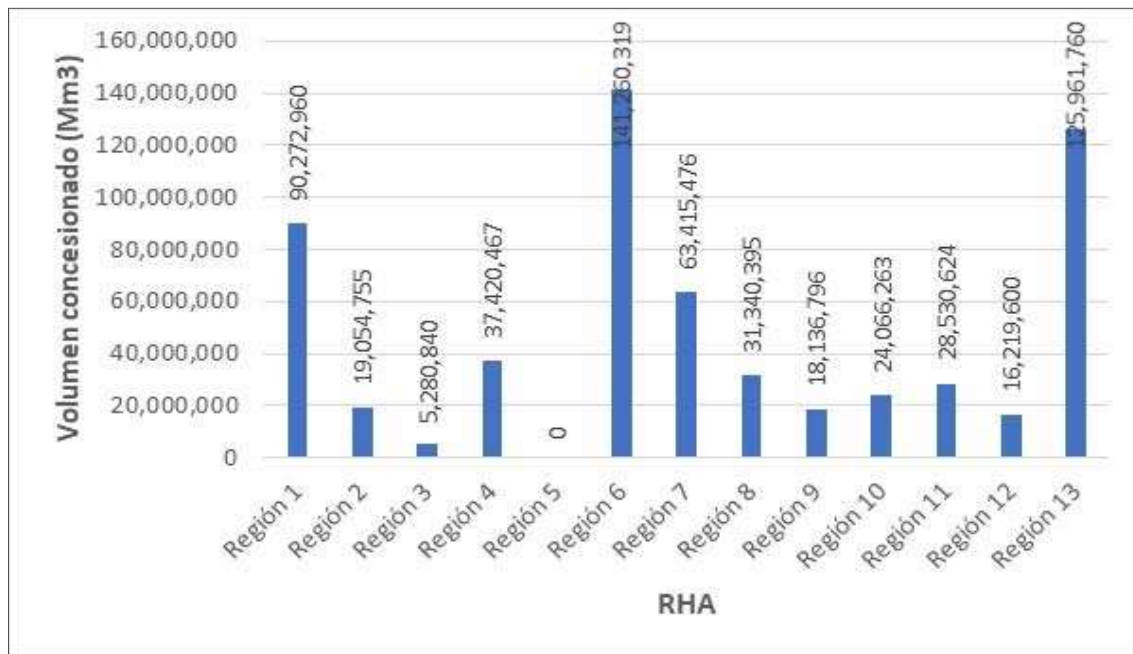
En el cuadro 3.8 y gráfica 3.7 se muestra el volumen concesionado total de agua, tanto para uso subterráneo como superficial, para cada sector industrial y por RHA. La región 6 es la región con el mayor volumen concesionado de agua, 24% del total. La región 13 ocupa el segundo lugar, con el 21% del volumen concesionado y, la región 1 ocupa el tercer sitio con el 15% del total. En estas 3 regiones el sector industrial de minería ocupa el primer lugar en cuanto a aprovechamiento del recurso hídrico. La región 3 representa el menor volumen concesionado de agua de todas las RHA, solo el 1% del total. En la región 5 no se proporcionó información para su análisis. Referente a la industria, la minería es el sector preponderante, representa el 44% del volumen concesionado total de agua, mientras que el sector azucarero no llega al 1%.

Cuadro 3. 8.- Volumen concesionado (Mm3) por Regiones Hidrológico Administrativas

volumen concesionado (Mm3) por Región Hidrológico Administrativa (RHA)															
Sector Industrial	Región 1	Región 2	Región 3	Región 4	Región 5	Región 6	Región 7	Región 8	Región 9	Región 10	Región 11	Región 12	Región 13	Total	%
Acero	931,947			3,909,600		2,816,969	669,000						5,591,656	13,919,172	2%
Alimentos				2,105,725				664,200		1,288,245			932,515	4,990,685	1%
Azúcar										1,244,160	1,581,480			2,825,640	0%
Bebidas		3,083,120		650,000		23,922,720	5,269,526	1,357,180		11,070,317			8,910,090	54,262,953	9%
Minería	88,441,013	3,317,000		14,638,000		45,664,436	37,489,983	20,551,060	2,711,285			7,782,713	46,817,479	267,412,969	44%
Papel						2,208,836			1,607,840	1,512,000			4,337,060	9,665,736	2%
Química				866,922				630,720			2,531,387		41,885,856	45,914,885	8%
Textil								900,000		736,702			2,240,360	3,877,062	1%
ND	900,000	12,654,635	5,280,840	15,250,220	ND	66,647,358	19,986,967	7,237,235	13,817,671	8,214,840	24,417,757	8,436,887	15,246,744	198,091,153	33%
Total	90,272,960	19,054,755	5,280,840	37,420,467	0	141,260,319	63,415,476	31,340,395	18,136,796	24,066,263	28,530,624	16,219,600	125,961,760	600,960,254	
%	15%	3%	1%	6%	0%	24%	11%	5%	3%	4%	5%	3%	21%		

Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

Gráfica 3. 7. Volumen concesionado (Mm3) por Regiones Hidrológico Administrativas



Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

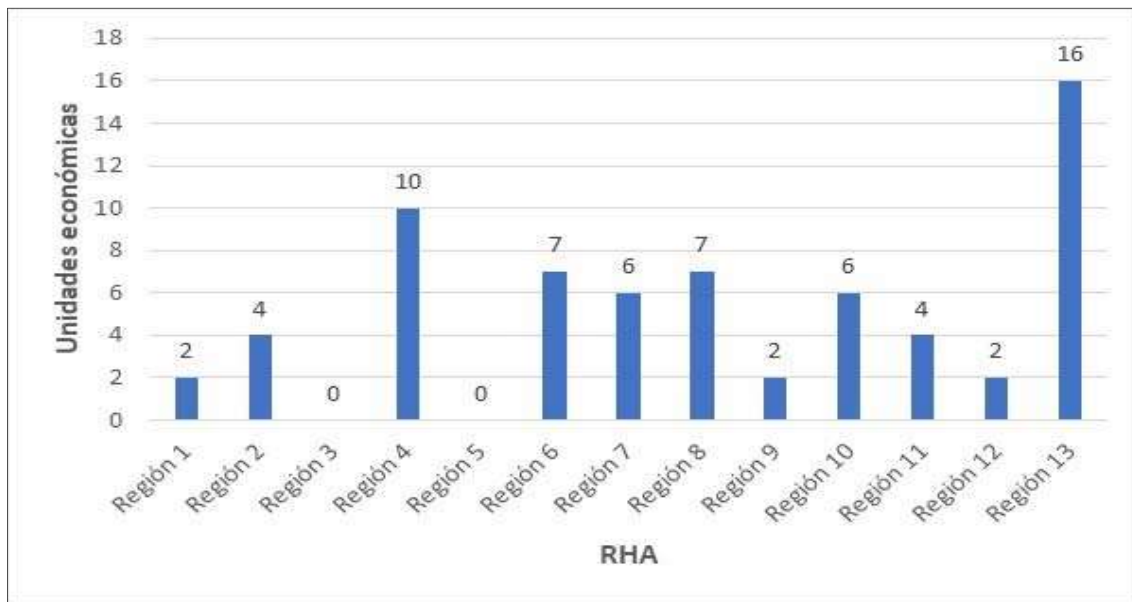
En el cuadro 3.9 y gráfica 3.8 se muestra el total de unidades económicas, que tienen uso o aprovechamiento del recurso hídrico, tanto para uso subterráneo como superficial, para cada sector industrial y por RHA. La región 13 representa casi un cuarto del total de unidades económicas, integra 16, es decir, 24% del total. Le sigue la región 4 con el 15% y, posteriormente las regiones 6 y 8, con 11% del total, cada una. Las regiones 1, 9 y 12 presentan los niveles más bajos de unidades, solo el 3% del total, cada una. En las regiones 3 y 5 no se proporcionó información para su análisis. Referente al sector industrial, la minería ocupa el mayor número de unidades, con el 26% del total; le sigue el sector de bebidas con el 23% y acero con 17% del total. El sector industrial azucarero muestra el menor número de unidades, solo 2, 3% del total.

Cuadro 3. 9.- Unidades económicas por Regiones Hidrológico Administrativas

unidades económicas por Región Hidrológico Administrativa (RHA)															
Sector Industrial	Región 1	Región 2	Región 3	Región 4	Región 5	Región 6	Región 7	Región 8	Región 9	Región 10	Región 11	Región 12	Región 13	Total	%
Acero	1			3		2	1						4	11	17%
Alimentos				2				1		1			1	5	8%
Azúcar										1	1			2	3%
Bebidas		2		1		2	1	3		2			4	15	23%
Minería	1	2		3		2	4	1	1			2	1	17	26%
Papel						1			1	1			2	5	8%
Química				1				1			3		2	7	11%
Textil								1		1			2	4	6%
ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0	0%
Total	2	4	0	10	0	7	6	7	2	6	4	2	16	66	
%	3%	6%	0%	15%	0%	11%	9%	11%	3%	9%	6%	3%	24%		

Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

Gráfica 3. 8. Unidades económicas por Regiones Hidrológico Administrativas



Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

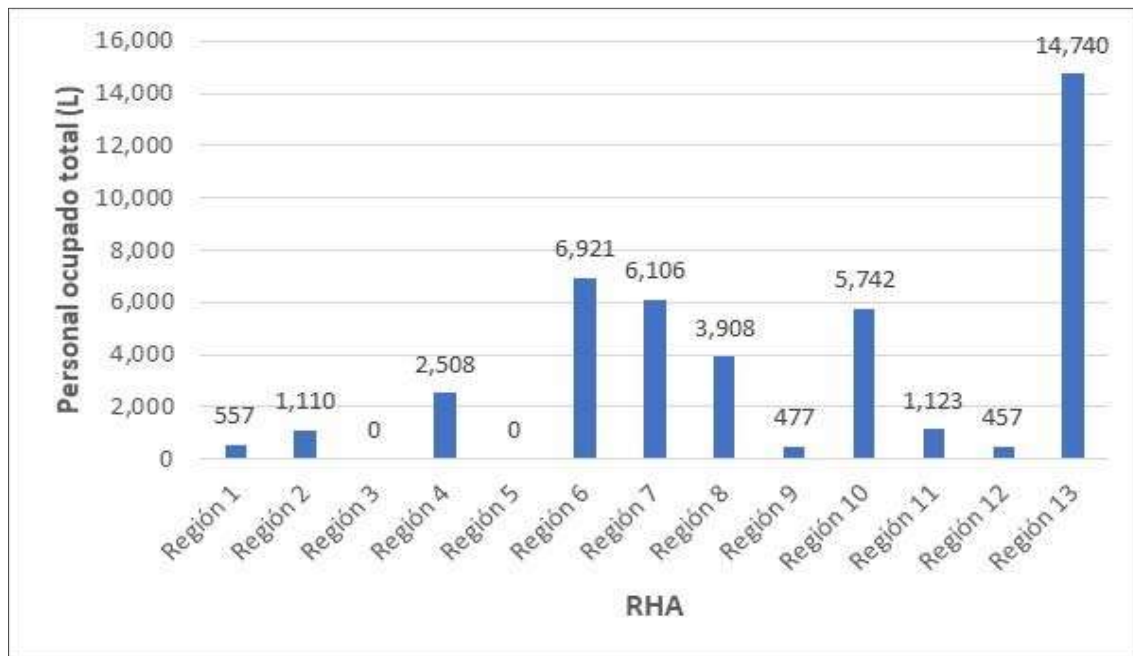
En el cuadro 3.10 y gráfica 3.9 se muestran el total de personal ocupado, para cada sector industrial y por RHA. La región 13, prácticamente representa un tercio del total de personal ocupado en las 13 RHA, con el 34%. La región 6 le procede en segundo lugar con el 16% del total de ocupaciones y, la región 7 en tercer lugar, con el 14%. Las regiones 1, 9 y 12, solo representan el 1% del total de ocupaciones, cada una. Para las regiones 3 y 5 no fue posible realizar su análisis debido al faltante de datos. En términos de sector industrial, el sector de bebidas representa el mayor concentrador de personal ocupado total, con el 39%, mientras que los sectores de textil y azúcar solo abarcan el 3%, cada uno.

Cuadro 3. 10.- Personal ocupado total (L) por Regiones Hidrológico Administrativas

personal ocupado total (L) por Región Hidrológico Administrativa (RHA)															
Sector Industrial	Región 1	Región 2	Región 3	Región 4	Región 5	Región 6	Región 7	Región 8	Región 9	Región 10	Región 11	Región 12	Región 13	Total	%
Acero	405			885		1,860	68						911	4,129	9%
Alimentos				123				124		857			446	1,550	4%
Azúcar										631	647			1,278	3%
Bebidas		752		517		1,245	2,993	3,163		3,067			5,350	17,087	39%
Minería	152	358		983		2,868	3,045	40	61			457	474	8,438	19%
Papel						948			416	617			3,643	5,624	13%
Química								581				476	3,090	4,147	10%
Textil										570			826	1,396	3%
ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0	0%
Total	557	1,110	0	2,508	0	6,921	6,106	3,908	477	5,742	1,123	457	14,740	43,649	
%	1%	3%	0%	6%	0%	16%	14%	9%	1%	13%	3%	1%	34%		

Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

Gráfica 3. 9. Personal ocupado total (L) por Regiones Hidrológico Administrativas



Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

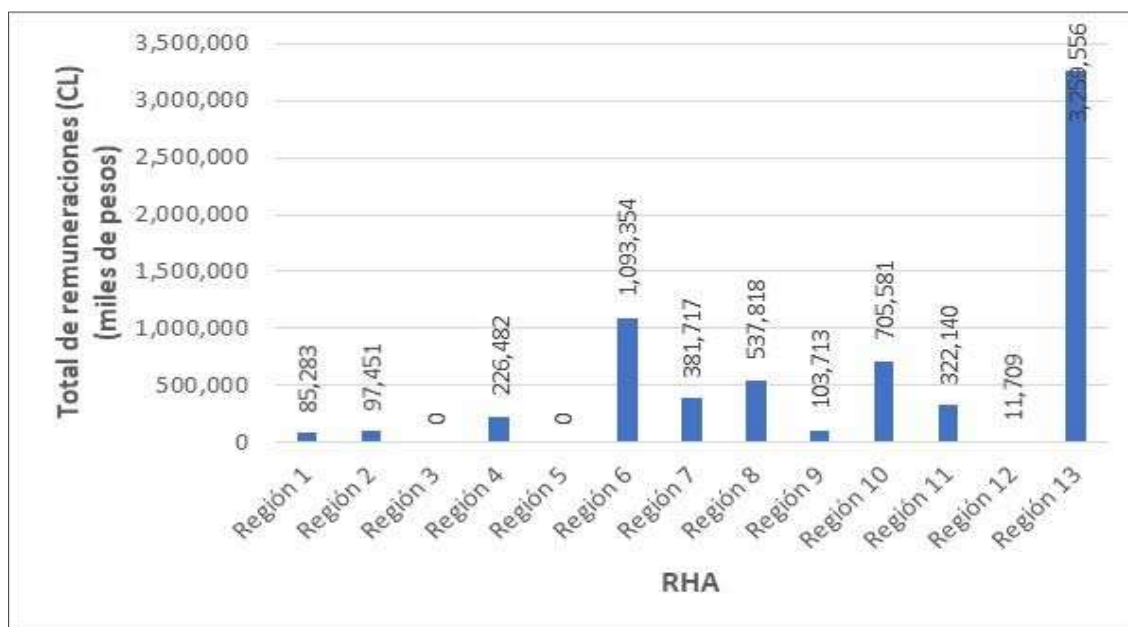
En el cuadro 3.11 y gráfica 3.10 se muestra el total de remuneraciones, para cada sector industrial y por RHA. La región 13 abarca casi la mitad del total de remuneraciones de las 13 RHA con el 48%. Posterior a esta región, se ubica la región 6 con 16% del total y, en tercer lugar, la región 10, con el 10% del total de remuneraciones. Las regiones 1 y 2 solo abarcan el 1% del total, cada una, mientras que la región 12 no alcanza el 1%. Las regiones 3 y 5 no presentaron información para su análisis. Por su parte, el sector bebidas integra el 38% del total de remuneraciones, seguido por el de química, 22% y, minería con el 13%. El sector textil solo representa el 1% del total de remuneraciones.

Cuadro 3. 11.- Total de remuneraciones (CL) (miles de pesos) por Regiones Hidrológico Administrativas

total de remuneraciones (CL) (miles de pesos) por Región Hidrológico Administrativa (RHA)															
Sector Industrial	Región 1	Región 2	Región 3	Región 4	Región 5	Región 6	Región 7	Región 8	Región 9	Región 10	Región 11	Región 12	Región 13	Total	%
Acero	82,512			114,796		395,737	1,539						76,977	671,561	10%
Alimento				444									123,852	124,296	2%
Azúcar										92,539	129,569			222,108	3%
Bebidas		97,185				134,992		407,730		603,398			1,316,822	2,560,127	38%
Minería	2,771	266		111,242		400,031	380,178	2,014	329			11,709	11,920	920,460	13%
Papel						162,594				103,384			469,037	735,015	11%
Química								128,074			192,571		1,210,322	1,530,967	22%
Textil										9,644			50,626	60,270	1%
ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0	0%
Total	85,283	97,451	0	226,482	0	1,093,354	381,717	537,818	103,713	705,581	322,140	11,709	3,259,556	6,824,804	
%	1%	1%	0%	3%	0%	16%	6%	8%	2%	10%	5%	0%	48%		

Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

Gráfica 3. 10. Total de remuneraciones (CL) (miles de pesos) por Regiones Hidrológico Administrativas



Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

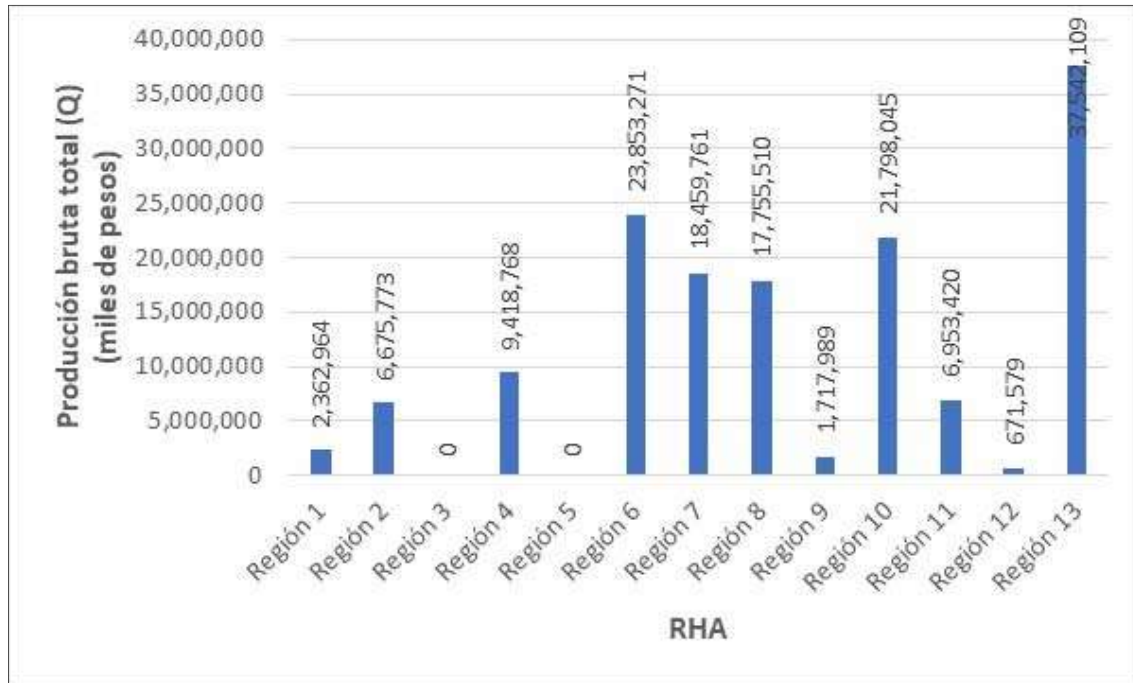
En el cuadro 3.12 y gráfica 3.11 se muestra la producción bruta total, para cada sector industrial y por RHA. La región 13 es la región de mayor producción, abarca el 26% del total producido. En segundo lugar, se ubica la región 6, con el 16% del total y, posteriormente, la región 10, con el 15% de la producción. La región 3 y 5 no arrojaron información para su análisis. La región 9 solo representa el 1% del total producido y, la región 12 no alcanza el 1% producido. Bebidas es el sector de mayor producción, con el 55% del total y, muy por debajo, en segundo lugar, química con 12%. El sector azucarero solo alcanza el 1% y el textil menos del 1% con respecto al total.

Cuadro 3. 12.- Producción bruta total (Q) (miles de pesos) por Regiones Hidrológico Administrativas

producción bruta total (Q) (miles de pesos) por Región Hidrológico Administrativa (RHA)															
Sector Industrial	Región 1	Región 2	Región 3	Región 4	Región 5	Región 6	Región 7	Región 8	Región 9	Región 10	Región 11	Región 12	Región 13	Total	%
Acero	2,331,902			5,367,091		7,004,161	72,861						562,452	15,338,467	10%
Alimento				212,085				154,154		4,416,723			2,338,558	7,121,520	5%
Azúcar										1,013,122	593,118			1,606,240	1%
Bebidas		4,770,984		2,923,297		7,105,034	14,967,917	14,987,870		15,013,995			21,010,200	80,779,297	55%
Minería	31,062	1,904,789		916,295		4,992,128	3,418,983	5,697	2,695			671,579	66,509	12,009,737	8%
Papel						4,751,948			1,715,294	1,280,649			4,474,066	12,221,957	8%
Química								2,607,789			6,360,302		8,567,511	17,535,602	12%
Textil										73,556			522,813	596,369	0%
ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0	0%
Total	2,362,964	6,675,773	0	9,418,768	0	23,853,271	18,459,761	17,755,510	1,717,989	21,798,045	6,953,420	671,579	37,542,109	147,209,189	
%	2%	5%	0%	6%	0%	16%	13%	12%	1%	15%	5%	0%	26%		

Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

Gráfica 3. 11. Producción bruta total (Q) (miles de pesos) por Regiones Hidrológico Administrativas



Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

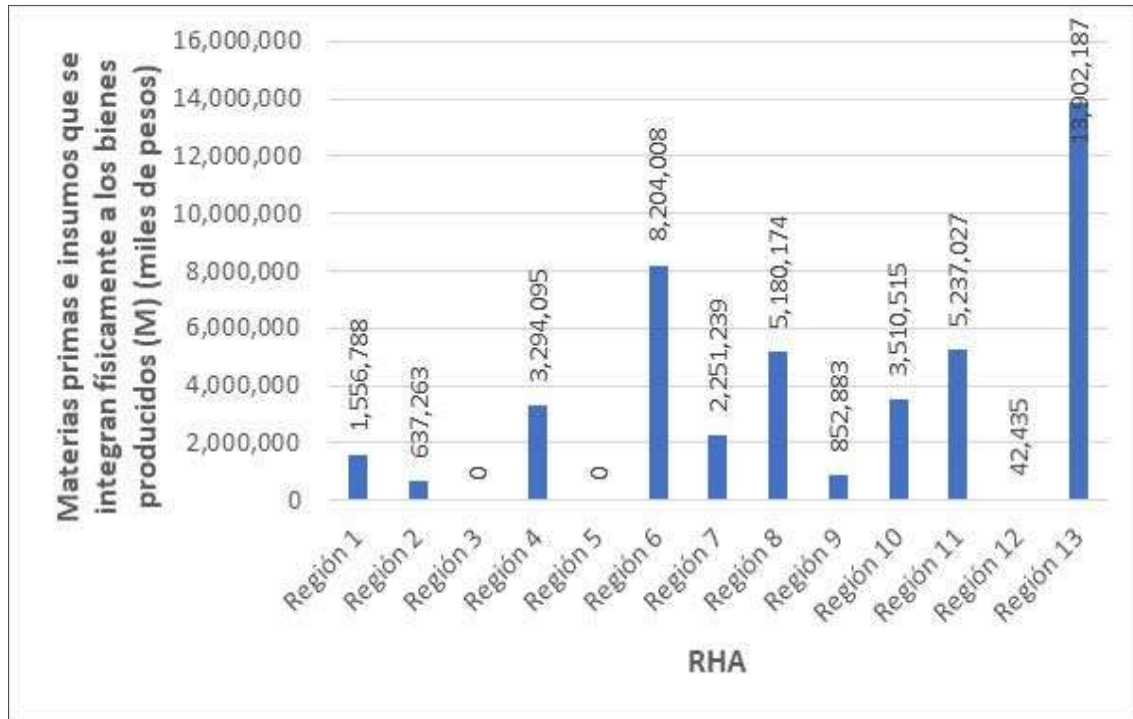
En el cuadro 3.13 y gráfica 3.12 se muestran las materias primas e insumos, para cada sector industrial y por RHA. La región 13 comprende el 31% del total de materias primas e insumos utilizados en la producción. La región 6 se sitúa en el segundo lugar con el 18% del total y las regiones 8 y 11 en tercero, con el 12%, cada una. En las regiones 3 y 5 no fue posible realiza el análisis ya que no se proporcionó información. La región 2 solo abarca el 1% de los insumos totales, mientras que la región 12 no alcanza el 1% del total. El sector de bebidas es el preponderante en utilización de insumos, pues abarca el 36% del total, por su parte, el sector textil solo representa el 1%.

Cuadro 3. 13.- Materias primas e insumos que se integran físicamente a los bienes producidos (M) (miles de pesos) por Regiones Hidrológico Administrativas

materias primas e insumos que se integran físicamente a los bienes producidos (M) (miles de pesos) por Región Hidrológico Administrativa (RHA)															
Sector Industrial	Región 1	Región 2	Región 3	Región 4	Región 5	Región 6	Región 7	Región 8	Región 9	Región 10	Región 11	Región 12	Región 13	Total	%
Acero	1,556,468			2,249,928		4,824,518	31,297						235,867	8,898,078	20%
Alimentos				176,912				98,392		637,184			1,169,279	2,081,767	5%
Azúcar										635,885	358,916			994,801	2%
Bebidas		621,385		804,630		851,747	1,513,015	4,562,896		1,745,708			5,863,642	15,963,023	36%
Minería	320	15,878		62,625		850,890	706,927	112	151			42,435	196	1,679,534	4%
Papel						1,676,853			852,732	485,725			2,268,583	5,283,893	12%
Química								518,774			4,878,111		4,105,269	9,502,154	21%
Textil										6,013			259,351	265,364	1%
ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0	0%
Total	1,556,788	637,263	0	3,294,095	0	8,204,008	2,251,239	5,180,174	852,883	3,510,515	5,237,027	42,435	13,902,187	44,668,614	
%	3%	1%	0%	7%	0%	18%	5%	12%	2%	8%	12%	0%	31%		

Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

Gráfica 3. 12. Materias primas e insumos que se integran físicamente a los bienes producidos (M) (miles de pesos) por Regiones Hidrológico Administrativas



Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

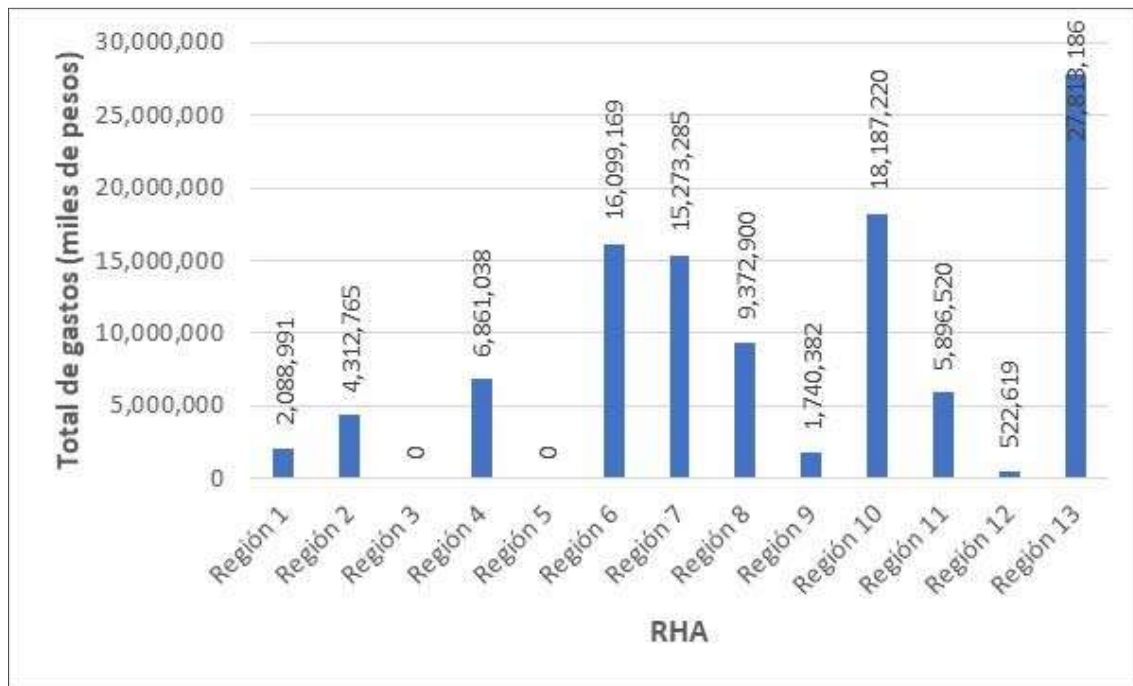
En el cuadro 3.14 y gráfica 3.13 se muestra el total de gastos, para cada sector industrial y por RHA. La región 13 representa la mayor región en términos de gastos, equivale al 26% del total. La región 10 se ubica en el segundo lugar con el 17% del total de gastos y la región 6 en tercero con el 15%. Las regiones 3 y 5 no proporcionaron información para su análisis. Las regiones 1 y 9 solo comprendieron el 2% del total, cada una, mientras que la región 12 no alcanzó el 1%. El sector industrial de bebidas representa el 55% del total de gastos, le sigue el de química con el 12% y el acero con el 11% del total. Por su parte, el sector textil no alcanza el 1% del total de gastos.

Cuadro 3. 14.- Total de gastos (miles de pesos) por Regiones Hidrológico Administrativas

total de gastos (miles de pesos) por Región Hidrológico Administrativa (RHA)															
Sector Industrial	Región 1	Región 2	Región 3	Región 4	Región 5	Región 6	Región 7	Región 8	Región 9	Región 10	Región 11	Región 12	Región 13	Total	%
Acero	2,072,942			4,644,633		5,168,811	42,751						468,738	12,397,875	11%
Alimento				206,896				151,190		3,375,142			1,463,835	5,197,063	5%
Azúcar										804,867	439,740			1,244,607	1%
Bebidas		3,971,135		1,758,189		5,186,541	12,046,027	7,786,943		12,797,644			16,399,647	59,946,126	55%
Minería	16,049	341,630		251,320		2,835,906	3,184,507	1,684	848			522,619	35,386	7,189,949	7%
Papel						2,907,911				1,739,534	1,184,823		3,235,385	9,067,653	8%
Química								1,433,083				5,456,780	5,848,115	12,737,978	12%
Textil										24,744			362,080	386,824	0%
ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0	0%
Total	2,088,991	4,312,765	0	6,861,038	0	16,099,169	15,273,285	9,372,900	1,740,382	18,187,220	5,896,520	522,619	27,813,186	108,168,075	
%	2%	4%	0%	6%	0%	15%	14%	9%	2%	17%	5%	0%	26%		

Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

Gráfica 3. 13. Total de gastos (miles de pesos) por Regiones Hidrológico Administrativas



Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

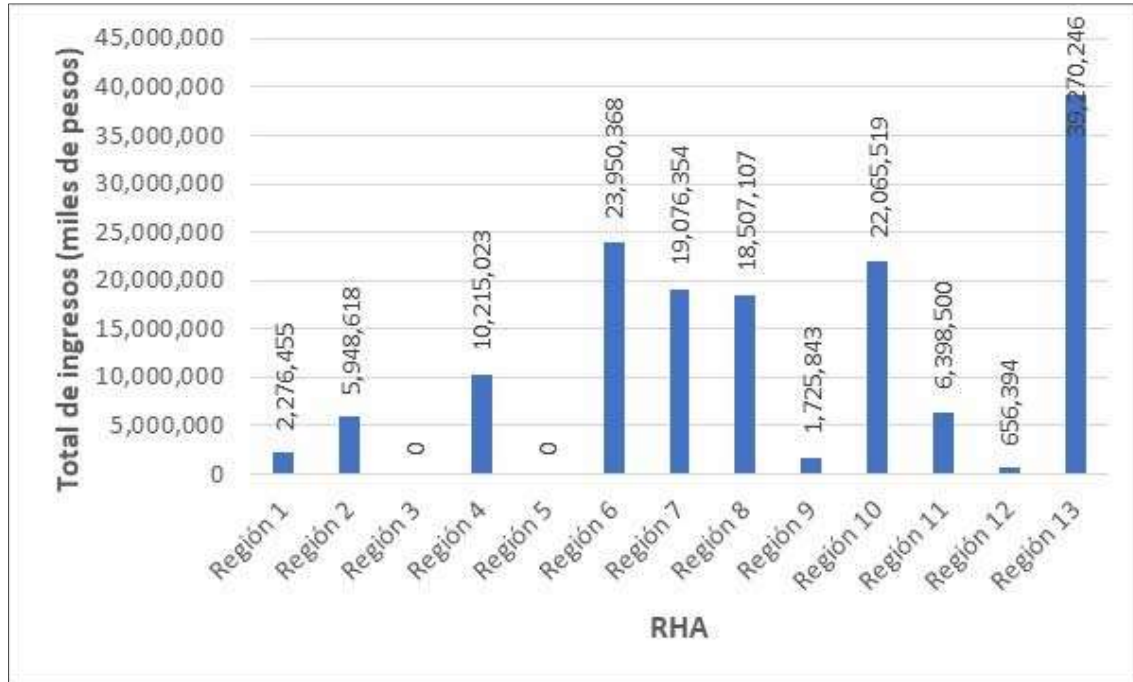
En el cuadro 3.15 y gráfica 3.14 se muestra el total de ingresos, para cada sector industrial y por RHA. La región 13 representa la mayor región en términos de ingreso, equivale al 26% del total. La región 6 se ubica en el segundo lugar con el 16% del total de ingresos y la región 10 en tercero con el 15%. Las regiones 3 y 5 no proporcionaron información para su análisis. Las regiones 1 y 9 solo comprendieron el 2 y el 1% del total, respectivamente, mientras que la región 12 no alcanzó el 1%. El sector industrial de bebidas representa el 55% del total de ingresos, le sigue el de química con el 12% y el acero con el 11% del total. Por su parte, el sector textil no alcanza el 1% del total de ingresos.

Cuadro 3. 15.- Total de ingresos (miles de pesos) por Regiones Hidrológico Administrativas

total de ingresos (miles de pesos) por Región Hidrológico Administrativa (RHA)															
Sector Industrial	Región 1	Región 2	Región 3	Región 4	Región 5	Región 6	Región 7	Región 8	Región 9	Región 10	Región 11	Región 12	Región 13	Total	%
Acero	2,245,393			6,187,153		7,005,401	78,202						585,171	16,101,320	11%
Alimento				211,278				155,387		4,412,535			2,297,466	7,076,666	5%
Azúcar										1,059,597	580,577			1,640,174	1%
Bebidas		4,765,559		2,913,241		7,147,599	14,968,555	15,299,489		15,216,536			22,738,510	83,049,489	55%
Minería	31,062	1,183,059		903,351		4,998,665	4,029,597	4,436	2,529			656,394	66,347	11,875,440	8%
Papel						4,798,703				1,723,314	1,303,271		4,608,929	12,434,217	8%
Química								3,047,795				5,817,923	8,441,637	17,307,355	12%
Textil										73,580			532,186	605,766	0%
ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0	0%
Total	2,276,455	5,948,618	0	10,215,023	0	23,950,368	19,076,354	18,507,107	1,725,843	22,065,519	6,398,500	656,394	39,270,246	150,090,427	
%	2%	4%	0%	7%	0%	16%	13%	12%	1%	15%	4%	0%	26%		

Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

Gráfica 3. 14. Total de ingresos (miles de pesos) por Regiones Hidrológico Administrativas



Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

Con base en los resultados obtenidos en los cuadros y gráficas anteriores, se puede apreciar que del total de las 13 RHA, algunas regiones presentan mayor relevancia con respecto a las variables analizadas. Por ejemplo, la RHA VI. Rio Bravo y la RHA XIII. Aguas del Valle de México, prácticamente en todas las variables son las regiones con mayor relevancia, seguidas de otras RHA como la VIII. Lerma-Santiago-Pacífico. El comportamiento de las principales RHA puede ser causado por factores tanto económicos como sociales, es decir, son regiones que presentan mayor dinámica e intercambio comercial, por ende, la demanda de factores e insumos para los procesos de producción son mayores que otras regiones. De igual manera, son regiones con altas presiones demográficas, las cuales demandan mayores bienes y servicios. No obstante, también son las regiones que presentan los mayores grados de presión sobre los recursos hídricos.

CAPÍTULO IV. ANTECEDENTES Y REFERENCIAS SOBRE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LA HUELLA HÍDRICA

En este cuarto apartado se presenta la evidencia empírica y algunas referencias sobre la aplicación, orígenes y conceptos de la Metodología de la Huella Hídrica. Para ello, el capítulo se divide en 4 secciones. La primera sección hace referencia sobre algunos contextos y experiencias regionales sobre la aplicación de esta metodología. En la segunda sección se describen algunos conceptos y términos relacionados con la Huella Hídrica, así como sus orígenes. En la tercera sección se explican los procedimientos de esta metodología, así como sus respectivas áreas de aplicación. Finalmente, en la cuarta sección se realiza un análisis sobre la situación y aplicación de la Huella Hídrica en México, sus alcances y limitaciones.

4.1. Algunos contextos internacionales

El agua es un recurso vital para la humanidad, pues está presente en todas sus actividades sociales, económicas y ambientales. De tal forma que es un requisito inherente para la existencia de la vida en nuestro planeta Tierra. Así, el agua cumple diversas funciones como factor estratégico para la cooperación, el desarrollo y el bienestar, pero también puede actuar como un detonante clave en la creación y desarrollo de conflictos de diverso tipo.

En el contexto actual, Naciones Unidas estima que aproximadamente el 20% de la población mundial vive o se encuentra en áreas con escasez física de agua. En este mismo sentido, se cree que para el año 2025, casi 2,000 millones de personas vivirán en zonas con absoluta escasez del vital líquido. Por tanto, con el incremento poblacional, los constantes cambios en los patrones de demanda y consumo, así como las presiones

inherentes ejercidas por el cambio climático, se prevé que el número de conflictos sociales en torno al agua se incrementarán exponencialmente.

Contrario a los argumentos de predicción de la teoría económica, acerca de la eficiencia de los recursos, en un contexto de escasez de los mismos, se supondría que la utilización de los recursos hídricos debiera ser eficiente y eficaz, pero no es así, el agua constantemente se aprovecha de manera ineficiente, aun cuando este recurso continúa presentando signos de escases y disponibilidad. ¿Por qué? Quizá la respuesta la podamos encontrar en las políticas del sector agua, en el enfoque en el cual se sostienen y en el marco dentro del cual se formulan y se implementan. Para lograr los objetivos de mejora de la calidad del agua y la protección de los recursos hídricos, los individuos y las organizaciones deben cumplir y actuar en el interés colectivo. Las intenciones políticas, o los objetivos de gestión del agua, se deben traducir en leyes y reglamentos, con responsabilidades asignadas a diferentes actores. Los resultados de las políticas dependen en gran medida de la forma en que se aplican esas responsabilidades, en todos los niveles, teniendo en cuenta los costos (UN-Water, 2017).

El concepto Huella Hídrica, análogo al de Huella Ecológica, fue introducido al mundo académico en 2002 por Arjen Hoekstra y P. Hung. Se basa en la idea de “Agua Virtual” desarrollada por Tony Allan en 1998, al estudiar la posibilidad de importarla como solución parcial a los problemas de escasez en los países del Medio Oriente.

En el período 1996-2005, América Latina presentó grandes contrastes. Países como Argentina y Brasil fueron los grandes exportadores de Agua Virtual de la región, ocupando el segundo y quinto lugar en el mundo, respectivamente. Por otro lado, México fue el principal importador de Agua Virtual de la región, ocupando el segundo lugar en el mundo, superado únicamente por Japón. Su dependencia hídrica del exterior fue de 42.5%, cuando el promedio mundial fue de 21.7%. Aunque ciertamente el comercio de Agua Virtual constituye para México un *ahorro* de agua, que le permite preservar de mejor manera sus escasos recursos hídricos, esto es a costa de una menor soberanía alimentaria. Otros países de la región que tienen una dependencia hídrica superior al promedio global son Chile, Costa Rica, El Salvador, Panamá, Perú, República Dominicana y Venezuela.

Es importante que todos estos países estudien con detalle la relación entre sus recursos hídricos, sus políticas y su comercio. En cuanto a la Huella Hídrica del consumo nacional, la región concentró durante el periodo 1996-2005, el 10.5% de la Huella Hídrica global con el 8.2% de la población mundial. El volumen de la correspondiente a Brasil y a México equivalió al 6.5% de la Huella Hídrica global. Por lo que respecta a la Huella Hídrica del consumo nacional per cápita, la Huella Hídrica de la región fue 29% superior a la global. El principal reto para reducirla será cambiar hábitos de consumo, tanto de agua como de bienes y productos en general y establecer mejores prácticas y tecnologías que permitan un uso más eficiente de agua, especialmente en Bolivia, Uruguay, Brasil, Ecuador, México y Paraguay (Vázquez del Mercado & Buenfil, 2012). En México, la aplicación metodológica de la Huella Hídrica, es aún muy escasa, sobre todo para fines de gestión y planeación sustentable de los recursos hídricos. Si bien, se han encontrado algunas referencias de estudios sobre el sector agropecuario, su aplicación en el sector industrial mexicano es prácticamente nulo. Guerrero (2005) nos muestra un precedente de análisis sobre los 8 sectores mexicanos más representativos de la actividad industrial (acero, alimentos, azúcar, bebidas, papel, química, textil y minería) en términos de demanda y aprovechamiento de los recursos hídricos en sus procesos de producción. La autora realizó un análisis econométrico para determinar el nivel de eficiencia en la demanda del agua industrial con fines de gestión y planeación sustentable, como elementos para la aplicación de políticas públicas eficientes en materia hídrica.

Con objeto de visualizar con mayor claridad la Huella Hídrica de los países de América Latina, Vázquez del Mercado & Buenfil (2012), realizaron un análisis comparativo simple de los flujos de Agua Virtual y de la Huella Hídrica del consumo nacional (total y *per cápita*), de estos países (ver cuadro 4.1), empleando datos extraídos de estudios recientes de la WFN. A su vez, dichos estudios se basan en las estadísticas de Suministro y Utilización de Alimentos, para el período 1996-2005, publicadas por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAOSTAT), en datos del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y en datos del Centro para la Red Internacional de Información de Ciencias de la Tierra (CIESIN). La metodología empleada fue la establecida en el estándar global para la evaluación de la Huella Hídrica.

Cuadro 4. 1. Huella Hídrica del consumo nacional en América Latina 1996-2005

Huella hídrica del consumo nacional 1996-2005																
País	Huella hídrica interna (Mm ³)				Huella hídrica externa (Mm ³)				Huella hídrica total (Mm ³)				% Externa / Total	Per cápita		% Pob mundial
	Verde	Azul	Gris	Total	Verde	Azul	Gris	Total	Verde	Azul	Gris	TOTAL		Mm ³ /año /hab	Millones de habitantes	
Argentina	47,746	3,865	5,662	57,273	1,298	207	768	2,273	49,044	4,072	6,430	59,546	3.8	1,607	37,060	0.6
Bolivia	25,764	399	245	26,408	2,489	128	136	2,753	28,253	527	381	29,161	9.4	3,468	6,409	0.1
Brasil	288,345	10,120	24,109	322,574	27,981	2,222	2,597	32,799	316,326	12,342	26,706	355,374	9.2	2,027	175,308	2.8
Chile	6,994	2,336	2,580	11,910	5,071	310	597	5,978	12,065	2,646	3,177	17,888	33.4	1,155	15,492	0.3
Colombia	35,863	1,923	6,366	44,151	9,101	749	1,122	10,972	44,964	2,671	7,488	55,123	19.9	1,375	40,094	0.7
Costa Rica	2,726	240	1,098	4,063	1,381	197	265	1,843	4,106	437	1,363	5,906	31.2	1,490	3,963	0.1
Cuba	13,194	1,033	1,991	16,218	1,944	139	411	2,494	15,138	1,172	2,402	18,712	13.3	1,687	11,091	0.2
Ecuador	17,175	1,685	3,028	21,888	2,464	146	322	2,932	19,639	1,831	3,350	24,820	11.8	2,007	12,368	0.2
El Salvador	3,441	81	686	4,208	1,482	222	225	1,929	4,923	303	911	6,138	31.4	1,032	5,945	0.1
Guatemala	8,137	172	785	9,093	1,553	215	354	2,122	9,689	386	1,139	11,215	18.9	983	11,412	0.2
Honduras	5,754	122	450	6,326	777	176	138	1,091	6,531	299	588	7,417	14.7	1,177	6,299	0.1
México	83,841	10,148	19,492	113,481	65,986	8,833	9,125	83,944	149,827	18,981	28,617	197,425	42.5	1,978	99,810	1.6
Nicaragua	3,498	155	276	3,928	536	103	107	746	4,035	258	382	4,675	16.0	912	5,125	0.1
Panamá	2,226	111	484	2,821	928	103	211	1,242	3,154	214	695	4,063	30.6	1,364	2,979	0.0
Paraguay	9,673	226	360	10,259	141	66	99	306	9,814	292	459	10,565	2.9	1,954	5,407	0.1
Perú	13,142	3,542	2,541	19,225	8,050	422	763	9,235	21,192	3,964	3,304	28,460	32.4	1,088	26,158	0.4
Rep. Dom.	6,590	937	942	8,469	3,263	224	516	4,003	9,853	1,161	1,458	12,472	32.1	1,401	8,901	0.1
Uruguay	5,184	186	233	5,603	1,286	21	142	1,449	6,469	208	376	7,053	20.5	2,133	3,307	0.1
Venezuela	21,551	1,591	4,546	27,688	12,985	569	901	14,454	34,535	2,160	5,447	42,142	34.3	1,710	24,640	0.4
América Latina	600,842	38,871	75,874	715,588	148,714	15,054	18,797	182,566	749,556	53,926	94,671	898,153	20.3	1,783	503,767	8.2
% AL /Total mundial	12.3	5.4	7.2	10.7	11.0	6.9	6.6	9.9	12.0	5.7	7.1	10.5	—	129	8.2	8.2
Total mundial	4,902,626	724,848	1,049,238	6,676,713	1,346,911	218,476	282,954	1,848,351	6,249,537	943,325	1,332,202	8,525,064	21.7	1,385	6,154,564	100.0

Fuente: Vázquez del Mercado & Buenfil, 2012.

4.2. Orígenes y conceptos de la Huella Hídrica

Todos en algún momento hemos consumido una taza de café, ese estimulante que llegó de Arabia para animar nuestras conversaciones, mantenernos despiertos una noche antes de un decisivo examen o simplemente para disfrutar de su sabor una tarde con lluvia. Pero lo que tal vez ignoramos es cuánta agua se necesitó para que tengamos enfrente esa bebida, despidiendo su delicioso e inconfundible aroma. Para algo aparentemente tan sencillo como una taza que contenga unos 125 mililitros, se necesitaron 140 litros de agua. Por ejemplo, para producir una sola manzana se emplean 70 litros de agua, poco menos de la mitad de lo necesario para obtener un plátano, que exige 145 litros. Los requerimientos fluctúan mucho, ya que para elaborar una rebanada de queso se usan 50 litros, pero una hamburguesa demanda 2,400, mientras que un bistec de 200 gramos exige 3,100 litros de agua; no obstante, para elaborar una playera se necesitan 4,000 litros de líquido y un par de zapatos 8,000, porque implica todo el ciclo de vida de la planta o del animal utilizados para manufacturar esas prendas. Por lo tanto, cualquier bien requiere de agua (CIC, 2015).

De forma muy simplificada, la Huella Hídrica es un indicador del consumo y contaminación de agua dulce, que contempla las dimensiones directa e indirecta. Su concepto fue introducido por primera vez en el año 2002 por Arjen Hoekstra y desde entonces es difundido por la organización WFN. Es una herramienta que nos permite saber el consumo y la contaminación del agua aplicable a una persona, a un producto, o a un país, entre otros (FFLA, 2013).

El interés por la Huella Hídrica se origina en el reconocimiento de que los impactos humanos en los ecosistemas acuáticos pueden estar relacionados, en última instancia, al consumo humano y que temas como la escasez o contaminación del agua pueden ser mejor entendidos y gestionados considerando la cadena de producción y de distribución en su totalidad.

Tal como señalan Aldaya et al., (2011) el concepto de Huella Hídrica fue introducido con la intención de crear un indicador adecuado para representar geográficamente los impactos del consumo global de agua dulce. El concepto posee una variedad de aplicaciones, por ejemplo, podemos hablar de la Huella Hídrica de un producto, que se refiere a la cantidad de agua consumida directa (operaciones) o indirectamente (cadena de suministro) para producir un producto. Por otra parte, la Huella Hídrica de un individuo se define como la cantidad total de agua dulce requerida para la producción de todos los bienes y servicios consumidos por dicho individuo.

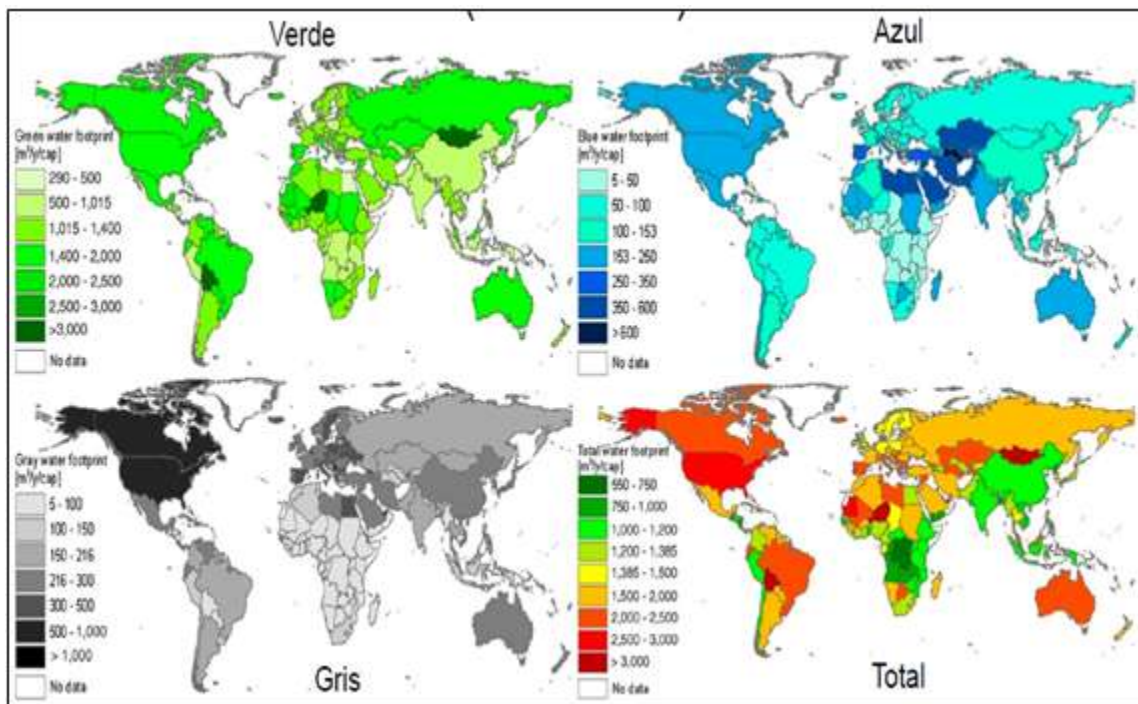
Dentro del análisis de la Huella Hídrica, Vázquez del Mercado & Buenfil (2012: 42) señalan que se debe tener presente la categorización que se hace del recurso hídrico en tres tipos:

1. **Huella Hídrica Azul (HHA).** Es el volumen de agua superficial y subterránea evaporado, incorporado al producto o devuelto a otra cuenca o al mar, como resultado de la producción de un bien o servicio. También incluye el agua extraída de una cuenca y descargada en otra o en el mar. Es la cantidad de agua extraída, superficial o subterránea, que no vuelve a la cuenca de la que fue retirada.
2. **Huella Hídrica Verde (HHV).** Es el volumen de agua de lluvia evaporado o incorporado al producto durante el proceso de producción. Esto es particularmente relevante para los productos agrícolas y forestales (productos a base de cultivos o de madera) y se refiere a la evapotranspiración del agua de lluvia total (de los campos y de las plantaciones), así como al agua incorporada a la cosecha o a la madera.
3. **Huella Hídrica Gris (HHG).** Es un indicador de la contaminación del agua dulce que puede estar asociada con la fabricación de un producto y con su cadena de suministro. Se define como el volumen de agua dulce que se requiere para asimilar la carga de contaminantes hasta llegar a concentraciones que cumplan con normas de calidad de agua. Se calcula como el volumen de agua que se requiere para diluir los contaminantes hasta el punto en que la calidad del agua se mantenga por encima de las normas acordadas de calidad del agua. La Huella Hídrica Gris ha generado mucha polémica debido a que no es un volumen que se

emplee en realidad para diluir la carga contaminante y a que su cálculo se basa en el contaminante más crítico.

Enseguida se muestra la Huella Hídrica del planeta, los países en verde tienen una Huella Hídrica inferior al promedio, mientras que los que se muestran en amarillo y rojo tienen una Huella Hídrica superior al promedio. También se muestra la Huella Hídrica Verde, Azul y Gris en los distintos espacios geográficos del planeta (véase mapa 4.1).

Mapa 4. 1. Consumo nacional per cápita (m³ por año) 1996-2005

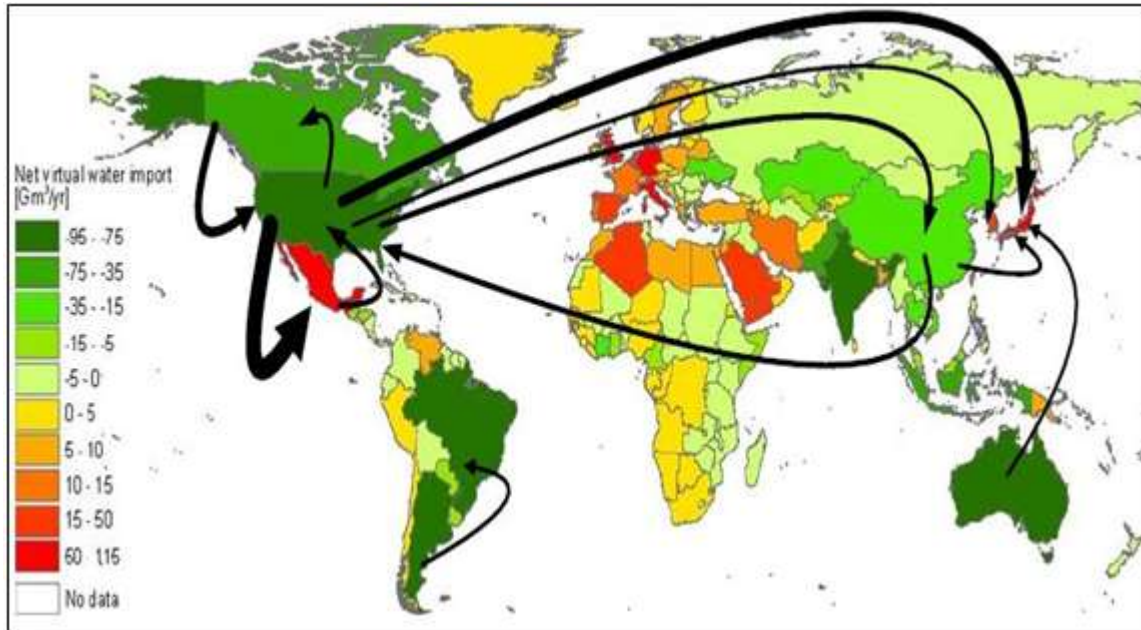


Fuente: Vázquez del Mercado, 2012.

Siguiendo a Aldaya et al., (2011), otro concepto muy relacionado con el de Huella Hídrica es el de Agua Virtual. El Agua Virtual es el volumen total de agua utilizada directa e indirectamente para la elaboración de un producto. El concepto de Agua Virtual fue introducido en la década de los 90 por Tony Allan, cuando estudiaba la posibilidad de importar *agua virtual* como solución parcial a los problemas de escasez de agua en el Medio Oriente. Si una nación exporta o importa tal producto, ésta también exporta o importa agua en forma virtual. Cuando dos regiones geográficas intercambian productos, intercambian también Agua Virtual. En este caso hablamos de flujo o comercio de Agua

Virtual, que se refiere al volumen de Agua Virtual transferido de un área a la otra como resultado del comercio de productos (véase mapa 4.2¹⁴).

Mapa 4. 2. Balances regionales de Agua Virtual por comercio agrícola e industrial 1996-2005



Fuente: Mekonnen & Hoekstra, 2011 en Vázquez del Mercado, 2012.

Si un país exportara un producto que exigiera mucha Agua Virtual para su producción sería equivalente a que estuviera exportando agua, pues de este modo el país importador no necesita utilizar agua nacional para obtener ese producto y podría dedicarla a otros fines. La importación del Agua Virtual está facilitando que los países pobres en recursos hídricos consigan seguridad alimentaria e hidrológica. De este modo pueden destinar sus limitados recursos hídricos a fines más lucrativos, como pueden ser el turismo, la industria, el abastecimiento urbano o bien, la producción de cosechas de alto valor (Llamas, 2005).

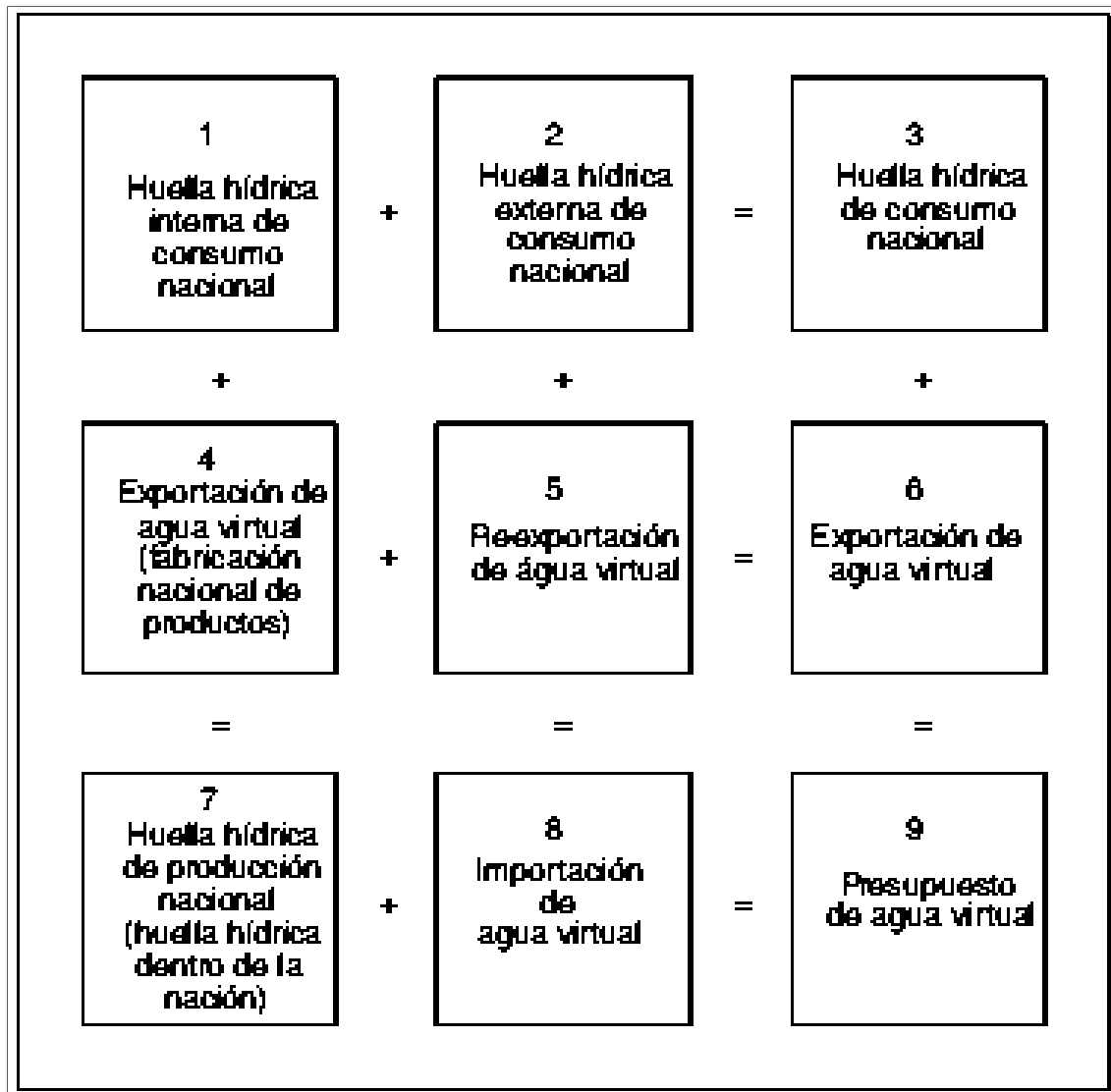
El contenido de Agua Virtual de un producto es equivalente a la Huella Hídrica del mismo. La diferencia consiste en que el primero se refiere exclusivamente al volumen, mientras que el segundo es un indicador espacio-temporal, que además del tipo de agua empleado debe vincularse a un espacio y un tiempo determinados (Aldaya et al., 2011).

¹⁴ Las flechas muestran flujos de comercio de Agua Virtual mayor a 15 Mm³/año.

Vázquez del Mercado & Buenfil (2012: 41) mencionan que “los conceptos de Agua Virtual y de Huella Hídrica, introducidos en 1998 y 2002, respectivamente, parecen apuntar a un cambio de paradigma en la GIRH y en las políticas hídricas, agropecuarias y comerciales en todo el mundo. Su estudio ayuda a identificar cómo y dónde, el consumo en un lugar, impacta los recursos hídricos de otro lugar. La Huella Hídrica indica, además del volumen de agua dulce empleado directa e indirectamente para producir un bien, el lugar preciso donde se obtuvo dicho volumen, especificando si se trató de agua verde o azul, la contaminación que generó y el lugar en que se consumió ese bien finalmente. De esta forma, permite visualizar patrones y tendencias de uso del agua, que tradicionalmente no eran tomados en cuenta, relacionándolos con los flujos de comercio de Agua Virtual”.

Aldaya et al., (2011) sostienen que la Huella Hídrica de consumo nacional difiere de la Huella Hídrica dentro de la nación, es decir, dentro de los límites geográficos de la misma. Esta última corresponde a la Huella Hídrica de producción nacional (7), y se define como el volumen total de agua consumida dentro del territorio nacional como resultado de las actividades en los diferentes sectores de la economía. Se calcula como la suma de todas las Huellas Hídricas de todos los procesos que tienen lugar dentro de la nación, por ejemplo, agricultura, industrias o usos domésticos. Por otro lado, la Huella Hídrica de consumo nacional (3) se define como el volumen total de agua consumida para producir los bienes y servicios consumidos por los habitantes de la nación. Esta última se compone de las Huella Hídrica interna y externa de consumo nacional. La Huella Hídrica interna de consumo nacional (1) se refiere al uso de recursos hídricos locales para producir los bienes y servicios consumidos por los habitantes de la nación. Es equivalente a la Huella Hídrica de producción nacional menos el volumen de Agua Virtual exportada a otras naciones. La Huella Hídrica externa de consumo nacional (2) se define como el volumen de agua empleado en otras naciones para producir los bienes y servicios consumidos por la población del país en cuestión. El volumen de agua que una nación exporta (6) es equivalente a la suma del Agua Virtual exportada de origen doméstico (4) más el agua re-exportada de origen extranjero (5). El Agua Virtual total importada (8) es en parte consumida, constituyendo la Huella Hídrica externa de consumo nacional (2), y en parte re-exportada (5) (véase cuadro 4.2).

Cuadro 4. 2.- Esquema de contabilización de la Huella Hídrica para una nación



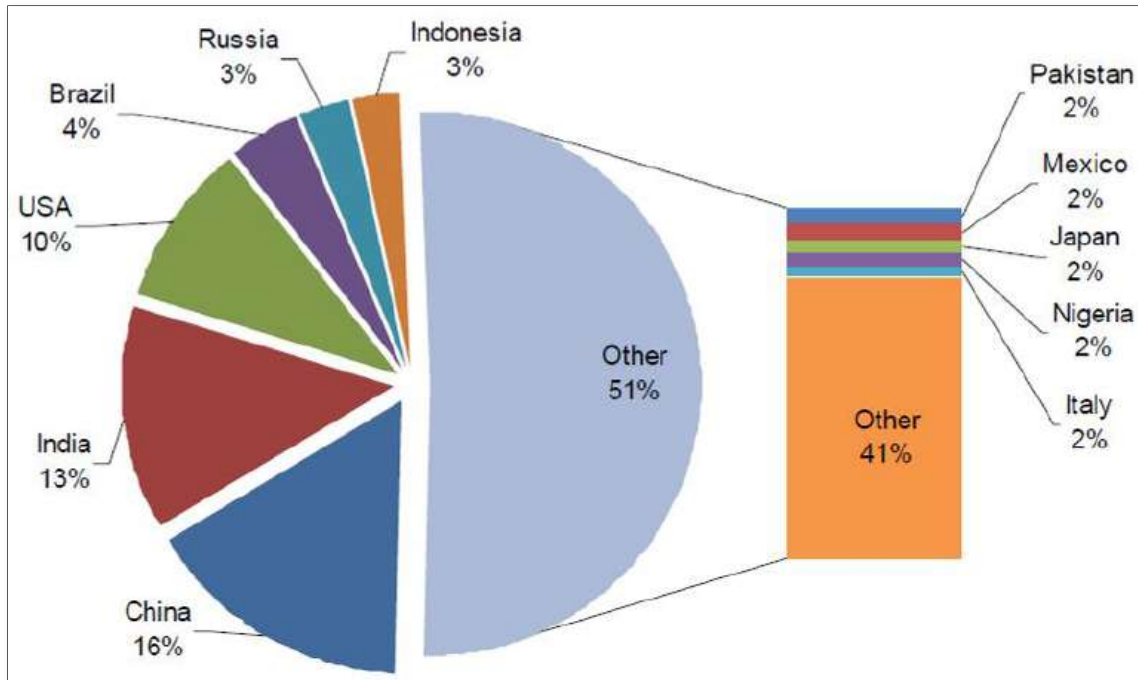
Fuente: Hoekstra et al., 2011 en Aldaya et al., 2011.

La FAO (2012) argumenta que existen cuatro factores principales (véase gráfica 4.1) que explican los valores de la Huella Hídrica de un país:

1. Volumen total del consumo que, por lo general, está relacionado con el nivel de riqueza de un país, lo que explica parcialmente, las altas Huellas Hídricas de Estados Unidos, Suiza e Italia.
2. Patrones de consumo de agua, por ejemplo, el elevado consumo de carne influiría en un mayor consumo de agua, lo que se puede visualizar en los casos de Estados Unidos, Canadá, Francia, España, Portugal, e Italia.

3. Clima, en regiones con mayor demanda evaporativa, la necesidad de agua para los cultivos es mayor. Factor predominante para explicar los casos de Senegal, Malí, Sudán, Chad o Nigeria.
4. Prácticas agrícolas poco eficientes, lo que significa que el rendimiento contenido por unidad de medida de agua es menor.

Gráfica 4. 1.- Contribución de países a la Huella Hídrica Global 1996-2005



Fuente: Institute for Water Education, The Netherlands, 2011 en Vázquez del Mercado, 2012.

La suma de toda el Agua Virtual que necesita un país o una región para atender la necesidad de bienes y servicios de los habitantes de esa zona es lo que se denomina *huella hidrológica* o *hydrological footprint* en la literatura anglosajona. El concepto de *huella hidrológica* está relacionado, en cierta forma es un corolario, con el concepto de *huella ecológica*, que se refiere a la cantidad de superficie de terreno que es necesaria para que un grupo colectivo pueda realizar un desarrollo sustentable (Llamas, 2005).

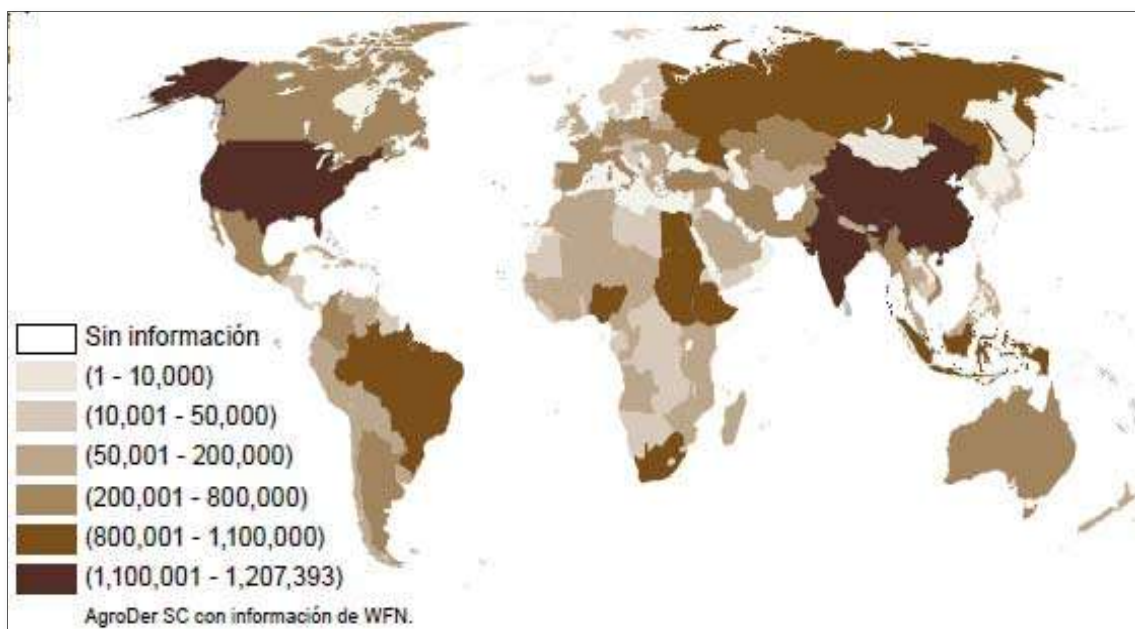
Como resultado de las transacciones de Agua Virtual entre naciones, podemos hablar del concepto de *ahorro* de Agua Virtual, que sucede cuando un país importa un producto intensivo en agua, en lugar de producirlo en su territorio, por lo cual sus recursos internos se conservan (Hoekstra & Chapagain, 2008 en Aldaya et al., 2011).

Llamas (2005) sostiene que el comercio del Agua Virtual es hoy día una realidad que supone casi una quinta parte del agua total (verde y azul) utilizada por la humanidad para todos los usos, el cual, es del orden de los 7,500 km³/año. Esa proporción muy probablemente creará en un futuro próximo.

Las actividades productivas que se desarrollan en cada país son distintas y definen su estructura económica, hay naciones con vocación agropecuaria, otras con un mayor auge industrial y algunas más que se han enfocado en los servicios.

La manera en que cada sector en los distintos países da un uso productivo al agua da forma a su Huella Hídrica de producción. Este indicador refleja la cantidad de agua que emplea un país en producir tanto lo que consume como lo que exporta (véase mapa 4.3).

Mapa 4. 3.- Huella Hídrica de Producción (Hm³/año)



Fuente: WWF, 2012.

Dado que cada país tiene costumbres y hábitos de consumo distintos, tanto de alimentos como de bienes y servicios, la Huella Hídrica varía para cada región. Generalmente las naciones con mayor cantidad de habitantes tienen una mayor Huella Hídrica de consumo (véase mapa 4.4).

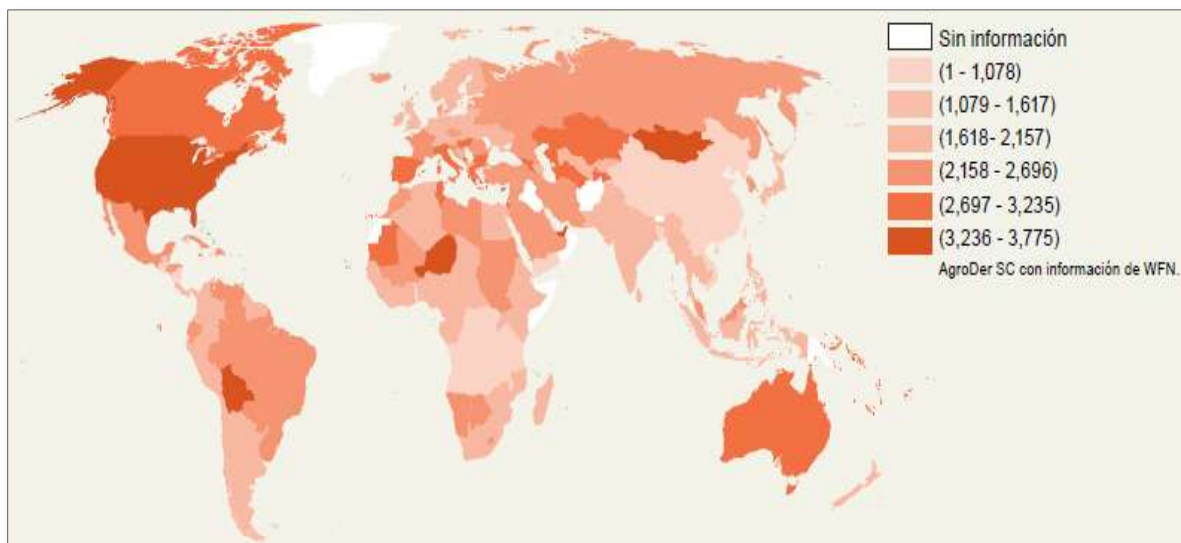
Mapa 4. 4.- Huella Hídrica de Consumo (Hm3/año)



Fuente: WWF, 2012.

Al identificar la Huella Hídrica de consumo por habitante, vemos cómo inciden directamente en ella los patrones de consumo del respectivo país, disparados generalmente por el poder adquisitivo de sus ciudadanos. Algunas excepciones ocurren cuando, a pesar de tener bajos niveles de consumo, los productos fueron elaborados involucrando mucha agua en sus procesos. Tal es el caso de Mongolia, Nigeria y Bolivia (véase mapa 4.5).

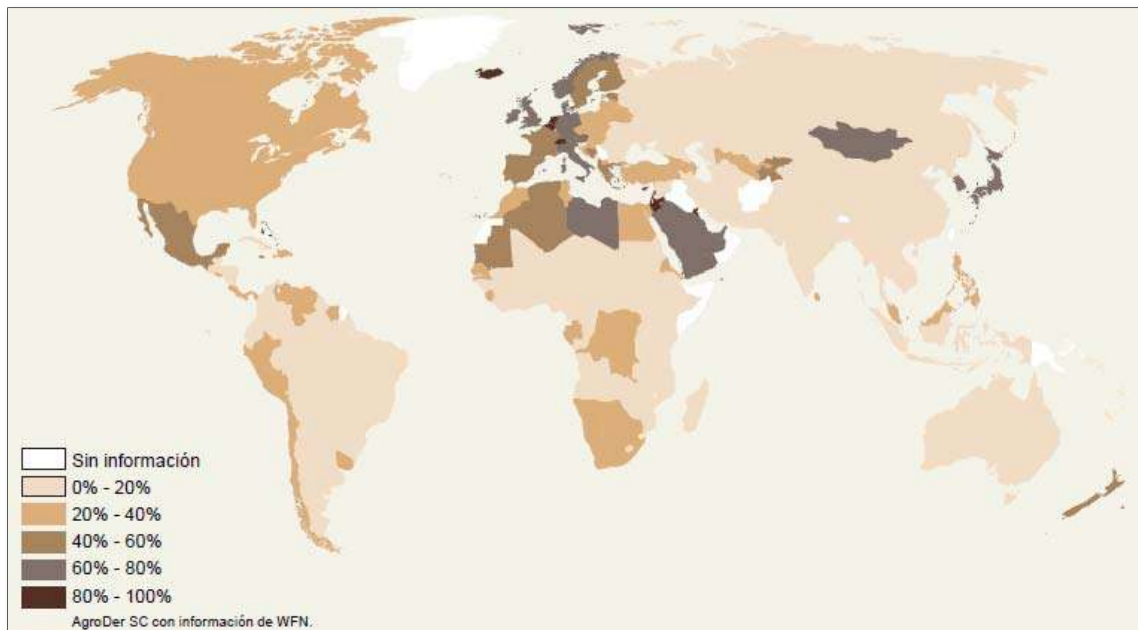
Mapa 4. 5.- Huella Hídrica de Consumo Per Cápita (m3/año)



Fuente: WWF, 2012.

El agua utilizada en lo que se produce en cada país y es consumido al interior del mismo se llama Huella Hídrica interna. Muchos países, para satisfacer sus necesidades de consumo importan diversos artículos, con lo que indirectamente importan el agua que se utilizó para fabricarlos o producirlos. A esta importación se le llama Huella Hídrica externa, que es la cantidad de agua requerida para elaborar los productos consumidos y que fueron elaborados en otro país. Los impactos que tiene este consumo de agua quedan íntegramente en el lugar de origen de los productos, es decir, se externalizan y regularmente los países importadores no toman responsabilidad ni sufren directamente las consecuencias por el impacto de la Huella Hídrica en la zona del país productor (véase mapa 4.6).

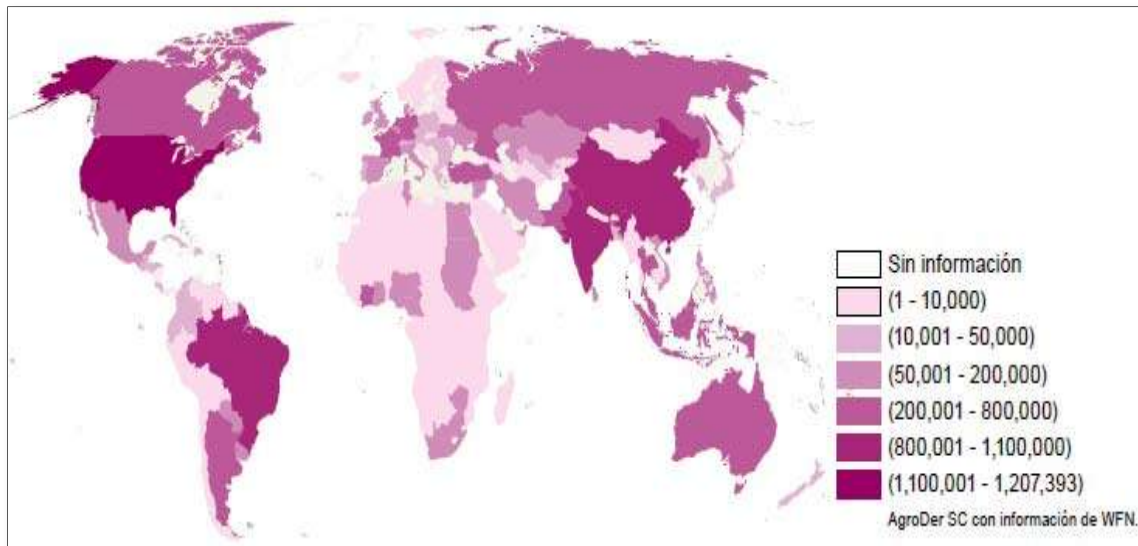
Mapa 4. 6.- Huella Hídrica Externa (% del total de Huella Hídrica de Consumo)



Fuente: WWF, 2012.

Por su estructura económica y productiva, hay países que exportan grandes cantidades de productos a distintas regiones del planeta, siendo también grandes exportadores de agua (véase mapa 4.7).

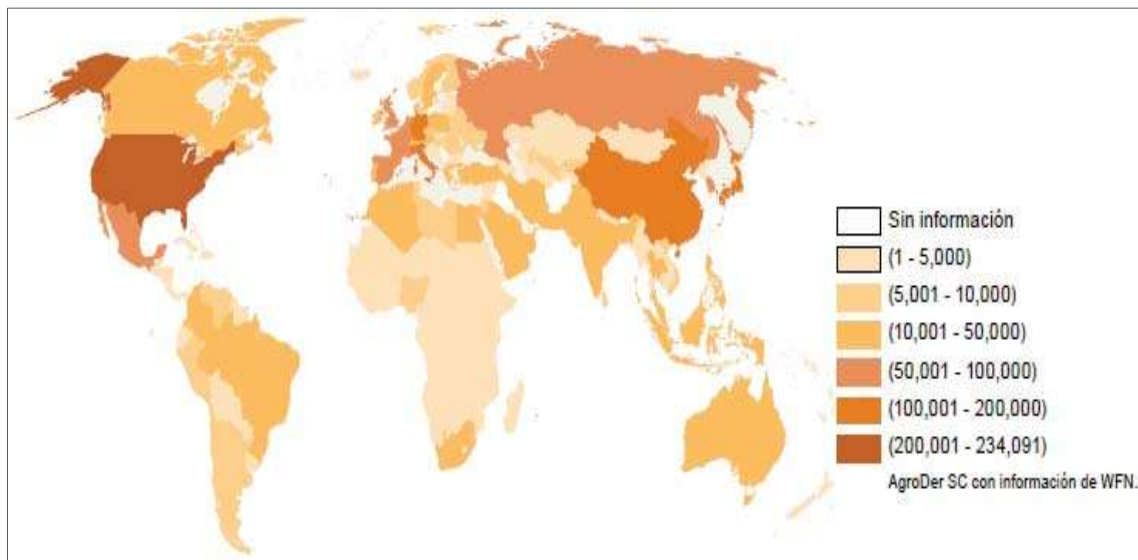
Mapa 4. 7.- Exportaciones de Agua Virtual (Hm3/año)



Fuente: WWF, 2012.

Un país puede ser exportador e importador de Agua Virtual al mismo tiempo, como reflejo de sus transacciones internacionales (véase mapa 4.8).

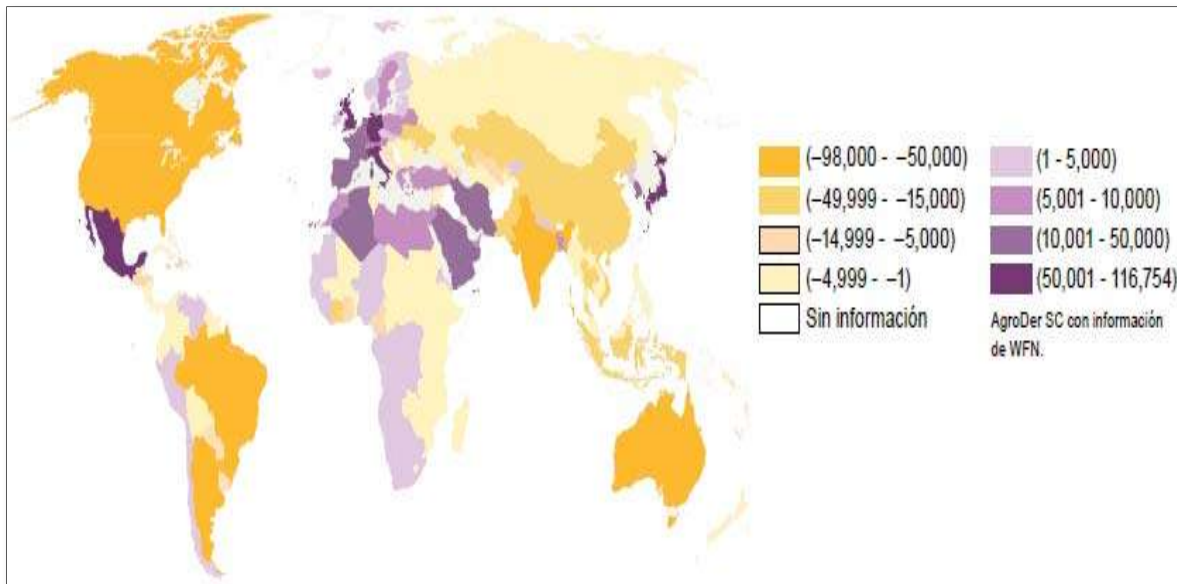
Mapa 4. 8.- Importaciones de Agua Virtual (Hm3/año)



Fuente: WWF, 2012.

Como resultado de lo anterior, tenemos países que son exportadores de Agua Virtual y otros que son importadores. Estos se diferencian según su balance de agua. Un balance positivo significa que se importa más agua de la que se exporta (véase mapa 4.9).

Mapa 4. 9.- Balance de Agua Virtual (Hm3/año)



Fuente: WWF, 2012.

4.3. Metodología para el cálculo de la Huella Hídrica

El documento denominado *The Water Footprint Assessment Manual*, desarrollado por Chapagain y Hoekstra en 2004 y actualizado nuevamente por Hoekstra, Aldaya, Mekonnen y Chapagain en 2009 y 2011, es la metodología estándar que se ha establecido a nivel internacional para el cálculo de la Huella Hídrica y sus derivaciones, difundido por la WFN. Por tanto, la descripción que a continuación se presenta se desprende de dicha metodología¹⁵ (Hoekstra et al., 2011).

La Huella Hídrica es un indicador de uso de agua dulce que es palpable no sólo en el uso de agua directo de un consumidor o productor, sino también en su uso indirecto. La Huella Hídrica puede ser considerada como un indicador global de apropiación de los recursos de agua dulce, por encima de la medida tradicional y restringida de la extracción de agua. Es un indicador multidimensional, que muestra los volúmenes de consumo de agua por fuentes y volúmenes de contaminación por cada tipo de contaminación, y cuyos

¹⁵ En el presente artículo, la descripción de la Metodología de la Huella Hídrica se realiza de forma sustancial, es decir, sólo se describen las partes fundamentales de dicha metodología. Para su análisis exhaustivo se recomienda revisar propiamente la metodología referenciada.

componentes de Huella Hídrica total pueden ser especificados geográfica y temporalmente (Hoekstra et al., 2011).

La Huella Hídrica, por lo tanto, ofrece una perspectiva mejor y más amplia sobre cómo un consumidor o productor afecta el uso de sistemas de agua dulce. Se trata de una medida volumétrica del consumo de agua y su contaminación. Lo que no mide es la gravedad de los efectos locales en el medio ambiente del consumo de agua y su contaminación.

La Huella Hídrica representa una información explícita a lo largo del tiempo y del espacio sobre cómo el agua es apropiada para diversos fines humanos. Por ello no sólo puede inspirar un debate sobre el uso del agua sustentable y equitativo, sino también sentar una buena base para la evaluación local de sus impactos ambientales, sociales y económicos.

La evaluación de la Huella Hídrica se refiere a toda una gama de actividades para:

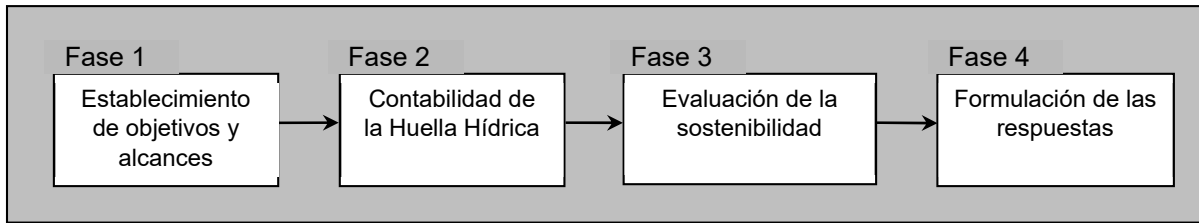
1. Cuantificar y localizar la Huella Hídrica de un proceso, producto, productor o consumidor o de cuantificar en el espacio y el tiempo la Huella Hídrica de una zona geográfica específica.
2. Evaluar la sostenibilidad ambiental, social y económica de esa Huella Hídrica.
3. Formular una estrategia de respuesta.

En términos generales, el objetivo de evaluar la Huella Hídrica es analizar cómo las actividades humanas o de productos específicos afectan a las cuestiones de escasez de agua y su contaminación y ver cómo las actividades y los productos puedan ser más sustentables desde la perspectiva del agua.

Una evaluación de la Huella Hídrica total está compuesta de cuatro fases distintas (véase cuadro 4.3):

1. Establecer objetivos y su alcance.
2. Contabilizar la Huella Hídrica.
3. Evaluar la sostenibilidad.
4. Formular la respuesta.

Cuadro 4. 3.- Fases en la evaluación de la Huella Hídrica



Fuente: Hoekstra et al., 2011.

Con el fin de ser transparentes acerca de las decisiones tomadas al llevar a cabo un estudio de evaluación de la Huella Hídrica, habrá que comenzar por establecer claramente los objetivos y el alcance del estudio. Un estudio de la Huella Hídrica puede realizarse por muchas razones diferentes, tanto de tipo público como privado. La fase de la contabilidad de la Huella Hídrica es la fase en la que se recogen datos y se establecen las cuentas que desarrollaremos. El alcance y nivel de detalle en la contabilidad depende de las decisiones tomadas en la fase anterior. Después de la fase de contabilidad sigue la fase de evaluación de la sostenibilidad, en la que se evalúa la Huella Hídrica desde una perspectiva ambiental, así como desde una perspectiva social y económica. En la fase final, se formulan respuestas de opciones, estrategias o políticas.

4.3.1. Objetivos y alcances de la evaluación de la Huella Hídrica

El estudio de la Huella Hídrica puede tener diversos fines y aplicarse en diferentes contextos. Cada objetivo requiere su propio ámbito de análisis y permitirá diferentes opciones a la hora de hacer suposiciones. Se puede estudiar la Huella Hídrica de diferentes entidades, por lo que es muy importante comenzar especificando los aspectos que nos interesan de una Huella Hídrica en particular. Se puede estar interesado, por ejemplo, en:

1. La Huella Hídrica de un producto (s).
2. La Huella Hídrica de un consumidor (es).
3. La Huella Hídrica de una fase del proceso de producción.
4. La Huella Hídrica dentro de un área geográficamente delimitada.

5. La Huella Hídrica de una nación.
6. La Huella Hídrica de una empresa (s).
7. La Huella Hídrica de la humanidad en su conjunto.

Se tendrá que ser claro y explícito acerca de *los límites del tema* a la hora de crear una cuenta de Huella Hídrica. Los límites del tema se refieren a lo que *debe incluir* y lo que *debe excluir* de las cuentas y se debe elegir en función del propósito de la cuenta. Se recomienda como mínimo utilizar la siguiente lista de control al configurar una cuenta de la Huella Hídrica:

1. ¿Considerar Huella Hídrica Azul, Huella Hídrica Verde y/o Huella Hídrica Gris?
2. ¿En qué momento se debe truncar el análisis al remontarse a lo largo de la cadena de suministro?
3. ¿Qué nivel de clarificación espacio-temporal?
4. ¿Qué periodo de datos?
5. Para los consumidores y las empresas: ¿considerar la Huella Hídrica directa o indirecta?
6. Para las naciones: ¿considerar la Huella Hídrica en el país y/o la Huella Hídrica de consumo nacional; considerar la Huella Hídrica interna y/o externa del consumo nacional?

Durante la fase de evaluación de sostenibilidad, la cuestión principal es si se elige la perspectiva geográfica o bien, un proceso, un producto, o si la perspectiva es la del consumidor o la del productor. En el caso de una perspectiva geográfica, hay que estudiar la sostenibilidad de la Huella Hídrica agregada de un área determinada, dando preferencia a una zona de captación o la cuenca de hidrográfica entero, porque este es el elemento natural en el que se pueden comparar fácilmente la Huella Hídrica y su disponibilidad y dónde se pueden tomar decisiones de asignación de los recursos hídricos y donde puede surgir un conflicto sobre las mismas.

En el caso de una perspectiva de un proceso, un producto, o dependiendo de si la perspectiva es la del consumidor o la del productor, el foco no estará centrado en la Huella Hídrica agregada de un entorno geográfico, sino en la contribución a la Huella Hídrica general proveniente del proceso individual, del producto, del consumidor o del productor.

El alcance de una evaluación de la sostenibilidad de la Huella Hídrica dependerá principalmente de la perspectiva elegida. En todos los casos, el alcance deberá especificarse más en función a los objetivos de la evaluación.

El ámbito de aplicación de la fase de formulación de respuestas depende de nuevo de la clase de Huella Hídrica que se esté estudiando. En el caso de la Huella Hídrica dentro de un área geográficamente delimitada, la pregunta sería: ¿qué se puede hacer y por qué personas para conseguir reducir la Huella Hídrica de esa zona, por cuánto tiempo y en qué medida? Cuando se determine el alcance para la formulación de esta respuesta, habrá que ser especialmente claro en el tema de qué entidad lo implementará.

En el caso de la Huella Hídrica de un consumidor o de una comunidad de consumidores, nos podemos simplemente restringir a lo que el consumidor es capaz hacer, pero también aquí podríamos incluir un análisis de lo que terceros, en este caso por ejemplo las empresas y los gobiernos, serían capaces de llevar a cabo. Al considerar la respuesta en el contexto de la evaluación de la Huella Hídrica de una empresa, es lógico buscar, al menos, qué tipo de respuestas de la empresa puedan desarrollarse, pero también se puede ampliar el ámbito de aplicación a niveles más altos.

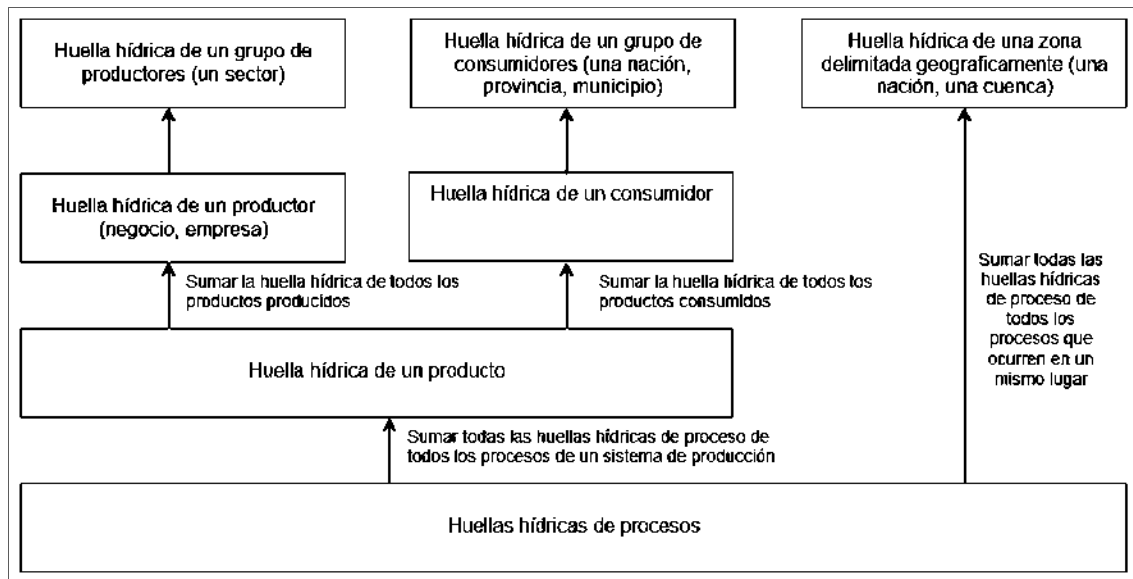
4.3.2. Contabilidad de la Huella Hídrica

¿Qué cantidad de agua dulce hay disponible durante un período determinado y cuál es la apropiación de los seres humanos de este flujo en tal período? La contabilidad de la Huella Hídrica proporciona los datos necesarios para responder a la segunda mitad de la cuestión. La Huella Hídrica básicamente expresa la apropiación humana del agua dulce en términos de volumen.

La Huella Hídrica de una *etapa del proceso* (véase cuadro 4.4) es el componente básico de todas las cuentas de las Huellas Hídricas. La Huella Hídrica de un producto intermedio o final del *producto* (bien de consumo o servicio) es el conjunto de las Huellas Hídricas de las distintas etapas relevantes del proceso en la producción del producto. La Huella

Hídrica de un consumidor individual está en función de las Huellas Hídricas de los diferentes productos consumidos por tal consumidor.

Cuadro 4. 4. Las Huellas Hídricas de Procesos como el componente básico de todas las Huellas Hídricas



Fuente: Hoekstra et al., 2011.

La Huella Hídrica de una comunidad de consumidores, por ejemplo, los habitantes de un municipio, provincia, estado o nación, es igual a la suma de las Huellas Hídricas individuales de los miembros de la comunidad. La Huella Hídrica de un productor o cualquier tipo de empresa es igual a la suma de las Huellas Hídricas de los productos que ofrece el productor o empresa. La Huella Hídrica dentro de un área geográficamente delimitada, ya sea una provincia, país, zona de captación o cuenca hidrográfica, es igual a la suma de Huellas Hídricas de todos los procesos que tendrán lugar en esa zona. La Huella Hídrica total de la humanidad es igual a la suma de las Huellas Hídricas de todos los consumidores del mundo, que es igual a la suma de Huellas Hídricas de todos los bienes de consumo y servicios finales que se consumen anualmente y también igual a la suma de toda el agua consumida o contaminada en los procesos a nivel mundial.

La Huella Hídrica de un proceso se expresa como el volumen de agua por unidad de tiempo. Cuando lo dividimos por la cantidad de productos que resultan del proceso (unidades de producto por unidad de tiempo), también se podrán expresar como el volumen de agua por unidad de producto.

La Huella Hídrica de un producto siempre se expresa como el volumen de agua por unidad de producto. Ejemplos:

1. Volumen de agua o por unidad de masa (para los productos donde el peso es un buen indicador de la cantidad).
2. Volumen de agua o por unidad de dinero (para los productos donde el valor económico es más importante que el peso).
3. Volumen de agua o por unidad (para los productos que se cuentan por piezas en lugar de peso).
4. Volumen de agua por unidad de energía (kilocalorías por los productos alimenticios, o por julios para electricidad o combustibles).

La Huella Hídrica de un consumidor o empresa se expresa como el volumen de agua por unidad de tiempo. Se puede expresar como el volumen de agua por unidad monetaria cuando la Huella Hídrica por unidad de tiempo es dividida por los ingresos (para los consumidores) o la facturación de empresas (para empresas).

La Huella Hídrica de una comunidad de consumidores se puede expresar en términos de volumen de agua por unidad de tiempo por habitante.

La Huella Hídrica dentro de un área geográficamente delimitada se expresa como el volumen de agua por unidad de tiempo. Se puede expresar en términos de volumen de agua por unidad monetaria cuando se divide por los ingresos económicos en la zona.

La Huella Hídrica Azul es un indicador de uso consuntivo de agua llamada azul, es decir, agua dulce de superficie o subterránea. EL uso consuntivo del agua se refiere a uno de los cuatro casos siguientes:

1. El agua se evapora.
2. El agua se incorpora a un producto.
3. El agua no vuelve a la misma zona de flujo, por ejemplo, es devuelta a otra zona de captación o al mar.
4. El agua no vuelve en el mismo período, por ejemplo, si se retira en un periodo seco y devuelve en un período de lluvias.

La Huella Hídrica Azul en una fase del proceso se calcula así:

$$WF_{proc,blue} = BlueWaterEvaporation + BlueWaterIncorporation + LostReturnflow \quad [\text{Volumen} / \text{tiempo}]$$

El último componente se refiere a la parte devuelta a la cuenca que no está disponible para su reutilización dentro de la misma cuenca hidrográfica en el mismo plazo de retirada, ya sea porque se devuelve a otro sistema de captación (o se vierte al mar) o porque se devuelva en otro período de tiempo.

La Huella Hídrica Verde es el volumen de agua de lluvia consumida durante un proceso de producción. Esto es particularmente relevante para los productos agrícolas y forestales (productos a base de cultivos o de madera), donde se refiere a la evapotranspiración del agua de lluvia total (de los campos y las plantaciones), así como al agua incorporada en la cosecha o la plantación arbórea.

La Huella Hídrica Verde en una fase del proceso es igual a:

$$WF_{proc,green} = GreenWaterEvaporation + GreenWaterIncorporation \quad [\text{Volumen} / \text{tiempo}]$$

La Huella Hídrica Gris se calcula dividiendo la carga contaminante (L , en la masa / tiempo) por la diferencia entre el estándar de calidad de agua de este contaminante (c_{max} , la concentración máxima aceptable, en masa / volumen) y su concentración natural en la recepción agua en el cuerpo (c_{nat} , en masa / volumen).

$$WF_{proc,grey} = \frac{L}{c_{max} - c_{nat}} \quad [\text{Volumen} / \text{tiempo}]$$

La Huella Hídrica de un producto se define como el volumen total de agua dulce que se utiliza directa o indirectamente para producir el producto. Se calcula considerando el consumo de agua y la contaminación en todas las etapas de la cadena de producción. El procedimiento contable es similar en todo tipo de productos, ya sea los derivados del sector agrícola, industrial o de servicios. La Huella Hídrica de un producto se compone de tres componentes: verde, azul y gris. Un término alternativo al de la Huella Hídrica de un producto es su contenido de Agua Virtual, pero el significado de este último término es más reducido.

La Huella Hídrica de un producto se puede calcular de dos formas alternativas, con el enfoque de la suma de la cadena o el enfoque acumulativo paso a paso. El primero se puede aplicar sólo para productos concretos; el segundo es el enfoque genérico.

En un sistema de producción simple, la Huella Hídrica de producto p (volumen / masa) es igual a la suma de las aguas de proceso pertinentes huellas dividido por la cantidad de producción del producto p :

$$WF_{prod}[p] = \frac{\sum_{s=1}^k WF_{proc}[s]}{P[p]} \text{ [Volumen / masa]}$$

En el que $WF_{proc}[s]$ es la Huella Hídrica de proceso de paso s (volumen / tiempo), y $P[p]$, la cantidad de producción de producto p (masa / tiempo). En la práctica, los sistemas simples de producción con un sólo producto de salida rara vez existen, por lo que es generalmente necesario hacer uso de una contabilidad más genérica, que pueda distribuir el agua utilizada a través de un sistema de producción a la salida de los varios productos que se deriven de ese sistema y sin caer en la doble contabilidad.

Si durante el proceso hubiere consumición de agua, la Huella Hídrica de proceso se agregaría a las Huellas Hídricas de los productos de entrada antes de distribuirlo a los productos de salida diferentes. La Huella Hídrica de p de salida del producto se calcula así:

$$WF_{prod}[p] = \left(WF_{proc}[p] + \sum_{i=1}^y \frac{WF_{prod}[i]}{f_p[p,i]} \right) \times f_v[p] \text{ [Volumen / masa]}$$

En el que $WF_{prod}[p]$ es la Huella Hídrica (volumen / masa) del producto p de salida, $WF_{prod}[i]$, la Huella Hídrica de productos de entrada i y $WF_{proc}[p]$ la Huella Hídrica de proceso del paso de proceso que transforma los productos de entrada en los productos de salida z , expresado en uso de agua por unidad de producto transformado p (volumen / masa). Al parámetro $f_p[p,i]$ se la llamará *fracción del producto* y al parámetro $f_v[p]$ *fracción de valor*. Ambos se definen a continuación. Tengamos en cuenta que en la ecuación la Huella Hídrica del proceso se debe tomar en términos de volumen de agua por unidad de producto *transformado*; cuando la Huella Hídrica de proceso venga cuantificada por

unidad de un producto de *entrada* específico, el volumen tendrá que ser dividido por la fracción del producto para ese insumo.

La fracción del producto de un producto de salida p que se procesa a partir de un insumo i ($f_p[p,i]$, masa / masa) se define como la cantidad del producto de salida ($w[p]$, la masa) obtenido por cada cantidad de producto de entrada ($w[i]$, masa):

$$f_p[p,i] = \frac{w[p]}{w[i]} \quad [-]$$

La fracción de valor de un producto p de salida p ($f_v[p]$, unidad monetaria / unidad monetaria) se define como el cociente entre el valor de mercado de este producto y el valor de mercado agregado de todos los productos de salida ($p=1$ a z) obtenidos de los productos de entrada:

$$f_v[p] = \frac{\text{price}[p] \times w[p]}{\sum_{p=1}^z (\text{price}[p] \times w[p])} \quad [-]$$

En que el *precio* [p] se refiere al precio del producto p (unidad monetaria / masa). El denominador es la suma de los productos de salida ($p=1$ a z) que se originan de los productos de entrada. Tengamos en cuenta que utilizamos el *precio* aquí como un indicador del valor económico de un producto, que no siempre es el caso, por ejemplo, cuando no hay mercado para un producto o cuando el mercado está deformado. Por supuesto, la mejor manera es la de tomar el valor económico real.

En un caso simple, donde sólo hay un proceso de insumo y un producto de salida, el cálculo de la Huella Hídrica de la salida del producto se simplifica:

$$WF_{prod}[p] = WF_{proc}[p] + \frac{WF_{prod}[i]}{f_p[p,i]} \quad [\text{Volumen} / \text{masa}]$$

Con el fin de calcular la Huella Hídrica del producto final de un sistema de producción, lo mejor es empezar a calcular la Huella Hídrica de los recursos primarios (donde comienza la cadena de suministro) y calcular a continuación, paso por paso, las Huellas Hídricas de los productos intermedios, hasta que se puede calcular la Huella Hídrica del producto final. El primer paso es siempre el de obtener las Huellas Hídricas de los productos de

entrada y el agua utilizada para transformarlos en el producto de salida. El total de estos componentes se distribuirá entre los productos finales diferentes, en función de su fracción como producto y la fracción de su valor.

La Huella Hídrica de un consumidor se define como el volumen total de agua dulce consumida y contaminada para la producción de los bienes y servicios consumidos por el consumidor. La Huella Hídrica de un grupo de consumidores es igual a la suma de las Huellas Hídricas de los consumidores individuales.

La Huella Hídrica de un consumidor (WF_{cons}) se calcula sumando su Huella Hídrica directa e indirecta:

$$WF_{cons} = WF_{cons,dir} + WF_{cons,indir} \text{ [Volumen / tiempo]}$$

La Huella Hídrica directa se refiere al consumo de agua y su contaminación que se relaciona con el uso del agua en el hogar o en el jardín. La Huella Hídrica indirecta se refiere al consumo de agua y contaminación de las aguas que pueden estar asociados con la producción de los bienes y servicios consumidos por el consumidor. Se refiere al agua que se utiliza para producir, por ejemplo, la comida, ropa, papel, energía y bienes industriales de consumo. El uso del agua indirecto se calcula multiplicando todos los productos consumidos por sus respectivas huellas hídricas:

$$WF_{cons,indir} = \sum_p (C[p] \times WF_{prod}^*[p]) \text{ [Volumen / tiempo]}$$

$C[p]$ es el consumo del producto p (unidades de producto / tiempo) y $WF_{prod}^*[p]$ la Huella Hídrica de este producto (volumen de agua / unidad de producto). El conjunto de productos considerados se refiere a toda la gama de bienes de consumo y servicios finales. La Huella Hídrica de un producto se define y se calcula como se describe en la sección anterior.

El volumen total de p consumido por lo general proviene de diferentes lugares x . La Huella Hídrica media de un producto consumido p se calcula así:

$$WF_{prod}^*[p] = \frac{\sum_x (C[x,p] \times WF_{prod}[x,p])}{\sum_x C[x,p]} \text{ [Volumen / unidad de producto]}$$

Donde $C[x, p]$ es el consumo de productos p de origen x (unidades de producto / tiempo) y $WF_{prod}[x,p]$, la Huella Hídrica del producto p de origen x (volumen de agua / unidad de producto).

Dependiendo del nivel deseado de detalle del análisis, se puede investigar el origen de los productos consumidos con mayor o menor precisión. Si no se puede o no quiere investigar el origen de los productos consumidos, se tendrá que confiar en cualquiera de las estimaciones promediadas mundiales o nacionales de las Huellas Hídricas de estos productos consumidos. Sin embargo, si estamos dispuestos a investigar el origen de los productos, se podrán estimar las Huellas Hídricas del producto con un alto nivel de detalle espacial. Preferiblemente, el consumidor sabrá la cantidad que él o ella consume por producto de diversos orígenes. Si el consumidor no lo sabe, se puede extrapolar la variación en el origen a la de la variación en origen para ese producto del mercado nacional.

La Huella Hídrica en una zona geográfica se define como el consumo y contaminación total de agua dulce dentro de los límites de un área. Es fundamental definir claramente los límites de la zona en cuestión. El área puede ser una zona de captación, una cuenca de hidrográfica, un estado, provincia o nación o cualquier otra unidad espacial hidrológica o administrativa.

La Huella Hídrica dentro de un área geográficamente delimitada (WF_{area}) se calcula como la suma de las Huellas Hídricas de proceso de todos los procesos que consuman agua en el área:

$$WF_{area} = \sum_q WF_{proc}[q] \text{ [Volumen / tiempo]}$$

Donde $WF_{proc}[q]$ se refiere a la Huella Hídrica de un proceso q dentro de la zona geográfica delimitada. La ecuación suma todos los procesos de consumo de agua o contaminantes que tengan lugar en la zona.

Desde la perspectiva de la protección de los recursos de agua dentro de una determinada zona, especialmente cuando el área tenga escasez de agua, es interesante saber cuánta agua se utiliza en el área para producir productos de exportación y la cantidad de agua

que se importa de forma virtual (en la forma de productos intensivos en agua) y que no necesitan ser producidos en esa zona. En otras palabras, es interesante conocer el *balance de agua virtual* de un área. El saldo virtual de agua de un área geográficamente delimitada durante un cierto período de tiempo se define como la importación neta de Agua Virtual en este período ($V_{i,net}$), lo que equivale a la importación bruta de Agua Virtual (V_i) menos el total bruto de las exportaciones (V_e):

$$V_{i,net} = V_i - V_e \text{ [Volumen / tiempo]}$$

Un balance positivo de Agua Virtual implica una entrada neta de Agua Virtual a la zona desde otras áreas. Un saldo negativo significa la salida neta de Agua Virtual. La importación de Agua Virtual bruta es interesante en el sentido de que la importación de Agua Virtual permite ahorrar agua dentro de la zona en cuestión. La exportación bruta de Agua Virtual, es interesante en el sentido de que se refiere a una Huella Hídrica en el área relacionada con el consumo de las personas que viven fuera de la zona.

Las cuentas nacionales de Huella Hídrica se obtienen mediante la combinación de las cuentas de Huella Hídrica del consumo nacional y las cuentas de Huella Hídrica dentro de una nación en un sistema integrado.

La Huella Hídrica de los consumidores en una nación ($WF_{cons,nat}$) tiene dos componentes: la Huella Hídrica interna y la Huella Hídrica externa:

$$WF_{cons,nat} = WF_{cons,nat,int} + WF_{cons,nat,ext} \text{ [Volumen / tiempo]}$$

La Huella Hídrica interna de consumo nacional ($WF_{cons,nat,int}$) se define como el uso de los recursos hídricos nacionales para producir bienes y servicios consumidos por la población nacional. Es la suma de la Huella Hídrica dentro de la nación ($WF_{area,nat}$) menos el volumen de exportación de Agua Virtual a otras naciones en la medida que forman parte de la exportación de productos elaborados con recursos de agua de procedencia doméstica:

$$WF_{cons,nat,int} = WF_{area,nat} - V_{e,d} \text{ [Volumen / tiempo]}$$

La Huella Hídrica externa del consumo nacional ($WF_{cons,nat,ext}$) se define como el volumen de los recursos hídricos utilizados en otras naciones para producir bienes y servicios

consumidos por la población en el país considerado. Es igual a la importación de Agua Virtual en la nación (V_i) menos el volumen de exportación de Agua Virtual a otras naciones como resultado de la reexportación de productos importados ($V_{e,r}$):

$$WF_{cons,nat,ext} = V_i - V_{e,r} \text{ [Volumen / tiempo]}$$

La exportación de Agua Virtual (V_e) de una nación se compone del agua exportada de origen nacional ($V_{e,d}$) y la re-exportación de agua de origen extranjero ($V_{e,r}$):

$$V_e = V_{e,d} + V_{e,r} \text{ [Volumen / tiempo]}$$

La importación de Agua Virtual en una nación en parte se consumirá, lo que constituye la Huella Hídrica externa del consumo nacional ($WF_{cons,nat,ext}$), y en parte será reexportada ($V_{e,r}$):

$$V_i = WF_{cons,nat,ext} + V_{e,r} \text{ [Volumen / tiempo]}$$

La suma de V_i y $WF_{area,nat}$ es igual a la suma de V_e y $WF_{cons,nat}$. Esta suma se llama el presupuesto de Agua Virtual (V_b) de una nación:

$$V_b = V_i + WF_{area,nat} = V_e + WF_{cons,nat} \text{ [Volumen / tiempo]}$$

La Huella Hídrica de una nación ($WF_{area,nat}$, volumen / tiempo) se define como el volumen total de agua dulce consumida o su contaminación en el territorio de la nación:

$$WF_{area,nat} = \sum_q WF_{proc}[q] \text{ [Volumen / tiempo]}$$

Donde $WF_{proc}[q]$ se refiere a la Huella Hídrica de un proceso q dentro de la nación que consume o contamina el agua. La ecuación suma todos los procesos que consumen agua o la contaminan y que tienen lugar en la nación. Estas Huellas Hídricas de proceso se expresan aquí en volumen / tiempo.

La Huella Hídrica de consumo nacional ($WF_{cons,nat}$) se puede calcular desde dos criterios: desde arriba abajo y desde abajo arriba.

En el enfoque de arriba abajo, la Huella Hídrica de consumo nacional ($WF_{cons,nat}$, volumen / tiempo) se calcula como la Huella Hídrica dentro de la nación ($WF_{area,nat}$), más la importación de Agua Virtual (V_i) menos el Agua Virtual de exportación (V_e):

$$WF_{cons,nat} = WF_{area,nat} + V_i - V_e \text{ [Volumen / tiempo]}$$

La importación de Agua Virtual bruta se calcula así:

$$V_i = \sum_{n_e} \sum_p (T_i[n_e, p] \times WF_{prod}[n_e, p]) \text{ [Volumen / tiempo]}$$

En el cual $T_i[n_e, p]$ representa la cantidad importada del producto p de exportación de la nación n_e (unidades de producto / tiempo) y $WF_{prod}[n_e, p]$ representa la Huella Hídrica del producto p de exportación de la nación n_e (volumen / unidad de producto).

La exportación de Agua Virtual bruto se calcula así:

$$V_e = \sum_p T_e[p] \times WF_{prod}^*[p] \text{ [Volumen / tiempo]}$$

En la que $T_e[p]$ representa la cantidad del producto p exportado de una nación (unidades de producto / tiempo) y $WF_{prod}^*[p]$ la Huella Hídrica media del producto p exportado (volumen / unidad de producto). Este último se calcula así:

$$WF_{prod}^*[p] = \frac{P[p] \times WF_{prod}[p] + \sum_{n_e} (T_i[n_e, p] \times WF_{prod}[n_e, p])}{P[p] + \sum_{n_e} T_i[n_e, p]} \text{ [Volumen / unidad de producto]}$$

En la que $P[p]$ representa la cantidad de producción del producto p en la nación, $T_i[n_e, p]$ la cantidad importada del producto p de exportación de la nación n_e , $WF_{prod}[p]$, la Huella Hídrica de producto p cuando se produce en el país en cuestión y $WF_{prod}[n_e, p]$, la Huella Hídrica del producto p como en la nación exportadora n_e . Se supone que las exportaciones se originan en la producción nacional del país exportador y las importaciones de acuerdo a sus volúmenes relativos.

El enfoque de abajo arriba se basa en el método de cálculo de la Huella Hídrica de un grupo de consumidores. El grupo de consumidores es la suma total de los habitantes de

una nación. La Huella Hídrica de consumo nacional se calcula sumando las Huellas Hídricas directas e indirectas de los consumidores dentro de la nación:

$$WF_{cons,nat} = WF_{cons,nat,dir} + WF_{cons,nat,indir} \quad [\text{Volumen / tiempo}]$$

La Huella Hídrica directa se refiere al consumo y la contaminación del agua debido al uso de agua por los consumidores en su hogar o en el jardín. La Huella Hídrica indirecta de los consumidores se refiere al uso del agua por terceros para producir los bienes y servicios consumidos. Se refiere al agua que se utiliza para producir, por ejemplo, la comida, ropa, papel, energía y bienes industriales de consumo. La Huella Hídrica indirecta se calcula multiplicando todos los productos consumidos por los habitantes de la nación por la respectiva Huella Hídrica de cada producto:

$$WF_{cons,nat,indir} = \sum_p (C[p] \times WF_{prod}^*[p]) \quad [\text{Volumen / tiempo}]$$

$C[p]$ es el consumo del producto p por los consumidores dentro de la nación (unidades de producto / tiempo) y $WF_{prod}^*[p]$ la Huella Hídrica de este producto (volumen / unidad de producto). El conjunto de productos considerados se refiere a toda la gama de bienes de consumo y servicios finales. El volumen de p que se consume en un país por lo general tiene su origen parte en la propia nación y parte en otras naciones. La Huella Hídrica media de un producto p que se consume en un país se calcula haciendo uso de misma suposición que se utilizó en el enfoque de arriba abajo:

$$WF_{prod}^*[p] = \frac{P[p] \times WF_{prod}[p] + \sum_{n_e} (T_i[n_e, p] \times WF_{prod}[n_e, p])}{P[p] + \sum_{n_e} T_i[n_e, p]} \quad [\text{Volumen / unidad de producto}]$$

La Huella Hídrica externa del consumo nacional ($WF_{cons,nat,ext}$) se puede calcular así:

$$WF_{cons,nat,ext} = \frac{WF_{cons,nat}}{WF_{area,nat} + V_i} \times V_i \quad [\text{Volumen / tiempo}]$$

La Huella Hídrica externa de consumo nacional puede estimarse para una nación exportadora n_e y del producto p asumiendo que la relación nacional entre la Huella Hídrica externa y el total de las importaciones de Agua Virtual se aplica a todas las naciones asociadas y a todos los productos importados:

$$WF_{cons,nat,ext}[n_e, p] = \frac{WF_{cons,nat,ext}}{V_i} \times V_i[n_e, p] \text{ [Volumen / tiempo]}$$

La Huella Hídrica de una empresa se define como el volumen total de agua dulce que se utiliza directa o indirectamente para la consecución de los fines de una empresa. Consta de dos componentes principales: la Huella Hídrica operacional (o directa) de una empresa es el volumen del agua dulce consumida o contaminada por sus propias operaciones. La Huella Hídrica de la cadena de suministro (o indirecta) de una empresa es el volumen del agua dulce consumida o contaminada para producir todos los bienes y servicios que forman de los componentes de producción de la empresa. En lugar de Huella Hídrica de empresa un término que también se puede utilizar es el de Huella Hídrica corporativa o Huella Hídrica de una organización.

La Huella Hídrica de una unidad de empresa (WF_{bus} , volumen / tiempo) se calcula mediante la adición de la Huella Hídrica operacional de la unidad de empresa y la Huella Hídrica de su cadena de suministro:

$$WF_{bus} = WF_{bus,oper} + WF_{bus,sup} \text{ [Volumen / tiempo]}$$

Ambos componentes son de una Huella Hídrica que están directamente relacionados con la producción del producto en la unidad de empresa más una Huella Hídrica global:

$$WF_{bus,oper} = WF_{bus,oper,inputs} + WF_{bus,oper,overhead} \text{ [Volumen / tiempo]}$$

$$WF_{bus,sup} = WF_{bus,sup,inputs} + WF_{bus,sup,overhead} \text{ [Volumen / tiempo]}$$

4.3.3. Evaluación de la sostenibilidad de la Huella Hídrica

La Huella Hídrica es un indicador de apropiación de agua dulce (en m³/año), desarrollado como un análogo a la *huella ecológica*, que es un indicador de uso de un espacio biológicamente productivo (en hectáreas). Con el fin de tener una idea de lo que representa esta huella, será necesario compararla a la Huella Hídrica de los recursos disponibles de agua dulce (que también se expresan en m³/año), al igual que se comparan la *huella ecológica* al espacio biológicamente productivo (en hectáreas).

En esencia, la evaluación de la sostenibilidad de la Huella Hídrica se refiere primordialmente a establecer una comparación de la Huella Hídrica humana con lo que la tierra puede soportar de manera sustentable. La sostenibilidad, por ejemplo, tiene diferentes dimensiones (ambientales, sociales, económicas), los impactos pueden ser formulados en distintos niveles (impactos primarios, secundarios) y la Huella Hídrica tiene diferentes colores (verde, azul, gris).

La sostenibilidad de la Huella Hídrica de un producto, de un productor o de un consumidor depende en parte de los contextos geográficos de las Huellas Hídricas de tal producto, productor o consumidor. Rara vez es la Huella Hídrica de un proceso, producto, productor o consumidor la que crea los problemas de escasez de agua y la contaminación que nos afectan. Los problemas surgen como el efecto acumulativo de todas las actividades en el área geográfica considerada.

La Huella Hídrica total en un área es la suma de muchas huellas más pequeñas, cada una de las cuales estarán relacionadas con un determinado proceso, producto, productor y consumidor. Cuando la Huella Hídrica de un proceso, producto, productor o consumidor contribuya a una situación insostenible observada dentro de un contexto geográfico determinado, se puede decir que esta Huella Hídrica es insostenible en sí misma.

4.3.3.1. La sostenibilidad ambiental de la Huella Hídrica Verde

Se considerará que la Huella Hídrica Verde total de una cuenca es realmente importante o no, al ponerla en el contexto del volumen de agua verde que queda disponible. Una Huella Hídrica Verde en una cuenca específica constituye un *hotspot* del medio ambiente cuando se exceda la disponibilidad de agua verde. La disponibilidad de agua verde (WA_{green}) en una cuenca x en un determinado período t se define como la evapotranspiración total de agua de lluvia de la tierra (ET_{green}) menos la evapotranspiración de las tierras reservadas para la vegetación natural (ET_{env}) menos la evapotranspiración de la tierra que no sea productiva:

$$WA_{green}[x,t] = ET_{green}[x,t] - ET_{env}[x,t] - ET_{unprod}[x,t] \text{ [Volumen / tiempo]}$$

Todas las variables se expresan aquí en términos de volumen / tiempo. La variable ET_{env} es el requisito del medio ambiente de agua verde y se refiere a la cantidad de agua verde utilizada por la vegetación natural en las zonas de la cuenca, que debe ser reservada para la naturaleza, con el fin de preservar la biodiversidad y el sustento humanos que dependan de los recursos naturales de los ecosistemas. El requisito de agua verde del medio ambiente puede ser cuantificado al observar la evapotranspiración de las zonas de tierras que deben ser protegidas desde el punto de vista de conservación de la naturaleza. La variable ET_{unprod} se refiere a la evapotranspiración que no se considera productiva en la producción de cultivos, es decir, la evapotranspiración en zonas o períodos del año que no son adecuados para el crecimiento del cultivo.

Cuando la gente habla de escasez de agua, por lo general se refieren a la escasez de agua azul. Sin embargo, también la disponibilidad de agua verde es limitada, los recursos hídricos verdes también son escasos. El nivel de escasez de agua en una cuenca verde x en un período t se define como el cociente entre el total de las Huellas Hídricas Verdes en la cuenca y la disponibilidad de agua verde:

$$WS_{green}[x,t] = \frac{\sum WF_{green}[x,t]}{WA_{green}[x,t]} \quad [-]$$

4.3.3.2. La sostenibilidad ambiental de la Huella Hídrica Azul

La Huella Hídrica Azul total de una cuenca es igual a la suma de todas las Huellas Hídricas Azules de los procesos de esa captación. La Huella Hídrica Azul en un período específico en una cuenca específica constituye un *hotspot* cuando la Huella Hídrica Azul excede la disponibilidad de agua azul. La disponibilidad de agua azul (WA_{blue}) en una cuenca x en un determinado período t se define como la esorrentía natural en la cuenca (R_{nat}) menos el requisito ambiental del caudal (EFR):

$$WA_{blue}[x,t] = R_{nat}[x,t] - EFR[x,t] \quad [\text{Volumen / tiempo}]$$

Cuando la Huella Hídrica Azul excede la disponibilidad de agua azul en un determinado período y lugar, significará que se habrá sobrepasado el requisito ambiental del caudal

en ese período y lugar. Los requisitos ambientales de un flujo se formulan en términos de la cantidad y el período de flujos de agua necesarios para mantener los ecosistemas de agua dulce y los estuarios, al igual que los medios de subsistencia y el bienestar humanos que dependen de esos ecosistemas.

La disponibilidad de agua azul o su carencia (WS_{blue}) en una cuenca x se define como el cociente entre el total de las Huellas Hídricas Azules en la zona de captación (ΣWF_{blue}) y el total disponible de agua azul (WA_{blue}):

$$WS_{blue}[x,t] = \frac{\Sigma WF_{blue}[x,t]}{WA_{blue}[x,t]} \quad [-]$$

4.3.3.3. La sostenibilidad ambiental de la Huella Hídrica Gris

El efecto de la Huella Hídrica Gris total de una cuenca depende de la escorrentía disponible en la cuenca para asimilar los residuos. Una Huella Hídrica Gris en un período determinado en un lugar específico de captación es un *hotspot* cuando las normas ambientales de calidad del agua se han sobrepasado en ese período, es decir, cuando la capacidad de asimilación de residuos se ha excedido totalmente.

Como indicador de impacto local relevante, se puede calcular el nivel de contaminación de las aguas (WPL) dentro de una cuenca, lo cual mide el grado de contaminación. Se define como el porcentaje de capacidad de asimilación de desechos consumidos y se calcula dividiendo el total de Huellas Hídricas Grises en una cuenca (ΣWF_{gris}) por la escorrentía real de la misma (R_{act}). Un nivel de contaminación de aguas del 100 % significa que la capacidad de asimilación de residuos ha sido totalmente consumida. Cuando el nivel de contaminación del agua supera el 100%, las normas de calidad ambiental del agua habrán sido sobrepasadas. El nivel de contaminación de agua se calcula, para una cuenca x y un tiempo t , de la siguiente manera:

$$WPL[x,t] = \frac{\Sigma WF_{grey}[x,t]}{R_{act}[x,t]} \quad [-]$$

Tanto la Huella Hídrica Gris como la escorrentía varían dentro del año, por lo que el nivel de contaminación del agua también fluctúa durante el año. En la mayoría de los casos, el cálculo por mes es probablemente suficiente para representar su variación en el tiempo; si se prefiere, también será posible reducir el periodo. Se puede calcular el nivel de contaminación del agua para grandes zonas de captación, así como para más pequeñas. La desventaja de evaluar el nivel de contaminación de las aguas de las cuencas hidrográficas relativamente grandes en su conjunto, es que se calculará un promedio de la cuenca en su conjunto, lo que significa que el resultado no será capaz de mostrar las posibles diferencias de nivel de contaminación en la cuenca.

4.3.4. Inventario de opciones de respuesta de la Huella Hídrica

Se puede argumentar que los consumidores son responsables de lo que consumen, como también del uso de los recursos indirectos a través de su modelo de consumo. En este sentido, los consumidores tienen responsabilidad sobre su Huella Hídrica y deben tomar medidas para asegurarse de que su Huella Hídrica sea sustentable. En caso afirmativo, los productores se verían obligados a ofrecer productos sustentables. También se puede dar la vuelta al argumento y argumentar que los productores son responsables de la entrega de productos sustentables. Esto implicaría que los productores deben tomar medidas para hacer que la Huella Hídrica del producto sea sustentable. Y los inversores, por supuesto, deben incluir consideraciones de uso sustentable del agua en sus decisiones de inversión. Por último, el agua es un bien público, por lo que los gobiernos no pueden negar su responsabilidad de poner la debida reglamentación y los incentivos para garantizar una producción y consumo sustentables. Queda pues claro que los consumidores, productores, inversores y gobiernos tienen una responsabilidad compartida.

Técnicamente, tanto la Huella Hídrica Azul y Gris en las industrias y los hogares se puede reducir a cero, mediante el reciclaje de agua en pleno. En un ciclo cerrado no habrá ni las pérdidas por evaporación, ni efluentes contaminados. En las fábricas o los sistemas de refrigeración, el agua evaporada se puede capturar y reciclarse o ser devuelta a la

masa de agua donde se había extraído. Hay algunas excepciones, donde la Huella Hídrica Azul de un proceso no puede reducirse del todo a cero, sobre todo cuando el agua se utiliza para ser incorporada en un producto, esta parte de la Huella Hídrica Azul no se puede evitar, pero estamos hablando de fracciones de menor importancia en la Huella Hídrica Azul de la humanidad.

Otra excepción puede ser cuando el agua se aplica al aire libre por necesidad, por lo que alguna evaporación no puede ser evitada. El único tipo de Huella Hídrica Gris que no siempre se puede reducir a cero es la Huella Hídrica Gris relacionada con la contaminación térmica, pero incluso en el caso del calor, puede darse una recuperación parcial de los efluentes con la calefacción de los sistemas de refrigeración y ser utilizada para otros fines antes de que el efluente se disponga en el medio ambiente.

Las Huellas Hídricas operativas azul y gris en el sector industrial pueden ser más o menos anuladas. En el sector agrícola, se necesitan más investigaciones para formular una reducción del máximo de la Huella Hídrica cuantitativa razonable. En teoría, la Huella Hídrica Gris puede ser prácticamente cero con la agricultura ecológica. En la práctica, será todo un reto y requiere un tiempo considerable antes de que toda la agricultura convencional pueda ser sustituida por la agricultura ecológica. Además, se estima que aproximadamente en un lapso de tiempo de unas pocas décadas, la Huella Hídrica total azul en el mundo se podrá reducir a la mitad, lo cual se logrará en parte mediante el aumento de productividad de agua azul en la agricultura de regadío (a través de la aplicación de técnicas de ahorro de agua de riego y por el uso de riego por *déficit* en lugar de riegos tradicionales) y en parte por el aumento de la fracción de la producción que se basa en agua verde en lugar de agua azul.

La reducción de la Huella Hídrica en los *hotspots* es una necesidad evidente. Pero es sólo la mitad del problema. Contra-intuitivamente, la solución para los problemas en las zonas con escasez de agua se encuentra en gran medida en las áreas de abundante agua. En las zonas de abundancia de agua a menudo se da una escasa productividad de agua en la agricultura de secano (grandes Huellas Hídricas Verdes).

El aumento de la productividad del agua (es decir, reducir la Huella Hídrica Verde) en la agricultura de secano en zonas de abundancia de agua aumenta la producción mundial,

lo que reduce la necesidad de productos de gran consumo de agua de las zonas con escasez de agua, y por lo tanto ayudar a aliviar la presión sobre los recursos de agua azul en las zonas con escasez de agua. Así, desde una perspectiva global, es importante reducir en lo posible las Huellas Hídricas por tonelada de producto en todo el mundo, incluyendo las zonas abundantes en agua.

La meta debe de ser la racionalización de la Huella Hídrica total de la humanidad. El hecho de que esta huella es demasiado grande se manifiesta en las áreas de *hotspots*, donde los problemas locales de contaminación y el agotamiento del agua son visibles en ciertas partes del año.

4.4. ISO 14046: nuevos lineamientos en el campo de la Huella Hídrica

Tras el surgimiento del concepto Huella Hídrica en 2002, se generó un gran interés y se desarrollaron numerosas investigaciones, estudios y aplicaciones en muchos campos. Sin embargo, no faltaron las críticas, entre ellas, las provenientes de la comunidad de estudiosos del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), quienes desde 2009 mostraron interés en la Huella Hídrica por su relevancia al comparar el desempeño ambiental de los productos, pero sugirieron a la comunidad hídrica actualizar la metodología de evaluación de la Huella Hídrica para alinearla con la del ACV y promovieron la expedición de la Norma ISO 14046:2014, conforme a sus intereses, tomando ventaja del término e interés que la Huella Hídrica había despertado en la comunidad internacional (IMTA, 2017).

Mientras que la Huella Hídrica es un indicador del uso del agua y su evaluación es un instrumento de apoyo a la formulación de estrategias de gestión sostenible del agua en las operaciones y cadena de suministro a escala de cuenca hidrográfica, el ACV es una herramienta para evaluar y comparar el impacto ambiental de diferentes productos a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto o servicio desde la extracción de la materia prima hasta su disposición final. Esta última hace énfasis en los materiales y energía consumida, sobre todo en las emisiones de gases de efecto invernadero, por lo que logra reportar la Huella de Carbono de manera precisa; sin embargo, cuando se trata del

recurso hídrico, el análisis no es tan completo. Los volúmenes de agua utilizados en las diferentes etapas del ciclo de vida de un producto o proceso se detallan durante la etapa del inventario, mas no existen métodos ni modelos que evalúen el impacto provocado por el uso del líquido. Las dificultades radican en que su utilización, en muchas ocasiones, no es consuntiva, sino parte del ciclo hidrológico: por ejemplo, el agua de lluvia que alimenta los cultivos. Además, la disponibilidad de agua dulce varía cada día alrededor del mundo y diferentes calidades de ella permiten usos distintos (IMTA, 2017).

El enfoque de la ISO (2014) según la WFN no es un mejor enfoque. Escasamente aborda los potenciales impactos ambientales de los productos y definitivamente deja fuera un asunto mayor: la asignación sostenible, eficiente y equitativa de los limitados recursos de agua dulce, desde una cuenca hasta el ámbito global. No da importancia a la Huella Hídrica verde, ni a la escasez de agua, ni a la capacidad de asimilación remanente en los cuerpos de agua.

Solamente considerando todas las formas de uso del agua y todas las formas de disponibilidad del agua, será posible obtener una imagen del agotamiento del recurso. La Huella Hídrica y el ACV tienen distintos propósitos y emplean distintos métodos, pero ambos pueden usar el concepto de Huella Hídrica. Es confuso si se emplean diferentes definiciones del concepto. La definición original volumétrica es la más útil y la única consistente con los conceptos de Huella Ecológica y Huella de Carbono.

Según el FCEA (2017) algunos aspectos relevantes de la ISO 14046 son:

1. La nueva norma ISO ha sido desarrollada sin tener en cuenta el criterio técnico de muchos expertos en aguas u organizaciones pioneras en este concepto, como la WFN, que pese a estar presente en muchas reuniones, no fue invitada a participar de manera activa en el desarrollo de la norma.
2. La nueva norma ISO se basa en el concepto de ACV, por lo que para entender esta norma es fundamental leer y comprender previamente la normas ISO 14040 y 14044 que describen los principios, marcos de trabajo, requisitos y líneas directivas del ACV.
3. En la nueva norma ISO desaparecen muchos de los términos más familiares para los que han trabajado en Huella Hídrica, como los del agua azul, verde y gris o el

de productividad del agua, y sí una nueva serie de términos relacionados con el enfoque de ACV como impactos medioambientales, o indicadores como “Huella Hídrica de Eutrofización” o “Huella Hídrica de Ecotoxicidad”, por poner algunos ejemplos.

4. En la nueva norma ISO no se tienen en cuenta criterios socioeconómicos, se centra en el estudio de la calidad del agua y en el impacto ambiental sobre el entorno.
5. La nueva norma ISO permite la elaboración de informes, pero al no establecer ninguna metodología concreta, impide la comparación de resultados entre empresas.

Sin embargo, al decir esto se puede tender a pensar que ahora nos encontramos ante un enfrentamiento entre dos metodologías, y que pelearán para ver cuál es mejor. Pensar eso es un error. No conviene dejarnos engañar por esa confusión. Estamos hablando de la gestión del recurso más importante que tenemos, el agua, por lo que hay que ver las cosas con otra perspectiva.

La metodología “tradicional” de la WFN ya ha sido aplicada en numerosas ocasiones, y se ha ido puliendo con el tiempo, hasta llegar a un punto hoy en día en el que ha definido la escala a nivel de cuenca como la más efectiva a nivel de integrar a todos los actores implicados y servir como herramienta para una mejor asignación de los recursos hídricos. De igual forma, su manual explica cómo realizar cálculos de Huella Hídrica a cualquier escala y muchas empresas lo han puesto ya en práctica, así como instituciones públicas, organizaciones de la sociedad civil o agencias de cooperación.

Lo importante es determinar para qué queremos realizar el estudio de Huella Hídrica. A partir de ahí definiremos la metodología que más nos conviene. El FCEA (2017) sostiene que en numerosas conferencias y foros se ha dejado muy claro que los dos enfoques pueden ser compatibles, de hecho, el método de cálculo de la WFN se puede utilizar en la ISO. La ISO necesita del conocimiento adquirido a lo largo de estos años por la WFN, y la WFN necesita a la ISO para no dejar que su metodología quede en segundo plano, es decir, las sinergias entre las dos metodologías no sólo son factibles, sino necesarias.

Hay que evitar la tendencia al enfrentamiento y tender a la integración, porque si hay algo que adquirirá más peso con el tiempo, sea con la metodología que sea, es la gestión sustentable del agua. Simplemente porque el futuro de la humanidad depende de ello.

El estándar propuesto por (ISO, 2014) acaba de llegar y aún están por conocerse sus primeras aplicaciones prácticas. A priori su enfoque será más dirigido a productos, aunque muchas empresas comenzarán a utilizarlo en otro tipo de operaciones. La ISO tiene mucho poder y seguramente su metodología adquiera mucho peso con el tiempo, pero tampoco puede dar respuesta a todos los problemas de la gestión sostenible del agua, que implica muchas cosas que no son propiamente agua.

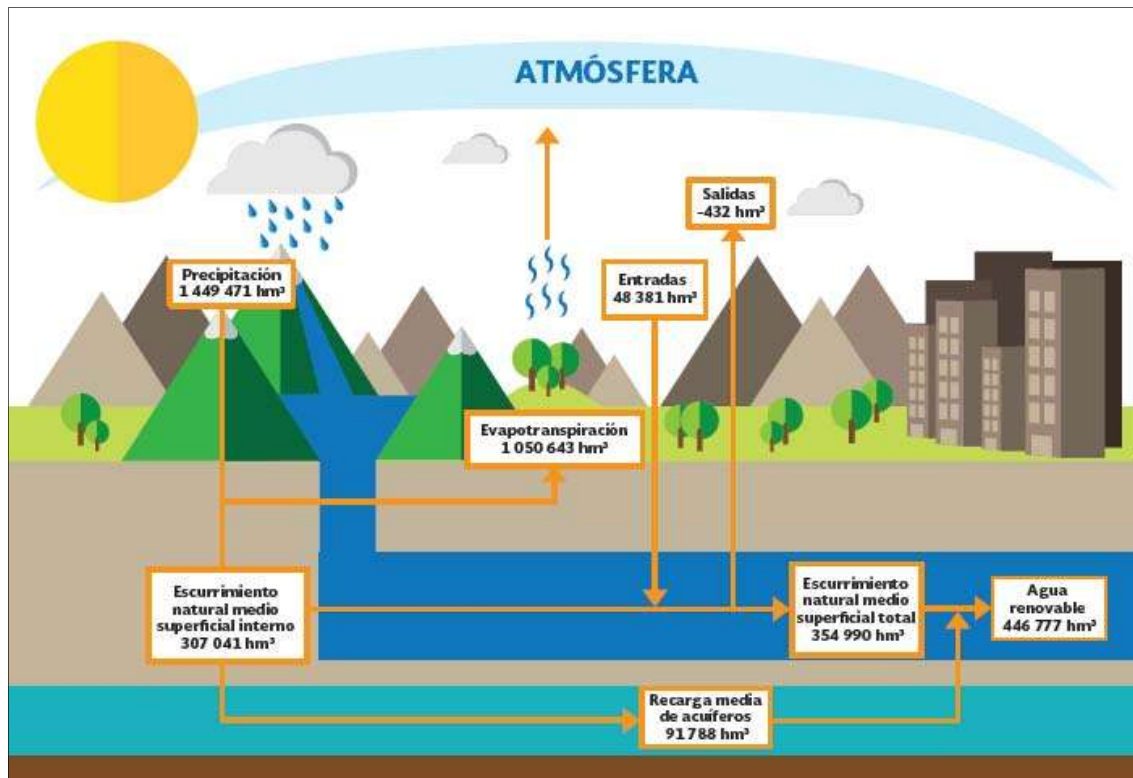
4.5. Situación de la Huella Hídrica en México

México recibe aproximadamente 1,449,471 millones de m³ de agua en forma de precipitación al año (véase cuadro 4.5). De esta agua, se estima que el 72.5% se evapotranspira y regresa a la atmósfera, el 21.2% escurre por los ríos o arroyos, y el 6.4% restante se infiltra al subsuelo de forma natural y recarga los acuíferos. Tomando en cuenta los flujos de salida y de entrada de agua con los países vecinos, el país anualmente cuenta con 446,777 millones de m³ de agua dulce renovable (CONAGUA, 2016).

En solo unas cuantas décadas, México pasó de ser un país de alta disponibilidad de agua a uno de baja, debido al crecimiento demográfico, a la creciente demanda en los distintos usos y al manejo poco eficiente del recurso, lo cual ha derivado en una mayor presión a los recursos hídricos. Para tener una idea del cambio sufrido, basta comparar la disponibilidad natural media per cápita de agua que se tenía en 1950, que era de 18,035 m³/hab/año, y que en un poco más de sesenta años, pasó en 2013 a 3 982 m³/hab/año. El número de acuíferos sobreexplotados pasó de 36 en 1981, a 106 en 2014. Para el año 2030 se espera que, en algunas de las RHA, Península de Baja California, VI Río Bravo y XIII Aguas del Valle de México), el agua renovable per cápita alcance niveles cercanos

o incluso inferiores a los 1,000 m³/hab/año, lo que se califica como una condición de escasez grave (CONAGUA, 2016).

Cuadro 4. 5. Valores medios anuales de los componentes del ciclo hidrológico en México, 2015



Fuente: (CONAGUA, 2016).

Por otra parte, la disponibilidad de agua real es muy variable dentro del territorio; la precipitación media anual en el periodo 1971-2000 fue de 760 mm, pero en su mayoría ocurre predominantemente entre junio y septiembre, y se concentra en el sureste del país, mientras que, en el centro y noroeste, donde el clima es árido y semiárido, llueve muy poco. En este contexto de desequilibrio natural, el mayor crecimiento de la población y económico se ha generado en las zonas con menor disponibilidad de agua. De esta manera, en el centro y el norte del país, donde se tiene el 32% de la disponibilidad nacional, se concentra el 77% de la población y se genera el 79% del PIB; situación que contrasta con la zona sur y sureste, donde existe el 68% de la disponibilidad y únicamente se ubica el 23% de la población con una aportación al PIB del 21% (CONAGUA, 2016).

Además de la problemática descrita, a futuro se agravará la situación, ya que se pronostica menor disponibilidad de agua, en virtud de que la oferta no crecerá lo suficiente

y el requerimiento en cambio será mayor debido a fenómenos como la sequía, la intensificación en las variaciones de temperatura y precipitación en nuestro territorio, así como el aumento en la demanda total de aguas nacionales por el crecimiento de la población y el incremento en las actividades productivas, lo cual plantea serios desafíos que nos obligan a revisar nuestras decisiones y estilos de producción y consumo, que hasta ahora, en muchos casos, han agotado los recursos y rebasado los límites en favor de la economía, y en detrimento de la salud de los ecosistemas.

México es un importador neto de Agua Virtual. Es decir, el volumen de agua virtual de sus importaciones es superior al de sus exportaciones. Durante el periodo 1996-2005 fue el segundo importador neto en el mundo, solo después de Japón, y el mayor en América, tanto por comercio agrícola, como pecuario e industrial (AgroDer, 2012).

Según datos de la CONAGUA (2016), el volumen promedio de importaciones netas de Agua Virtual de México por el periodo 2005-2014 fue de 26,852 hm³, de los cuales 3,471 corresponden a productos industriales, 10,157 a productos animales y 13,224 a productos agrícolas.

Vázquez del Mercado & Buenfil (2012) comentan que la Huella Hídrica externa de México por el periodo 1996-2005 fue de 42.5%, cuando el promedio mundial fue de 21.7%. Si bien eso implica un “ahorro” de sus escasos recursos hídricos, también significa una dependencia del exterior, que eventualmente podría poner en peligro la soberanía alimentaria. La dependencia en sí misma no sería preocupante, de no ser porque se concentra en unos cuantos lugares, que además ya son puntos críticos debido al intensivo uso no sostenible del agua. La principal Huella Hídrica externa de México proviene de Estados Unidos, y representa el principal flujo de agua virtual de un país a otro en el mundo.

Desde la perspectiva del consumo nacional, en el periodo 1996-2005, la Huella Hídrica de México fue de 197,425 hm³/año, equivalentes al 2.3% de la Huella Hídrica global, ubicándose como la octava mayor en el mundo. El 92% correspondió al sector agropecuario, siendo 56% interna y 44% externa; el 3% fue industrial, siendo 33% interna y 67% externa y el 5% fue doméstica, 100% interna. La mayor parte de la Huella Hídrica verde de México está asociada a la actividad agrícola (76%) y al pastoreo (24%). En agua

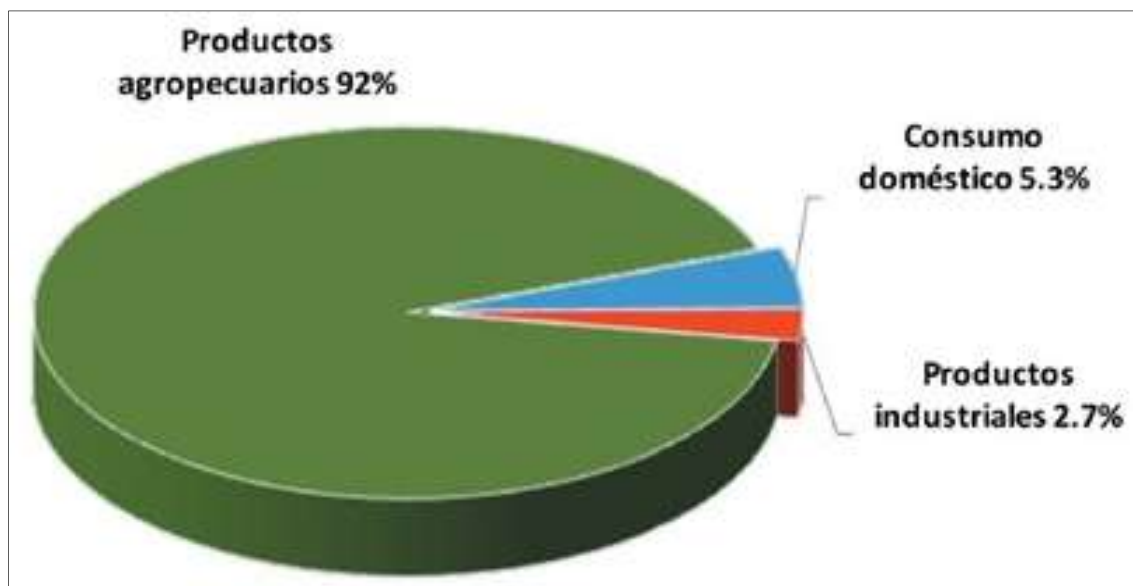
azul, se atribuye al riego agrícola el 85%, al pecuario el 6%, al doméstico el 8% y al uso industrial el 1%. Respecto al agua gris, el 49% está ligada a la producción agrícola, 39% al uso doméstico y 12% al industrial (AgroDer, 2012).

México es el segundo importador neto de agua virtual en el mundo. Si bien ese alto volumen se podría interpretar como un “ahorro” de agua, también significa una dependencia, que, al concentrarse altamente en un solo país, en donde la producción no está siendo sostenible, se convierte en un riesgo.

Es necesario estudiar con detalle la sostenibilidad de la Huella Hídrica de México, así como la relación entre sus recursos hídricos y soberanía alimentaria, para orientar y articular de mejor manera las políticas públicas, especialmente de las hídricas, ambientales, agrícolas, comerciales y energéticas.

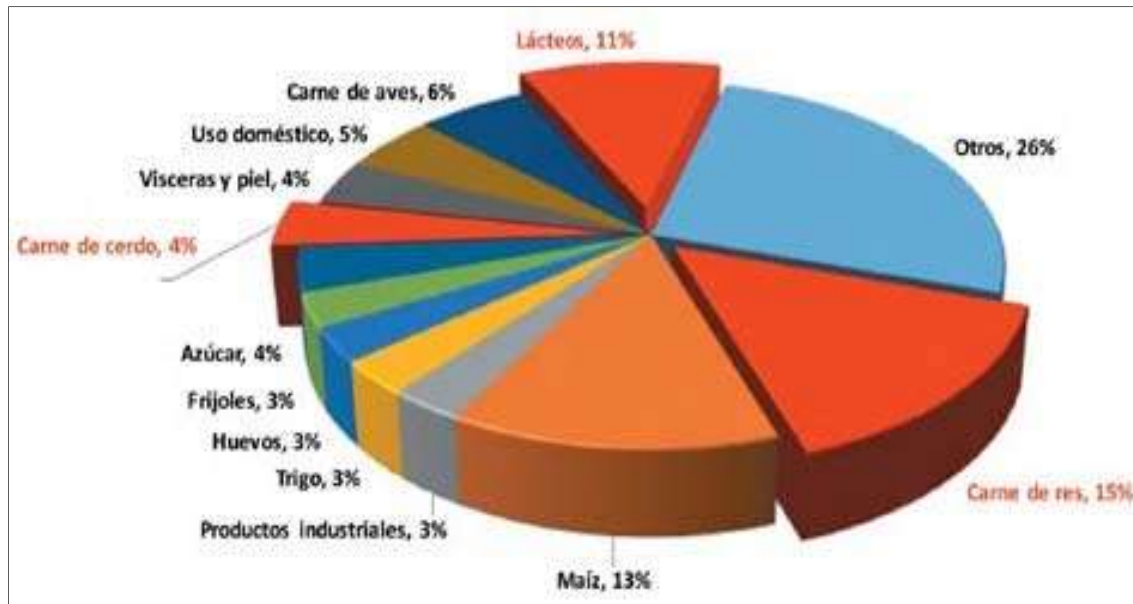
Siguiendo a AgroDer (2012) en cuanto a la Huella Hídrica del consumo nacional per cápita de México, fue de 1,978 m³ al año, mientras que el promedio global fue de 1 385 m³/año/hab. Esto es, la de México fue 42.8% mayor que el promedio mundial y ocupó el lugar 49 para este indicador en el mundo en el periodo 1996-2005 (véase gráfica 4.2 y 4.3).

Gráfica 4. 2. Huella Hídrica de Consumo Per Cápita en México



Fuente: AgroDer, 2012.

Gráfica 4. 3. Composición de la Huella Hídrica de Consumo Per Cápita en México



Fuente: AgroDer, 2012.

Como lo reconoce la propia WFN, la Huella Hídrica es un concepto relativamente nuevo, que se encuentra en etapa de maduración y su evaluación es una nueva herramienta, que, como tal, puede generar expectativas prometedoras que no sean del todo realistas. Si bien el estudio de la Huella Hídrica resulta muy útil para visualizar de una forma holística patrones y tendencias que usualmente no eran tomados en cuenta, permitiendo establecer conexiones, cuantificar, localizar y evaluar la sostenibilidad de un área, proceso, producto o consumidor, así como identificar opciones para reducir las huellas hídricas en caso necesario, la Huella Hídrica no es más que un indicador relevante en el tema mucho más amplio de la asignación y uso sostenible, justo y eficiente de los recursos naturales.

CAPÍTULO V. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LA HUELLA HÍDRICA EN EL SECTOR INDUSTRIAL MEXICANO

En este quinto apartado se presentan los resultados que se obtuvieron sobre la Huella Hídrica de la industria mexicana, mediante el procedimiento metodológico denominado “Huella Hídrica Azul de una Fase del Proceso”. Para ello, el capítulo se divide en una sola sección, la cual está subdividida en 4 procedimientos, que corresponden a los pasos que se deben seguir para llevar a cabo dicha evaluación metodológica. Estos pasos correspondientes son i) el establecimiento de objetivos y alcances; ii) la contabilidad o procedimiento de cálculo; iii) la evaluación de la sostenibilidad del estudio de caso; y iv) la formulación de respuesta o propuesta que contribuyan a dar solución a las problemáticas identificadas sobre dicho estudio de caso.

5.1. Estimación de la Huella Hídrica en el sector industrial mexicano

Como se ha mencionado en párrafos anteriores, la evaluación de la Huella Hídrica es una herramienta de análisis que, a través de una medida volumétrica, nos permite conocer el consumo de agua y su contaminación, y con ello analizar cómo las actividades humanas, a través de la producción y consumo de bienes y servicios, afectan las cuestiones de escasez de los recursos hídricos, pero también nos es útil para la formulación e implementación de acciones que contribuyan al aprovechamiento eficiente del agua.

Para llevar a cabo la estimación de la Huella Hídrica, se procedió conforme al proceso metodológico, de la siguiente manera:

5.1.1. Establecimiento de Objetivos y Alcances de la Huella Hídrica

Tomando como referencia la base de datos total que fue posible obtener y posteriormente la muestra sobre los niveles de aprovechamiento hídrico por parte de los 8 sectores industriales elegidos, se estableció determinar lo siguientes.

Objetivos:

1. Estimar la Huella Hídrica a nivel nacional de la industria mexicana.
2. Estimar la Huella Hídrica de cada uno de los 8 sectores industriales por Región Hidrológico Administrativa.
3. Interpretar resultados y elaborar propuestas.

Alcances:

1. El objeto de estudio se limita a 8 sectores industriales.
2. La temporalidad de la investigación es para el año 2015 y el análisis espacial es a nivel nacional y por Región Hidrológico Administrativa.
3. El procedimiento metodológico será el de estimar la “Huella Hídrica Azul de una Fase del Proceso” (volumen de agua superficial y subterráneo concesionado para uso consuntivo como insumo en la fase inicial de un proceso de producción industrial).
4. Las unidades de medida estarán basadas en (volumen/tiempo), es decir, ($\text{hm}^3/\text{año}$).
5. La fuente de la información para la investigación está basada en cifras oficiales públicas.

Supuestos:

1. Las estimaciones de la Huella Hídrica para la industria mexicana son cálculos aproximados debido a las limitaciones que se presentaron para el acceso a los datos por parte de las fuentes oficiales. Por tanto, los resultados se presentan como una muestra representativa de la investigación.

2. Los valores agregados a nivel nacional sobre las variables “Evaporación de Agua Azul” y “Flujo de Retorno Perdido” fueron asignados a cada sector industrial con base en la ponderación realizada tomando como referencia el consumo proporcional de agua para cada sector, con respecto al volumen total concesionado.
3. El nivel de evaporación de agua y el nivel de flujo perdido de agua para cada sector industrial es directamente proporcional a la cantidad concesionada de agua y posteriormente consumida en el proceso de producción. Es decir, a mayor volumen de concesión y consumo de recurso hídrico, mayor nivel de evaporación y pérdida de agua y, viceversa.

5.1.2. Contabilidad de la Huella Hídrica

Con base en el establecimiento de los objetivos, alcances y supuestos, previamente descritos, se determinó estimar la Huella Hídrica de la industria mexicana mediante el procedimiento metodológico denominado “**Huella Hídrica Azul de una Fase del Proceso**” para la cual se utiliza la siguiente fórmula:

$$WF_{\text{proc,blue}} = \text{Blue Water Evaporation} + \text{Blue Water Incorporation} + \text{Lost Return Flow}$$

$$HH_{\text{proc,azul}} = \text{Evaporación de Agua Azul} + \text{Incorporación de Agua Azul} + \text{Flujo de Retorno Perdido}$$

Donde:

Evaporación de Agua Azul	Diferencia entre la cantidad total de agua extraída del ambiente y la cantidad total de agua devuelta al ambiente
Incorporación de Agua Azul	Cantidad de agua utilizada directamente en la fase del proceso de producción
Flujo de Retorno Perdido	Cantidad de agua que no está disponible para su reutilización de manera inmediata dentro del mismo periodo

Las fuentes para obtener los valores que integran cada una de las variables anteriores fueron (Guerrero, 2015) para la variable “Incorporación de Agua Azul” y (CONAGUA, 2016) para las variables “Evaporación de Agua Azul” y “Flujo de Retorno Perdido”. Para el caso de la variable “Incorporación de Agua Azul”, este valor fue tomado directamente de los volúmenes concesionados para cada una de las 8 industrias seleccionadas. Estos volúmenes de concesión originalmente se encuentran en millones de metros cúbicos (Mm^3), pero para fines de estandarización en las unidades de medida, fueron convertidos en hectómetros cúbicos (hm^3)¹⁶. Para el caso de las variables “Evaporación de Agua Azul” y “Flujo de Retorno Perdido”, estos valores fueron tomados de un esquema que la CONAGUA realiza y que denomina “Flujo simplificado del agua entre el ambiente y la economía en México¹⁷”, el cual muestra las cantidades de agua extraída del ambiente y su retorno al mismo por parte de los distintos sectores de la economía. Para el caso específico del consumo consuntivo de la industria se obtuvo un valor total de 618 hm^3 en términos de “Evaporación de Agua Azul” y un valor total de 680 hm^3 en términos de “Flujo de Retorno Perdido”. A continuación, se presentan los valores para cada variable:

¹⁶ 1 hm^3 es igual a $1,000,000$ de m^3 e igual a $1,000,000,000$ de litros.

¹⁷ Este esquema puede consultarse en el cuadro 2.13 del Capítulo II del presente documento.

Evaporación de Agua Azul	618 hm ³
Incorporación de Agua Azul	Volumen concesionado de agua para cada sector industrial
Flujo de Retorno Perdido	680 hm ³
Sectores industriales	9 ¹⁸

Los resultados de la estimación de la Huella Hídrica Azul de una Fase del Proceso se presentan a continuación. En el cuadro 5.1 y gráfica 5.1 se muestran los resultados generales y agregados de la Huella Hídrica para la industria mexicana a nivel nacional para cada sector industrial. Se puede apreciar que la Huella Hídrica Azul total corresponde a casi 1,899 hm³ para las industrias seleccionadas. Es importante resaltar la heterogeneidad de la Huella Hídrica para cada sector industrial, ya que, por ejemplo, el sector industrial minería es el sector que mayor Huella Hídrica genera con respecto a los otros sectores industriales, además de que este sector representa casi el 45% del total de la Huella Hídrica Industrial generada a nivel nacional. Los otros sectores industriales que destacan por su Huella Hídrica, aunque en menor proporción son bebidas y química, con 171.46 hm³ y 145.09 hm³, respectivamente. El resto de los sectores industriales presentan una Huella Hídrica por debajo de los 50 hm³. No debemos minimizar la importancia que representa el sector industrial catalogado como “ND”, pues a pesar de que no fue posible identificar el titular de dichos volúmenes concesionados de agua, si fue factible considerar estos volúmenes, pues nos permitió estimar una Huella Hídrica de casi 626 hm³, la cual es muy relevante para el análisis.

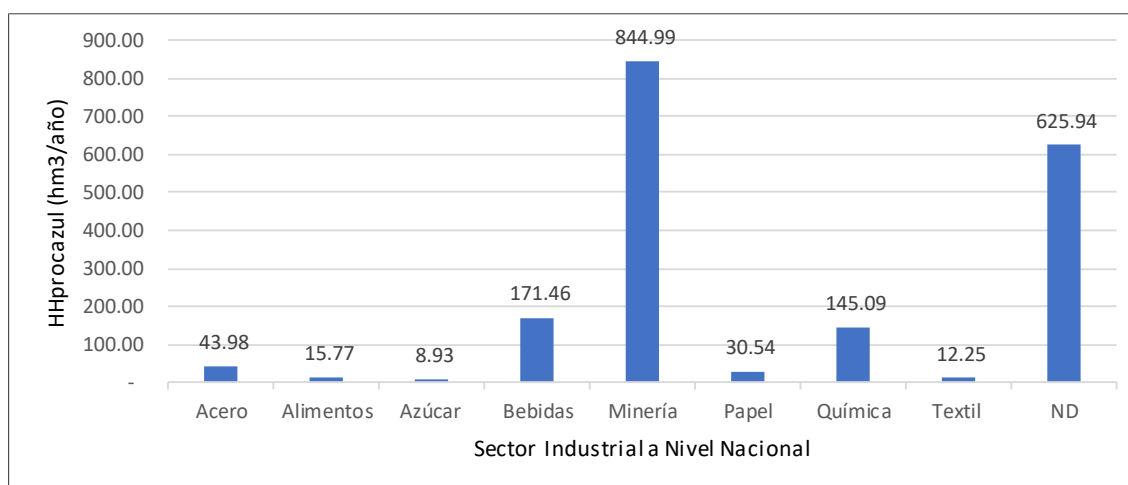
¹⁸ A los 8 sectores industriales seleccionados y mencionados anteriormente se les agregó “un sector” más denominado como “ND”, es decir, No Disponible, ya que a pesar de que no fue posible identificar el titular o registro de los volúmenes de agua concesionados, se optó por considerar estos volúmenes. Es importante mencionar que para los registros que no se obtuvo información del REPDA, debido a que la base de datos de dicha fuente no arrojó ningún tipo de información, se clasificaron como No Disponibles (ND).

Cuadro 5. 1. Huella Hídrica Azul de una Fase del Proceso de la Industria Mexicana a Nivel Nacional

Sector Industrial a Nivel Nacional	Evaporación de Agua Azul	Incorporación de Agua Azul	% de Incorporación de Agua Azul	Flujo de Retorno Perdido	HHprocazul (hm ³ /año)
Acero	14.31	13.92	2.32%	15.75	43.98
Alimentos	5.13	4.99	0.83%	5.65	15.77
Azúcar	2.91	2.83	0.47%	3.20	8.93
Bebidas	55.80	54.26	9.03%	61.40	171.46
Minería	275.00	267.41	44.50%	302.58	844.99
Papel	9.94	9.67	1.61%	10.94	30.54
Química	47.22	45.91	7.64%	51.95	145.09
Textil	3.99	3.88	0.65%	4.39	12.25
ND	203.71	198.09	32.96%	224.14	625.94
Total	618.00	600.96	100.00%	680.00	1,898.96

Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

Gráfica 5. 1. Huella Hídrica Azul de una Fase del Proceso de la Industria Mexicana a Nivel Nacional



Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

En el apartado de Anexos (Anexo B) se presentan los cuadros del 5.4 al 5.12 y las gráficas de la 5.3 a la 5.11., en donde se especifica y amplía la Huella Hídrica de cada uno de los sectores industriales para cada una de las 13 RHA.

En el cuadro 5.2 y gráfica 5.2 se muestran los resultados generales y agregados de la Huella Hídrica para el total de los sectores industriales por cada una de las 13 RHA. De igual manera, se puede apreciar que entre las RHA se presenta cierta heterogeneidad en la generación de la Huella Hídrica, ya que, con base en los resultados obtenidos, las RHA VI, XIII y I, son las principales regiones que generan los niveles más altos de Huella

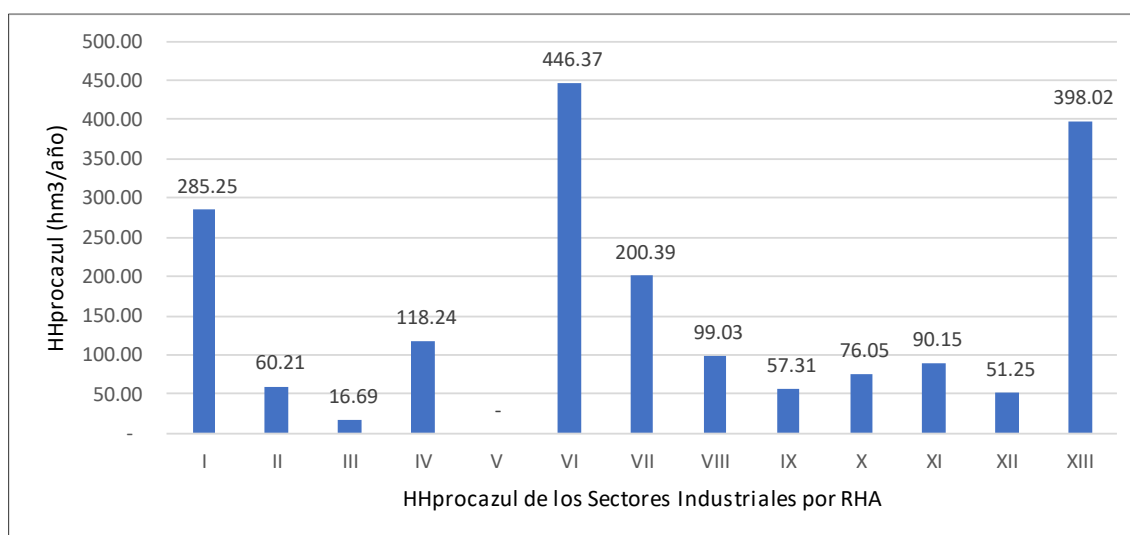
Hídrica, con 446.37 hm³, 398.02 hm³ y 285.25 hm³, respectivamente. En conjunto estas tres regiones representan casi el 60% del total de la Huella Hídrica generada en las 13 RHA. Podríamos decir que en segundo grado de importancia se encuentran las RHA VII, IV y VIII, con 200.39 hm³, 118.24 hm³ y 99.03 hm³, respectivamente. El resto de las RHA presenta una Huella Hídrica por debajo de los 90 hm³.

Cuadro 5. 2. Huella Hídrica Azul de una Fase del Proceso de la Industria Mexicana por RHA

RHA	HHprocazul de los Sectores Industriales por Región Hidrológico Administrativa (hm ³ /año)									
	Acero	Alimentos	Azúcar	Bebidas	Minería	Papel	Química	Textil	ND	Total
I	2.94	-	-	-	279.46	-	-	-	2.84	285.25
II	-	-	-	9.74	10.48	-	-	-	39.99	60.21
III	-	-	-	-	-	-	-	-	16.69	16.69
IV	12.35	6.65	-	2.05	46.25	-	2.74	-	48.19	118.24
V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VI	8.90	-	-	75.59	144.29	6.98	-	-	210.60	446.37
VII	2.11	-	-	16.65	118.46	-	-	-	63.16	200.39
VIII	-	2.10	-	4.29	64.94	-	1.99	2.84	22.87	99.03
IX	-	-	-	-	8.57	5.08	-	-	43.66	57.31
X	-	4.07	3.93	34.98	-	4.78	-	2.33	25.96	76.05
XI	-	-	5.00	-	-	-	8.00	-	77.16	90.15
XII	-	-	-	-	24.59	-	-	-	26.66	51.25
XIII	17.67	2.95	-	28.15	147.94	13.70	132.35	7.08	48.18	398.02
Total	43.98	15.77	8.93	171.46	844.99	30.54	145.09	12.25	625.94	1,898.96

Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

Gráfica 5. 2. Huella Hídrica Azul de los Sectores Industriales por RHA



Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

En el apartado de Anexos (Anexo C) se presentan las gráficas de la 5.12 a la 5.24., en donde se muestra la Huella Hídrica en conjunto del total de sectores industriales seleccionados por cada una de las 13 RHA.

5.1.3. Evaluación de la Sostenibilidad de la Huella Hídrica

Tal como ya se mencionó en el Capítulo IV sobre antecedentes y referencias de la Huella Hídrica, la Evaluación de la Sostenibilidad de la Huella Hídrica se refiere primordialmente a establecer una comparación de la Huella Hídrica humana con lo que la tierra puede soportar de manera sostenible. Es importante señalar que la sostenibilidad puede tener diferentes dimensiones, tales como la ambiental, la social y la económica. En términos de Huella Hídrica es primordial identificar esta sostenibilidad, ya sea para una Huella Hídrica Azul, una Huella Hídrica Verde o una Huella Hídrica Gris y sobre que objeto de estudio, es decir, para un área geográfica, para un producto, para un proceso, para una empresa, etc.

Para el análisis que nos compete en esta investigación, es decir, la Huella Hídrica Azul de una Fase del Proceso, la pregunta correspondiente a formular sería ¿Es la Huella Hídrica de este proceso sostenible? La respuesta a esta pregunta dependerá de ciertos criterios y contextos, así como de la temporalidad y espacio en cuestión. Hoekstra et al. (2011) comentan que Si la Huella Hídrica de un proceso específico es sostenible o no dependerá de dos criterios:

1. Contexto geográfico: la Huella Hídrica de un proceso no es sostenible cuando el proceso se encuentra en una misma zona de captación en un determinado período del año en el que la Huella Hídrica total es insostenible desde cualquier punto de vista ambiental, social o económico.
2. Características del proceso en sí: la Huella Hídrica de un proceso es insostenible en sí misma, independientemente del contexto geográfico, cuando la Huella Hídrica del proceso pueda reducirse o evitarse por completo, a un costo social aceptable.

La Huella Hídrica verde, azul o gris de un proceso es insostenible en sí misma, cuando la Huella Hídrica puede ser evitada o reducida debido a que exista una mejor tecnología a un costo social aceptable. Este puede ser el caso en las cuencas con escasez de agua, aunque también ocurre en las cuencas con abundancia de agua. Hay muchos procesos que pueden ser mejorados o sustituidos por otros procesos que no tienen Huella Hídrica o una Huella Hídrica mucho menor a un costo razonable de la sociedad o incluso con un beneficio resultante de la sociedad. Se piensa generalmente que la reducción de las Huellas Hídricas costará más dinero (tratamiento de aguas residuales, técnicas de riego más eficientes, medidas para lograr un uso más eficiente del agua de lluvia), pero esto es generalmente la miopía que resulta de una micro perspectiva, desde el punto de vista del que tiene que invertir inicialmente en las medidas necesarias. Desde una macro perspectiva, cuando se incluyen las externalidades económicas y ambientales que plantea la sobreexplotación y la contaminación de los recursos hídricos, esta reducción de la Huella Hídrica en general, se traduce en un beneficio social o como mucho en un costo razonable.

La mayoría de las formas de contaminación del agua son innecesarias y evitables. Por lo tanto, casi todos los procesos que dan lugar a Huellas Hídricas Gris son insostenibles. Muchos de los procesos con una Huella Hídrica Azul son insostenibles también. En las industrias la Huella Hídrica relacionada con el agua azul no se podrá evitar cuando las necesidades de agua dulce se incorporan a un producto, pero se podrán evitar las Huellas Hídricas Azules que se refieren a la evaporación de agua en procesos industriales en general, volviendo a capturar el agua. Un proceso es insostenible, por ejemplo, al refrigerar con agua, si no se capta el agua evaporada para su reutilización. En la agricultura, las Huellas Hídricas Azules son insostenibles cuando las técnicas ineficientes de riego que se utilizan tienen como resultado una evaporación adicional innecesaria.

Los procesos que se describen así como "insostenibles" no son necesariamente causantes de problemas inmediatos de escasez de agua o la contaminación en la cuenca de captación o de un río en los que se producen, por ejemplo, cuando hay pocos usuarios del agua, de modo que los requisitos ambientales de caudales se sigan cumpliendo y la capacidad de asimilación de los residuos no se haya consumido, pero sin embargo, no

son sostenibles, ya que consumen agua innecesariamente y disminuyen la capacidad de asimilación de residuos. Por regla general, cuando las Huellas Hídricas Verde y Azul en las zonas abundantes en agua sean demasiado grandes, reflejará una productividad del agua relativamente baja, es decir, la salida de productos es baja por unidad de consumo de agua. Esto es insostenible dado el hecho de que debería aumentarse el índice de producción de esta agua en las zonas abundantes a fin de reducir la necesidad de producir productos de gran consumo de agua en zonas con escasez de agua.

Para el caso que nos compete, podríamos decir que la Huella Hídrica de la industria mexicana, en términos generales, es una Huella Hídrica insostenible, ya que hasta la actualidad se observa que los distintos sectores industriales utilizan grandes volúmenes de recurso hídrico para sus procesos de producción, en donde el nivel de eficiencia en la utilización de este recurso suele ser muy bajo, con altas tasas de contaminación y bajos niveles de tratamiento de aguas residuales. Aunado a lo anterior, deben agregarse otros factores como el grado de presión sobre los recursos hídricos en las distintas RHA, sobre todo en las localizadas en el centro y norte del país, trayendo como consecuencia que se incremente el número de acuíferos o cuencas hidrográficas con categoría de sobreexplotados.

Desafortunadamente, no existen criterios claros aún para determinar si un proceso es insostenible en sí mismo, de modo que por el momento habrá que depender del juicio de los expertos sobre la base de las técnicas disponibles. Necesitamos desarrollar puntos de referencia mundiales, para comparar la Huella Hídrica de un proceso específico de un punto de referencia mundial para cada proceso. El punto de referencia deberá indicar la Huella Hídrica "razonable" máxima por unidad de producto de salida derivada de un proceso, expresada por separado para la Huella Hídrica Verde, Azul y Gris.

5.1.4. Formulación de Respuestas de la Huella Hídrica

Técnicamente, tanto las Huellas Hídricas Azul y Gris en las industrias se puede reducir a cero, mediante el reciclaje de agua. En un ciclo cerrado no habrá ni las pérdidas por

evaporación, ni efluentes contaminados. En las fábricas o los sistemas de refrigeración, el agua evaporada se puede capturar y reciclarse o ser devuelta a la masa de agua de donde se había extraído. Hay algunas excepciones, donde la Huella Hídrica Azul de un proceso no puede reducirse del todo a cero, sobre todo cuando el agua se utiliza para ser incorporada en un producto, esta parte de la Huella Hídrica Azul no se puede evitar, pero estamos hablando de fracciones de menor importancia en la Huella Hídrica Azul de la humanidad. Otra excepción puede ser cuando el agua se aplica al aire libre por necesidad, por lo que alguna evaporación no puede ser evitada. El único tipo de Huella Hídrica Gris que no siempre se puede reducir a cero es la Huella Hídrica Gris relacionada con la contaminación térmica, pero incluso en el caso del calor, puede darse una recuperación parcial de los efluentes con la calefacción de los sistemas de refrigeración y ser utilizada para otros fines antes de que el efluente se disponga en el medio ambiente.

La "reducción" de la Huella Hídrica Azul para una Fase del Proceso se puede lograr de cierta manera. En una cadena de producción determinada, se puede sustituir una técnica por otra técnica que resulte en una Huella Hídrica más baja o incluso nula, o se puede evitar el uso de un componente específico en el proceso de producción.

A menudo se piensa que la reducción de la Huella Hídrica es eficaz únicamente en lugares donde haya problemas de escasez de agua y la contaminación exista. En teoría no parece ser necesario reducir la Huella Hídrica Azul en una zona donde el agua es abundante, o no tener que reducir la Huella Hídrica Gris, cuando se disponga de suficiente agua para diluir los contaminantes, y cuando las concentraciones estén por debajo de las máximas permisibles.

Una estrategia de Huella Hídrica en la industria puede incluir una variedad de objetivos y actividades. Las industrias pueden reducir su Huella Hídrica operacional al reducir el consumo de agua en sus propias operaciones y reducir la contaminación del agua a cero. Las palabras clave son: evitar, reducir, reciclar y tratar antes de su eliminación. Al evitar la evaporación, la Huella Hídrica Azul se puede reducir a cero. Al reducir la producción de aguas residuales tanto como sea posible, y por el tratamiento de las aguas residuales que se sigan produciendo, la Huella Hídrica Gris se puede reducir a cero también. El tratamiento se puede hacer dentro de las instalaciones propias de las industrias o por una

instalación de tratamiento de aguas residuales públicas, siendo la calidad del agua finalmente vertida fuera al sistema de agua ambiente lo que determina la huella hídrica gris.

Para la mayoría de las industrias, la Huella Hídrica de la cadena de suministro es mucho más grande que la huella operacional. Por ello es crucial que las industrias se ocupen de sus cadenas de suministro. El logro de mejoras en la cadena de suministro puede ser más difícil, ya que no están bajo control directo, pero puede ser más eficaz. Las industrias pueden reducir su Huella Hídrica de la cadena de suministro, haciendo acuerdos de suministro que incluyan ciertas normas con sus proveedores o, simplemente cambiando de proveedor. En muchos casos no es una tarea fácil, ya que el modelo de negocios puede necesitar cambios fundamentales antes de incorporar o mejorar las cadenas de suministro y para que las cadenas de suministro sean totalmente transparentes a los consumidores.

Una industria también puede intentar reducir la Huella Hídrica de consumo que es inherente a la utilización de su producto. Cuando un consumidor utiliza jabón, champú, productos químicos de limpieza o pintura, es probable que lo tire por el desagüe. Cuando el agua no es tratada o cuando el producto químico es tal que debe ser en parte o totalmente desechado, ello le dará una Huella Hídrica Gris que se podría haber evitado si la industria hubiera utilizado sustancias menos tóxicas, menos nocivas y más fácilmente degradables.

En el cuadro 5.3 se muestran algunas opciones de respuesta o propuestas que pueden contribuir a reducir la Huella Hídrica de la industria mexicana, mediante la implementación eficiente de algunas medidas.

Cuadro 5. 3. Opciones de Respuesta a la Huella Hídrica de la Industria Mexicana

<p>Objetivos de reducción de la Huella Hídrica (operaciones)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Evaluación comparativa de productos o de los sitios. Definir las mejores prácticas y formular objetivos en cada sector industrial. 2. Reducción de la Huella Hídrica Azul en general. Reducción del uso del agua de consumo en las operaciones de reciclado, la adopción de dispositivos de ahorro de agua, reemplazar procesos obsoletos de uso de agua por procesos más eficientes. 3. Reducción de la Huella Hídrica Azul en puntos de acceso. Enfocar medidas en las RHA donde escasea el agua o en áreas donde los requisitos de caudal ambiental de un río se han violado o donde estén disminuyendo los niveles de agua subterránea o de una cuenca. 4. Reducción de la Huella Hídrica Gris en general. Reducir el volumen de aguas residuales, reciclaje de productos químicos. Tratamiento de aguas residuales antes de su eliminación. Recuperación calorífica de efluentes. 5. Reducción de la Huella Hídrica Gris en puntos de acceso. Enfocar medidas en las RHA donde las normas ambientales de calidad del agua son violadas.
<p>Objetivos de reducción de la Huella Hídrica (la cadena de suministro)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ponerse de acuerdo sobre objetivos de reducción con los proveedores. 2. Cambiar a otro proveedor, de ser necesario. 3. Obtener un control mayor, o total, sobre la cadena de suministro. Cambiar el modelo de negocios con el fin de incorporar o mejorar el control de la cadena de suministro.
<p>Objetivos de reducción de la Huella Hídrica (el uso final)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reducir las necesidades de agua inherentes a la fase de uso. Reducir el diseño de uso del agua cuando se utiliza el producto (por ejemplo, inodoros de dos botones, equipos de saneamiento en seco, alcachofas de ducha que ahorran agua, lavadoras de ahorro de agua, equipos de riego de ahorro de agua). 2. Reducir el riesgo de contaminación en fase de utilización. Evitar o minimizar el uso de sustancias en los productos que pueden ser perjudiciales cuando se diluyen en el agua.
<p>Medidas de compensación del agua</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Compensación Ambiental. Invertir más en la gestión de captación y uso eficiente del agua donde se encuentra la Huella Hídrica residual de cada industria. 2. Compensación social. Invertir en el uso equitativo del agua en la RHA donde se encuentra la Huella Hídrica residual de cada industria, por ejemplo, para mejorar el acceso al abastecimiento de agua y su saneamiento. 3. Compensación económica. Compensar a los usuarios aguas abajo que se vean afectados por el uso intensivo del agua aguas arriba de la RHA donde se encuentra la Huella Hídrica residual de cada industria.

<p>Del producto y la transparencia empresarial</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conforme a las definiciones y métodos compartidos. Promover y adoptar el estándar global para la contabilidad de la Huella Hídrica y la evaluación según lo establecido en la metodología. 2. Promover la contabilidad del agua en la cadena de suministro. Cooperar con terceras entidades a lo largo de la cadena de suministro para poder producir una contabilidad completa de los procesos de producción. 3. Informes empresariales de Huella Hídrica. Informe de los esfuerzos relacionados con el agua, los objetivos y los progresos realizados en el informe anual de sostenibilidad, que cubran también la cadena de suministro en los sectores industriales. 4. Divulgación de los informes sobre Huella Hídrica de los sectores industriales. La divulgación de los datos pertinentes a través de informes o por Internet. 5. Certificación empresarial o industrial de agua. Promover y ayudar a la creación de un sistema de certificación del agua para las industrias y ajustarse a ella.
<p>Compromisos</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Comunicación al consumidor; adquirir compromisos con organizaciones civiles. 2. Trabajar proactivamente con los gobiernos en el desarrollo de la regulación y la legislación pertinentes.

Fuente: Elaboración propia con base en Hoekstra et al., 2011.

CONCLUSIONES

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

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

La evidencia disponible en diversos análisis muestra que la demanda de agua es sensible a la evolución del ingreso y del crecimiento poblacional, de su precio y de otros precios, de las características demográficas y socioeconómicas de los hogares y también del clima, con inclusión de la temperatura y la precipitación. Es de destacar la inelasticidad de la demanda de agua en función del ingreso y el precio, en particular la del precio. Esto sugiere que el consumo de agua aumentará, aunque proporcionalmente menos que el PIB. El uso de instrumentos económicos es importante para controlar el consumo, pero también tiene sus limitaciones y debe incluir otras consideraciones sociales. También es importante destacar que el aumento de la temperatura y las modificaciones de los patrones de precipitación incidirán en la trayectoria del consumo hídrico. En particular, el aumento de la temperatura se traducirá en un aumento de la demanda de agua, lo que intensificará las presiones sobre ese recurso.

México atraviesa en la actualidad por una fase de escasez relativa de recursos hídricos, luego de haber transitado por una fase prolongada de disponibilidad de agua y otra más de sobreexplotación que aún se traslapa hoy con la escasez, acentuada por una progresiva contaminación de los cuerpos de agua, superficiales y subterráneos, que han derivado en un rezago y en algunos casos decline de la disponibilidad natural del agua. El grado de escasez varía entre RHA dependiendo de su configuración hídrica, el desarrollo económico y su proceso de urbanización.

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

Establecer una tarifa o precio por el uso, aprovechamiento o explotación del agua en México es altamente complejo y difícil, pues el precio por los derechos no solo debe integrar los gastos financieros y administrativos incurridos para su distribución, saneamiento y suministro, sino que además debe contener los costos reales que se generan por la degradación ambiental, la contaminación, la escasez y nivel de disponibilidad de los recursos hídricos, así como el grado de presión y demanda que la sociedad ejerce sobre este recurso vital.

Si bien es cierto que hasta el año 2013 la clasificación de las 9 ZD no respondía a criterios o estimaciones cuantitativas que, clasificara la disponibilidad hídrica por cuenca hidrológica y acuífero, inclusive en un mismo territorio, sino a criterios geográficos, es decir, por división municipal, no necesariamente significa que a partir del año 2014, con la nueva metodología de cálculo, es decir, a través del algoritmo propuesto, se tenga una gestión más eficiente del agua, puesto que por citar un ejemplo, los grandes usuarios tanto industriales como comerciales, pueden darse a la tarea de investigar cuales son las áreas geográficas bajo las nuevas 4 ZD que tengan mayor disponibilidad de agua y por tanto más baratas, generando con ello mayor demanda hídrica en aquellas cuencas o acuíferos que estén clasificados en las ZD 3 o 4.

Tal como menciona Guerrero et al (2008: 109-110), “aun cuando a partir del año 1999 en México se han producido una serie de decretos y programas para presionar a los organismos operadores a aplicar mejores acciones en la recaudación, y que estas reformas han generado efectos inmediatos, la consecuencia global no ha sido mayor, ya que a pesar de que la recaudación se ha incrementado, esto no implica que se esté generando una recuperación directa de los costos por el suministro del agua. Los decretos y programas han sido principalmente modificados y elaborados en el sentido de que los organismos operadores orienten sus acciones hacia el mejoramiento en la eficiencia y en la infraestructura de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales”.

Si bien en algunas regiones del país el agua es suficiente para satisfacer las demandas sin conflicto de por medio, en dos tercios del territorio, es decir, zona centro y norte, donde, por cierto, ocurre el mayor desarrollo económico y la concentración demográfica más importante, existe una gran presión sobre el vital líquido, de por sí escaso, al encontrarse comprometido para usos previamente establecidos.

Por ello, el sector hídrico requiere de un proceso de reformas que complemente el enfoque predominantemente técnico–hidráulico, para hacer más eficaz el proceso de la gestión integrada de los recursos hídricos al incorporar planteamientos concebidos desde las perspectivas social y ambiental, en el marco del desarrollo sustentable.

En general, la situación actual por la que pasan los recursos hídricos en México, son consecuencia de un uso y aprovechamiento ineficiente, de una dirección gubernamental meramente ingenieril, de una laxa aplicación jurídica, una productividad decreciente del recurso y crecientes costos ambientales y financieros que no se reflejan en las tarifas, así como la existencia de altos subsidios que no permiten cuantificar de manera más real los costos económicos, sociales y ambientales.

El análisis sobre el aprovechamiento y usos que se le dan al recurso hídrico en México es de suma importancia, tanto para el sector agropecuario y doméstico, pero podríamos decir que, en el sector industrial, toma un papel relevante, sobre todo en el contexto de una escasa, o por lo menos, limitada cantidad de estudios o investigaciones que nos

hablen sobre la situación del agua dentro de los procesos de producción de las empresas y/o industrias, así como sus efectos y consecuencias.

A pesar de que el tamaño de la muestra para el análisis de los sectores industriales fue considerablemente pequeño, con base en los resultados obtenidos, podríamos decir que fue posible generar una “fotografía” sobre los aprovechamientos del recurso agua, por parte de las industrias, a nivel nacional y por RHA. Por lo tanto, lo anterior nos permite realizar ciertas deducciones sobre los niveles de consumo del recurso hídrico en las distintas partes geográficas del país, así como el comportamiento de las variables seleccionadas.

En términos generales, si comparamos la participación de las once variables entre los ocho sectores industriales, es destacable la participación sobre todo del sector minero y bebidas, principalmente, no obstante, la participación del sector química y acero, también son relevantes.

Al analizar dichos sectores industriales por RHA nos encontramos con grandes heterogeneidades, de las cuales se pueden hacer muchas deducciones, pero inclusive sin llegar a una conclusión concreta. Por ejemplo, por RHA es notable la participación de la RHA VI, pero, sobre todo, de la RHA XIII, prácticamente en todas las variables. No por nada, es la RHA de mayor aporte al PIB nacional, pero también la que presenta los mayores niveles de estrés y presión hídrica.

Contrario a los argumentos de predicción de la teoría económica, acerca de la eficiencia de los recursos, en un contexto de escasez de los mismos, se supondría que la utilización de los recursos hídricos debiera ser eficiente y eficaz, pero no es así, el agua constantemente se aprovecha de manera ineficiente, aun cuando este recurso continúa presentando signos de escases y disponibilidad. ¿Por qué? Quizá la respuesta la podamos encontrar en las políticas del sector agua, en el enfoque en el cual se sostienen y en el marco dentro del cual se formulan y se implementan. Para lograr los objetivos de mejora de la calidad del agua y la protección de los recursos hídricos, los individuos y las organizaciones deben cumplir y actuar en el interés colectivo. Las intenciones políticas, o los objetivos de gestión del agua, se deben traducir en leyes y reglamentos, con

responsabilidades asignadas a diferentes actores. Los resultados de las políticas dependen en gran medida de la forma en que se aplican esas responsabilidades, en todos los niveles, teniendo en cuenta los costos

El interés por la Huella Hídrica se origina en el reconocimiento de que los impactos humanos en los ecosistemas acuáticos pueden estar relacionados, en última instancia, al consumo humano y que temas como la escasez o contaminación del agua pueden ser mejor entendidos y gestionados considerando la cadena de producción y de distribución en su totalidad.

En México, la aplicación metodológica de la Huella Hídrica, es aún muy escasa, sobre todo para fines de gestión y planeación sustentable de los recursos hídricos. Si bien, se han encontrado algunas referencias de estudios sobre el sector agropecuario, su aplicación en el sector industrial mexicano es prácticamente nulo. Guerrero (2005) nos muestra un precedente de análisis sobre los 8 sectores mexicanos más representativos de la actividad industrial (acero, alimentos, azúcar, bebidas, papel, química, textil y minería) en términos de demanda y aprovechamiento de los recursos hídricos en sus procesos de producción. La autora realizó un análisis econométrico para determinar el nivel de eficiencia en la demanda del agua industrial con fines de gestión y planeación sustentable, como elementos para la aplicación de políticas públicas eficientes en materia hídrica.

La Huella Hídrica es un concepto relativamente nuevo y la evaluación de la Huella Hídrica es una nueva herramienta. Como a menudo sucede con nuevos conceptos y herramientas que son prometedoras y buscan inspirar la imaginación del investigador, estas expectativas no son siempre realistas. Teniendo en cuenta el hecho de que los recursos hídricos son limitados, la Huella Hídrica es un indicador muy útil, ya que muestra cuándo, dónde y cómo sobrecargan la demanda de este recurso limitado los consumidores, productores, y los procesos individuales y con cuáles productos. La evaluación de la Huella Hídrica es una herramienta útil para cuantificar y localizar las Huellas Hídricas, para evaluar si son sostenibles e identificar opciones para reducirlas en caso necesario. No obstante, la Huella Hídrica no es más que un indicador relevante en el tema mucho más amplio del desarrollo sustentable, que trata de mejorar el uso de los

recursos hídricos. Obviamente tiene que ser complementada con una amplia gama de otros indicadores pertinentes antes de que pueda surgir una visión global. Del mismo modo, la evaluación de la Huella Hídrica no es más que una herramienta para dilucidar las complejas relaciones entre las sociedades y sus entornos. Se centra en el uso de los recursos de agua dulce bajo el prisma de unas existencias limitadas. No hace referencia a cuestiones de agua si no están relacionados con su escasez, tales como inundaciones o la falta de infraestructura para un suministro de agua adecuado a las comunidades pobres. Asimismo, no se ocupa de cuestiones ambientales distintas a la de la escasez de agua dulce.

La evaluación de la Huella Hídrica es por tanto una herramienta parcial, para ser utilizada en combinación con otros medios analíticos, con el fin de facilitar la comprensión de toda una gama de temas relevantes antes de tomar decisiones. La rápida adopción de la Huella Hídrica como indicador global de apropiación de agua dulce por el ser humano es muy útil para promover el tema de la escasez de agua en la agenda de los gobiernos y las empresas, pero siempre existe el riesgo de simplificarla demasiado. Hay una tendencia en los gobiernos y en las empresas a reducir la compleja realidad en un número muy limitado de indicadores. En gobiernos, el enfoque principal es el "producto nacional bruto" y en las empresas el "beneficio", como único indicador. Más ampliamente hablando, los gobiernos se centran generalmente en un número limitado de indicadores sociales, ambientales y económicos, donde el producto nacional bruto es uno de los indicadores económicos. Las empresas suelen utilizar un número limitado de "indicadores clave de rendimiento". La Huella Hídrica puede ser vista como un nuevo indicador. La adición de este indicador en el tablero de los responsables políticos y gerentes generales es útil, pero sufre el mismo problema que todos los demás indicadores ambientales sociales y económicos ampliamente utilizados: no cuentan toda la historia, y sólo la reducen a una medida simplista. Por tanto, los indicadores sólo son útiles siempre y cuando se haga un uso racional de los mismos.

BIBLIOGRAFÍA

- AgroDer. (2012). Huella Hídrica en México en el contexto de Norteamérica. *Word Wild Foundation México & AgroDer México*, 1-46.
- Aldaya, M., Niemeyer, I. & Zárate, E. (2011). Agua y Globalización: retos y oportunidades para una mejor gestión de los recursos hídricos. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, Issue 230, 61-83.
- CEPAL. (2015). La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Paradojas y desafíos del desarrollo sostenible. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Euroclima. Comisión Europea. Cooperación Alemana. Cooperación Española. Cooperación Regional Francesa*, 1-98.
- CIC. (2015). Huella Hídrica. *Boletín informativo de la Coordinación de la Investigación Científica. UNAM*, Issue 168, 1-16.
- CONAGUA. (2016). Estadísticas del agua en México. *Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)*, 1-282.
- CONAGUA. (2014). Estadísticas del agua en México. *Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)*, 1-242.
- De Miguel, C. & Tavares, M. (2015). El desafío de la sostenibilidad ambiental en América Latina y el Caribe. *Páginas selectas de la CEPAL. Comisión Económica para América Latina y el Caribe*, 1-148.

- DOF. (2013). Ley Federal de Derechos. *Diario Oficial de la Federación (DOF)*, 1-476.
- DOF. (2014). Ley Federal de Derechos. *Diario Oficial de la Federación (DOF)*, 1-76.
- DOF (2017). Ley Federal de Derechos. *Diario Oficial de la Federación (DOF)*, 1-476.
- FAO. (2012). Material didáctico sobre la Huella Hídrica. Agua y Seguridad Alimentaria. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*, 1-130.
- FFLA. (2013). Huella de ciudades: Manual para la evaluación de la Huella Hídrica. *Fundación Futuro Latinoamericano*, 1-44.
- FCEA. (2017). Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C. *Fundación Gonzalo Río Arronte, I.A.P. agua.org.mx*.
- Galindo, L. M., Samaniego, J. L., Alatorre, J. E. & Carbonell, J. F. (2014). Reflexiones metodológicas del análisis del cambio climático. Una visión desde América Latina. *Estudios del cambio climático en América Latina. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Euroclima. Comisión Europea*, 1-52.
- García Vega, D. & Guerrero, H. (2017). La Huella Hídrica como instrumento de gestión para el uso eficiente de los recursos hídricos: el caso del sector industrial mexicano. *5th Young Water Professionals Conference. The International Water Association*.
- Guerrero H. & Alban T. (2004). Water Pricing Reforms in Mexico: The case of the manufacturing sector. *Econometrics informing Natural Resources Management: Selected Empirical Analyses. Edward Elgar Publishing, Phoebe Koundouri (ed.), ISBN: 1-84376-922-0, 45-82*.

- Guerrero, H. (2005). Industrial Water Demand in Mexico: Econometric Analysis and Implications for Water Management Policy. *Tesis de Doctorado. Universite de Toulouse 1 - Sciences Sociales.*
- Guerrero, H. (2007). El Uso de Instrumentos Económicos para una Gestión de los Recursos Hídricos, enfoque global de la gestión integrada. *Economía del Agua; ed. la Junta de Castilla-La Mancha. España. ISBN: 978-84-7788-465-1, 63-76.*
- Guerrero, H., Yúnez-Naude, A. & Medellín J. (2008). El Agua en México. Consecuencias de las políticas de intervención en el sector. *Fondo de Cultura Económica. No 100 de Lecturas El Trimestre Económico.*
- Guerrero, H., Gómez, F. & Rodríguez, J. R. (2013). Metodología para la construcción de un Sistema de Indicadores de Sustentabilidad para el estado de Michoacán en su componente AGUA. *Proyecto Interno. Coordinación de la Investigación Científica (CIC). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.*
- Guerrero, H., Gómez, F. & Rodríguez, J. R. (2015). Water Pricing in Mexico: Pricing structures and implications. *In Ariel Dinar, Víctor Pochat & José Albiac Murillo (Eds) Water Pricing Experiences and Innovations. Series Title: Global Issues in Water Policy. Springer Publishing, forthcoming October.*
- Guerrero, H. (2015). Determinación de la elasticidad precio de la demanda del agua para la industria en México como instrumento de política pública en el uso eficiente del recurso hídrico 2014-2015. *Proyecto Interno. Coordinación de la Investigación Científica (CIC). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH).*
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M. & Mekonnen, M. M. (2011). The Water Footprint Assessment Manual. Setting the Global Standard. *Publicado por Earthscan (publishing for a sustainable future), 1-228.*

- IDEAS. (2014). Reformas a la Ley Federal de Derechos (LFD) para el año 2014 en materia de uso de aguas nacionales y descargas de aguas residuales a bienes nacionales. *Iniciativa para el Desarrollo Ambiental y Sustentable, S.C. (IDEAS)*, 1-3.
- Iniciativa. (2013). Iniciativa de Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley Federal de Derechos en materia de Zonas de Disponibilidad del Agua para el año 2014. *Presidencia de la República (PR)*, 1-121.
- IMTA. (2017). Huella Hídrica en México: análisis y perspectivas. *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*, 1-258.
- ISO. (2014). Norma ISO 14046:2014 Gestión ambiental huella de agua, principios, requisitos y directrices. *Organización Internacional de Normalización*.
- Llamas, M. R. (2005). Los colores del agua, el agua virtual y los conflictos hídricos. *Revista Académica de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 99(2), 369-389.
- Muñoz, C. (2011). Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis. *Prentice Hall, Editorial Pearson Educación, Segunda Edición, ISBN 978-607-32-0456-9*.
- OCDE. (2015). Principios de Gobernanza del Agua de la OCDE. *Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos*, 1-24.
- PNUMA. (2012). Aguas saludables para el desarrollo sustentable. Estrategia operativa del PNUMA para el agua dulce 2012-2016. *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente*, 1-60.
- Toledo, A. (2002). El agua en México y el mundo. *Gaceta Ecológica. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México*, Issue 64, 9-18.

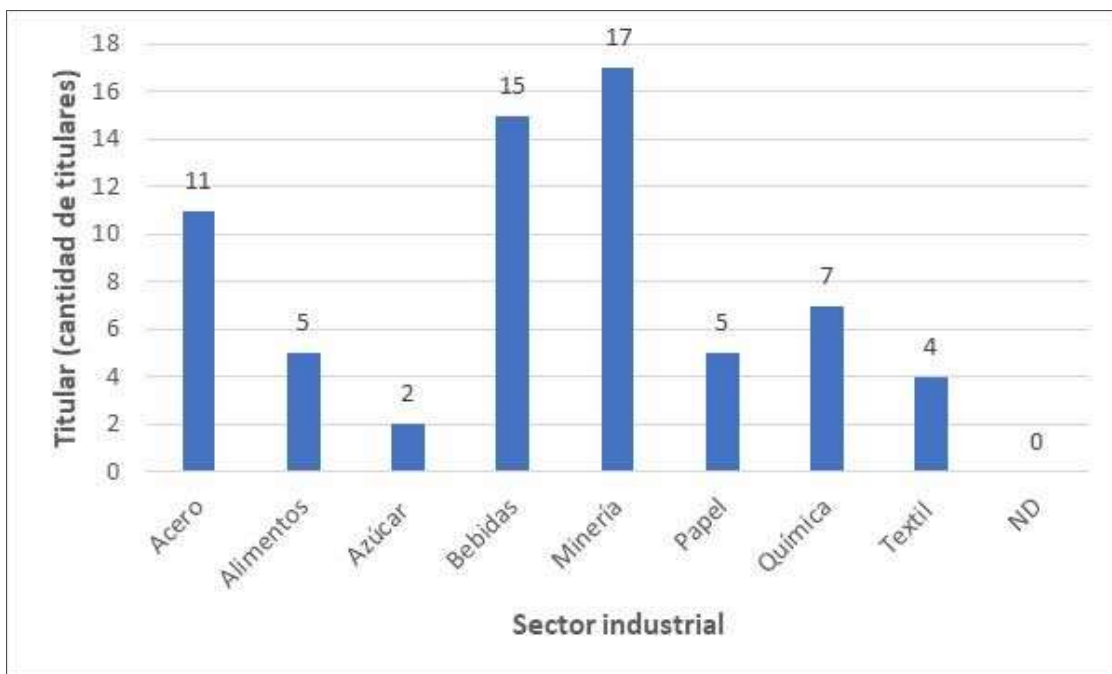
- TUNZA. (2010). Agua: ¿Per a qué precio? *Tunza, la revista del PNUMA para los jóvenes, por los jóvenes, sobre los jóvenes, Issue 3*, 1-24.
- UN. (2003). Agua para todos. Agua para la vida. *Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo. Word Water Assessment Programme*, 1-36.
- UN. (2015). Agua para un mundo sustentable. Datos y cifras. *Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo. Word Water Assessment Programme*, 1-12.
- UN-Water. (2005). El agua, fuente de vida 2005-2015. *Mecanismo inter-institucional de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sustentable*, 1-20.
- UN-Water. (2014). Un objetivo global para el agua post 2015. Asegurando agua sustentable para todos. *Síntesis de las principales conclusiones y recomendaciones de ONU-Agua*, 1-10.
- UN-Water. (2017). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. *Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO)*.
- Vázquez del Mercado, R. (2012). Introducción a la Huella Hídrica. *Programa de Formación Iberoamericano en Materia de Aguas. Agua y Economía Verde. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)*, 1-63.
- Vázquez del Mercado, R. & Buenfil, M. O. (2012). Huella Hídrica de América Latina: Retos y Oportunidades. *Revista Aqua-LAC* 1, 4 (1), 41-48.

ANEXOS

Anexo A:

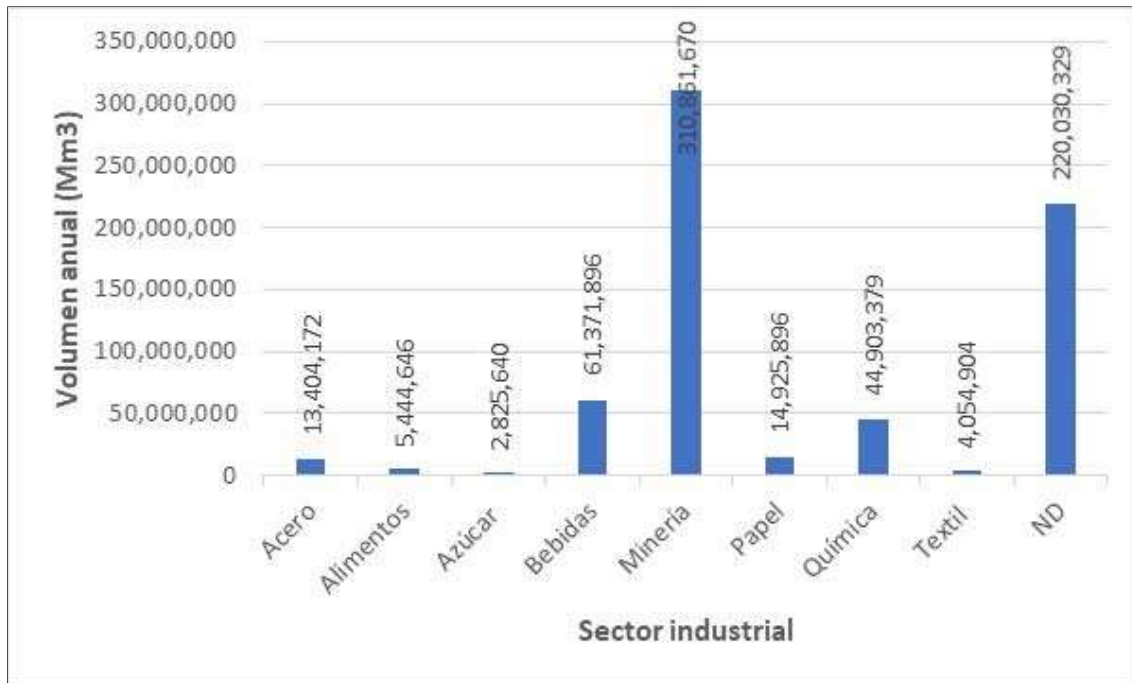
Enseguida se presenta el conjunto de gráficas complementarias del CAPÍTULO III. PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES SECTORES INDUSTRIALES EN MÉXICO, Sección 3.2. Resultados del proyecto, correspondientes a las variables Titular, Volumen anual, Unidades económicas, Personal ocupado total, Total de remuneraciones, Materias primas e insumos que se integran físicamente a los bienes producidos, Total de gastos y Total de ingresos.

Gráfica 3. 15. Titular (cantidad de titulares) por Sector Industrial



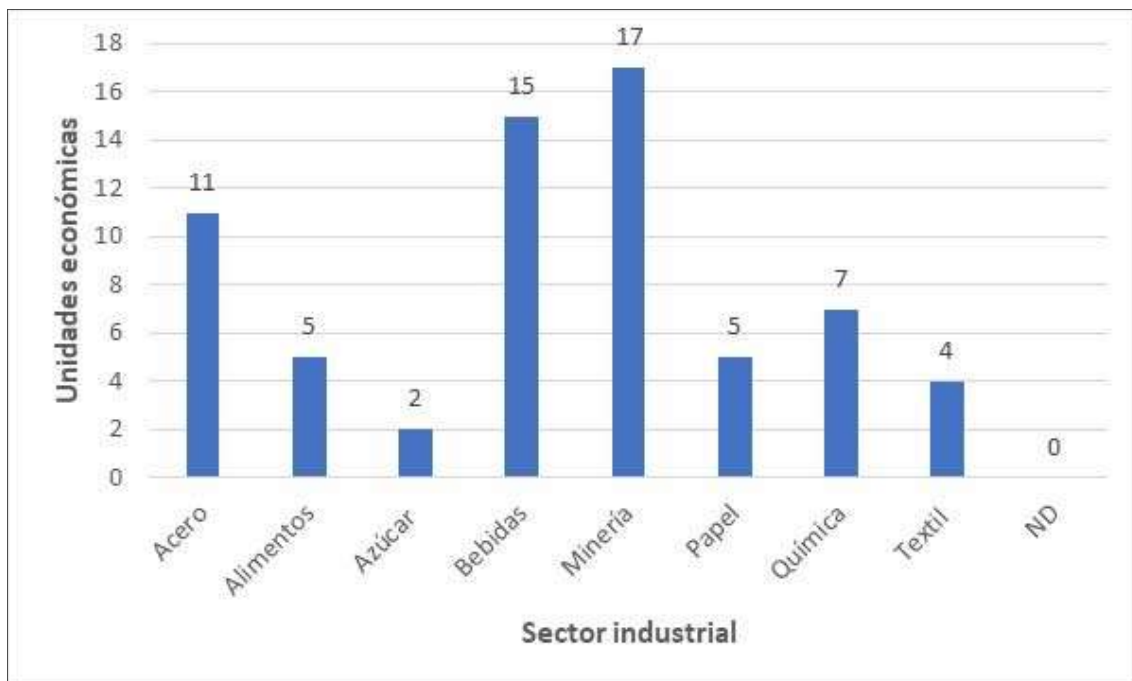
Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

Gráfica 3. 16. Volumen anual (Mm3) por Sector Industrial



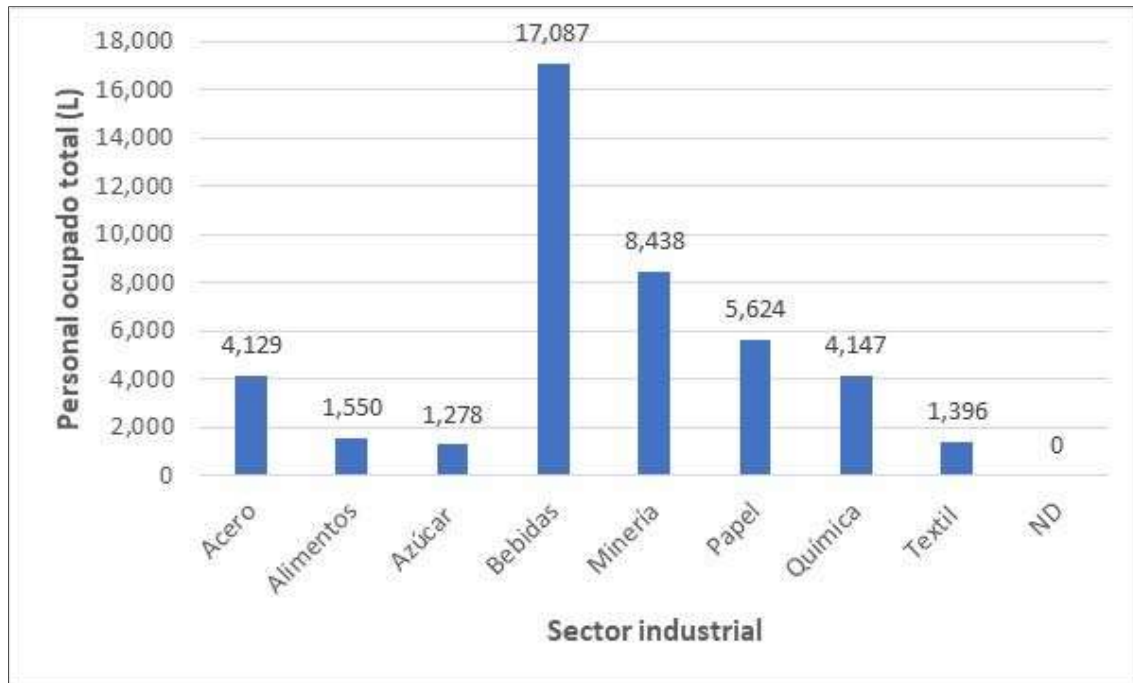
Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

Gráfica 3. 17. Unidades económicas por Sector Industrial



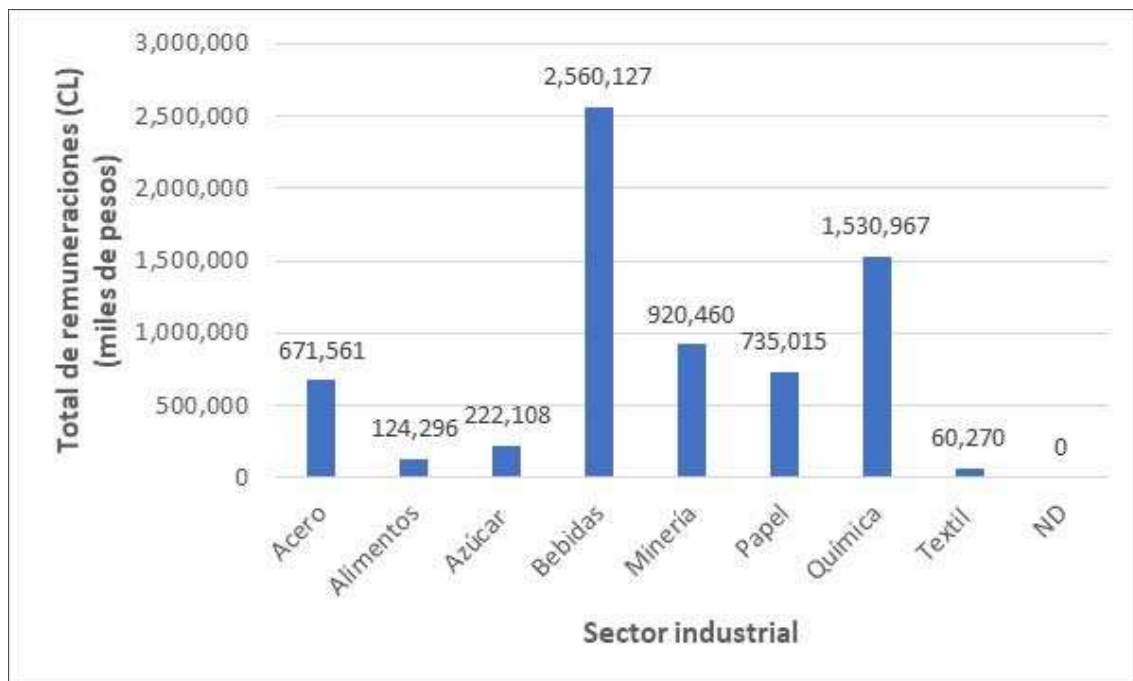
Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

Gráfica 3. 18. Personal ocupado total (L) por Sector Industrial



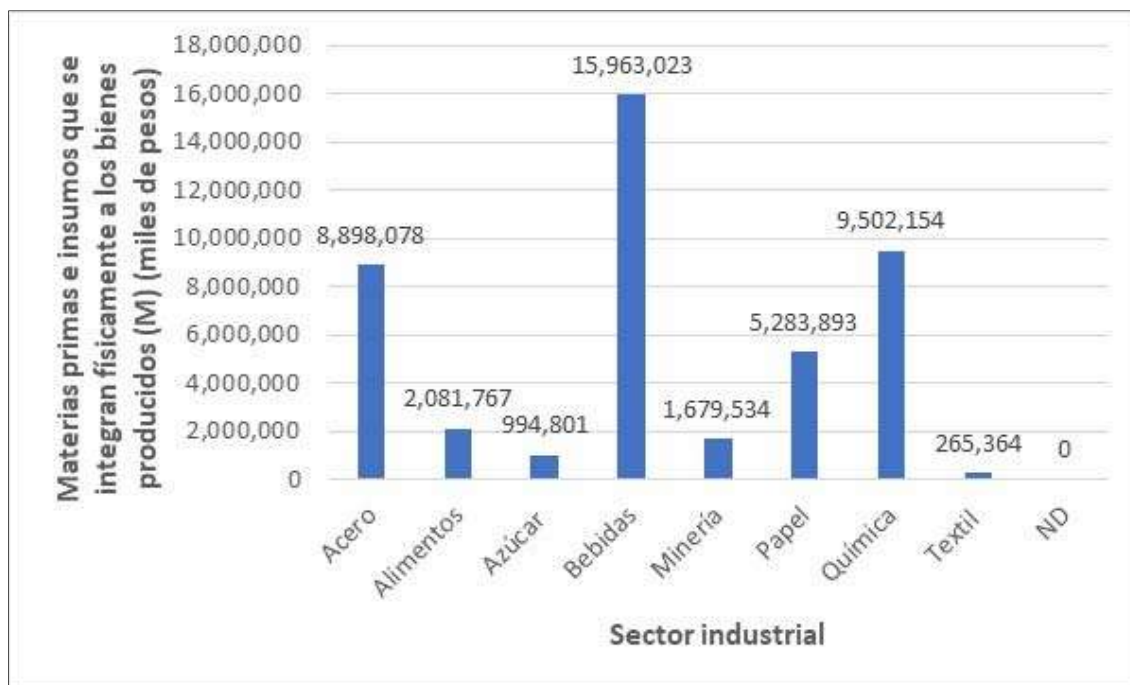
Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

Gráfica 3. 19. Total de remuneraciones (CL) (miles de pesos) por Sector Industrial



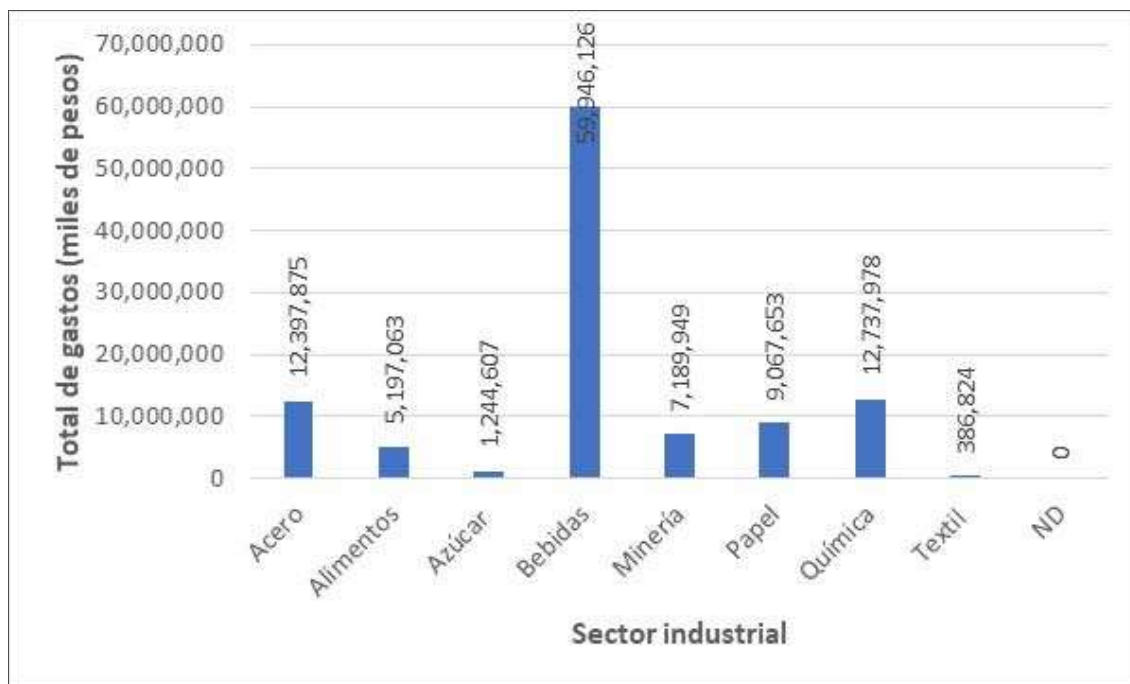
Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

Gráfica 3. 20. Materias primas e insumos que se integran físicamente a los bienes producidos (M) (miles de pesos) por Sector Industrial



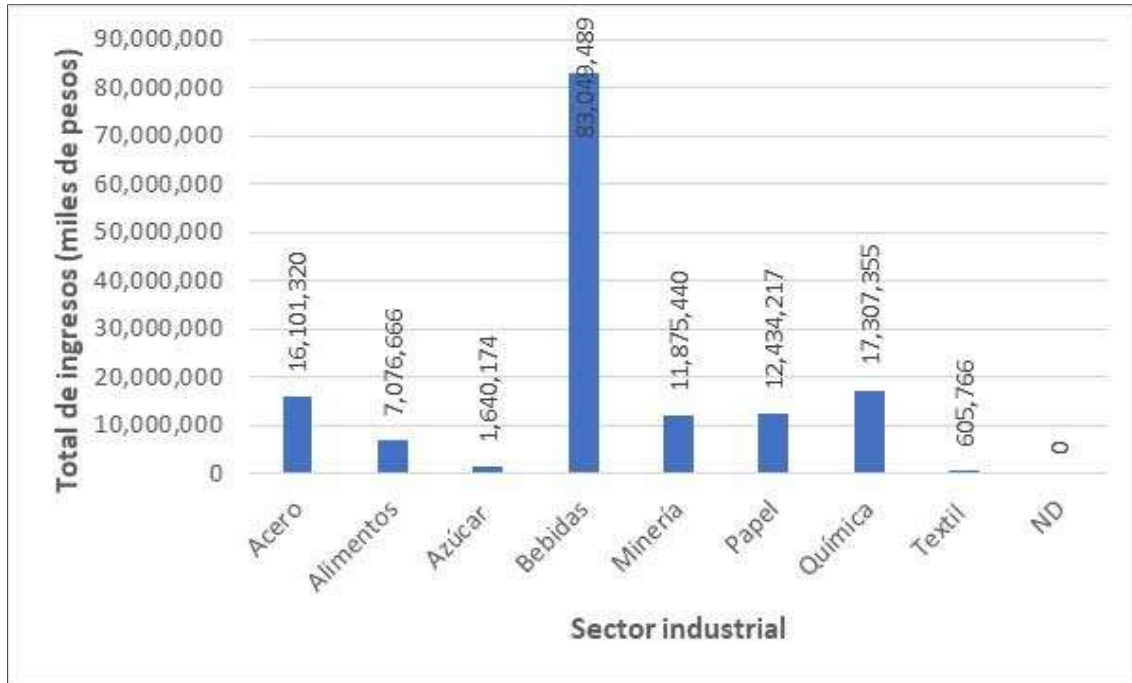
Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

Gráfica 3. 21. Total de gastos (miles de pesos) por Sector Industrial



Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

Gráfica 3. 22. Total de ingresos (miles de pesos) por Sector Industrial



Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015.

Anexo B:

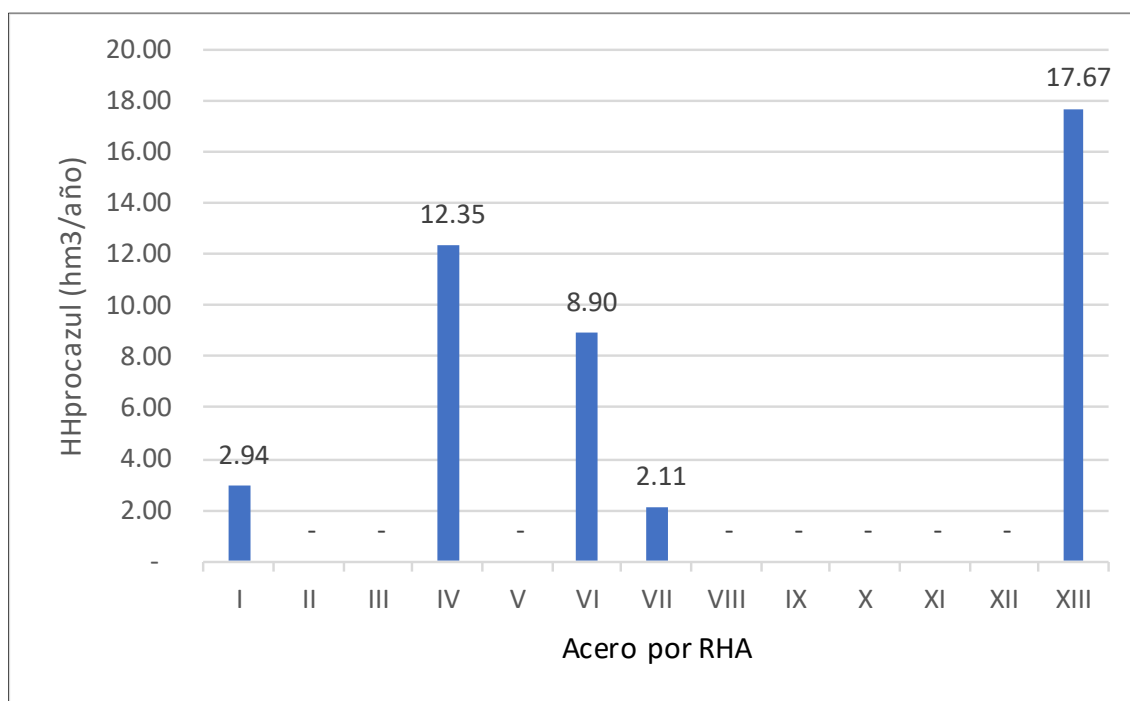
Enseguida se presenta el conjunto de cuadros y gráficas complementarias del CAPÍTULO V. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LA HUELLA HÍDRICA EN EL SECTOR INDUSTRIAL MEXICANO, Sección 5.1. Estimación de la Huella Hídrica en el sector industrial mexicano. Estos cuadros y gráficas son referentes a la Huella Hídrica de cada uno de los sectores industriales seleccionados para cada una de las 13 RHA.

Cuadro 5. 4. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial Acero por RHA

Acero por RHA	Evaporación de Agua Azul	Incorporación de Agua Azul	% de Incorporación de Agua Azul	Flujo de Retorno Perdido	HHprocazul (hm3/año)
I	0.96	0.93	6.70%	1.05	2.94
II	-	0.00	0.00%	-	-
III	-	0.00	0.00%	-	-
IV	4.02	3.91	28.09%	4.42	12.35
V	-	0.00	0.00%	-	-
VI	2.90	2.82	20.24%	3.19	8.90
VII	0.69	0.67	4.81%	0.76	2.11
VIII	-	0.00	0.00%	-	-
IX	-	0.00	0.00%	-	-
X	-	0.00	0.00%	-	-
XI	-	0.00	0.00%	-	-
XII	-	0.00	0.00%	-	-
XIII	5.75	5.59	40.17%	6.33	17.67
Total	14.31	13.92	100.00%	15.75	43.98

Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

Gráfica 5. 3. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial Acero por RHA



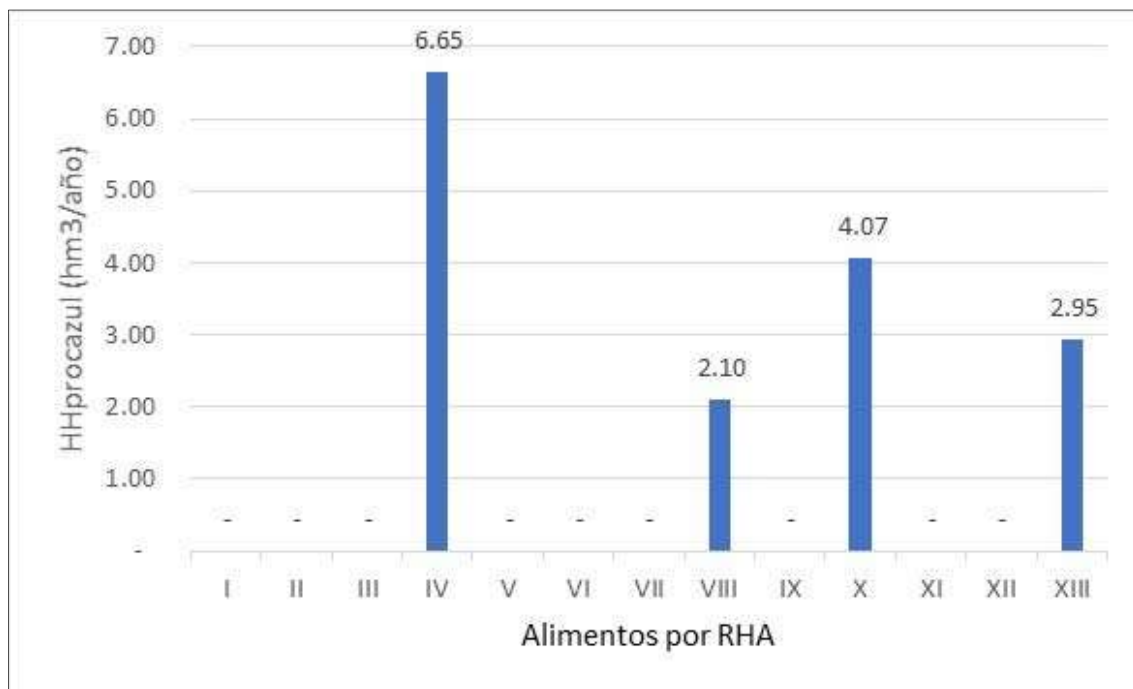
Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

Cuadro 5. 5. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial Alimentos por RHA

Alimentos por RHA	Evaporación de Agua Azul	Incorporación de Agua Azul	% de Incorporación de Agua Azul	Flujo de Retorno Perdido	HHprocazul (hm3/año)
I	-	0.00	0.00%	-	-
II	-	0.00	0.00%	-	-
III	-	0.00	0.00%	-	-
IV	2.17	2.11	42.19%	2.38	6.65
V	-	0.00	0.00%	-	-
VI	-	0.00	0.00%	-	-
VII	-	0.00	0.00%	-	-
VIII	0.68	0.66	13.31%	0.75	2.10
IX	-	0.00	0.00%	-	-
X	1.32	1.29	25.81%	1.46	4.07
XI	-	0.00	0.00%	-	-
XII	-	0.00	0.00%	-	-
XIII	0.96	0.93	18.69%	1.06	2.95
Total	5.13	4.99	100.00%	5.65	15.77

Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

Gráfica 5. 4. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial Alimentos por RHA



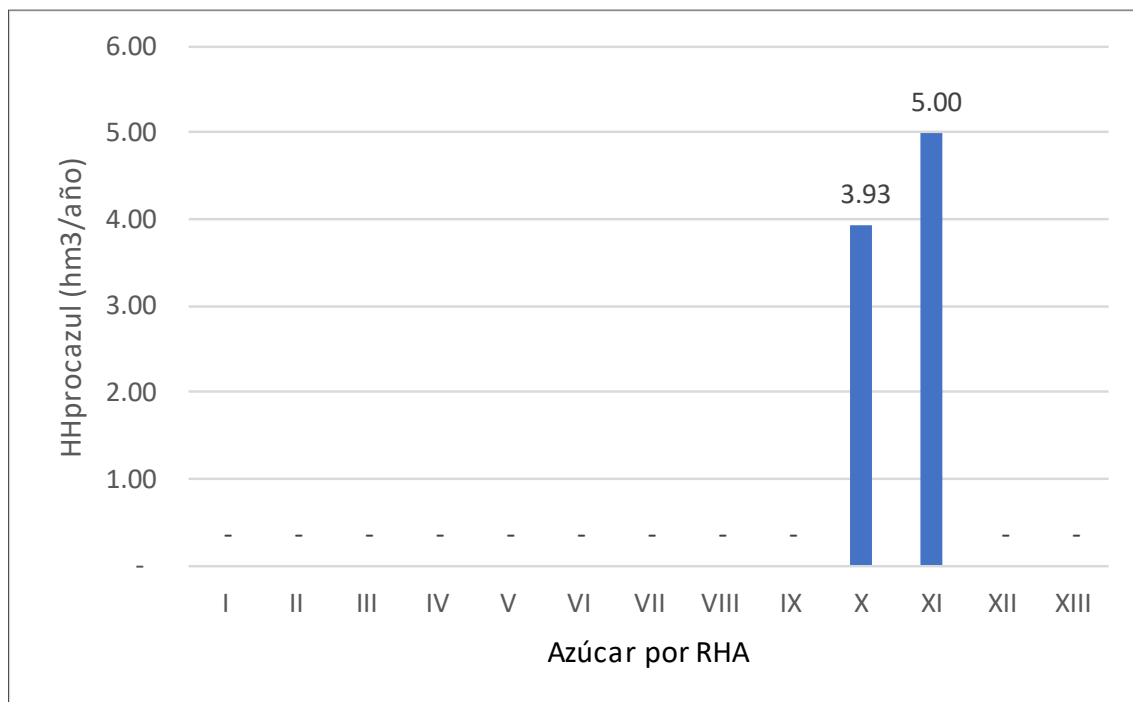
Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

Cuadro 5. 6. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial Azúcar por RHA

Azúcar por RHA	Evaporación de Agua Azul	Incorporación de Agua Azul	% de Incorporación de Agua Azul	Flujo de Retorno Perdido	HHprocazul (hm3/año)
I	-	0.00	0.00%	-	-
II	-	0.00	0.00%	-	-
III	-	0.00	0.00%	-	-
IV	-	0.00	0.00%	-	-
V	-	0.00	0.00%	-	-
VI	-	0.00	0.00%	-	-
VII	-	0.00	0.00%	-	-
VIII	-	0.00	0.00%	-	-
IX	-	0.00	0.00%	-	-
X	1.28	1.24	44.03%	1.41	3.93
XI	1.63	1.58	55.97%	1.79	5.00
XII	-	0.00	0.00%	-	-
XIII	-	0.00	0.00%	-	-
Total	2.91	2.83	100.00%	3.20	8.93

Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

Gráfica 5. 5. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial Azúcar por RHA



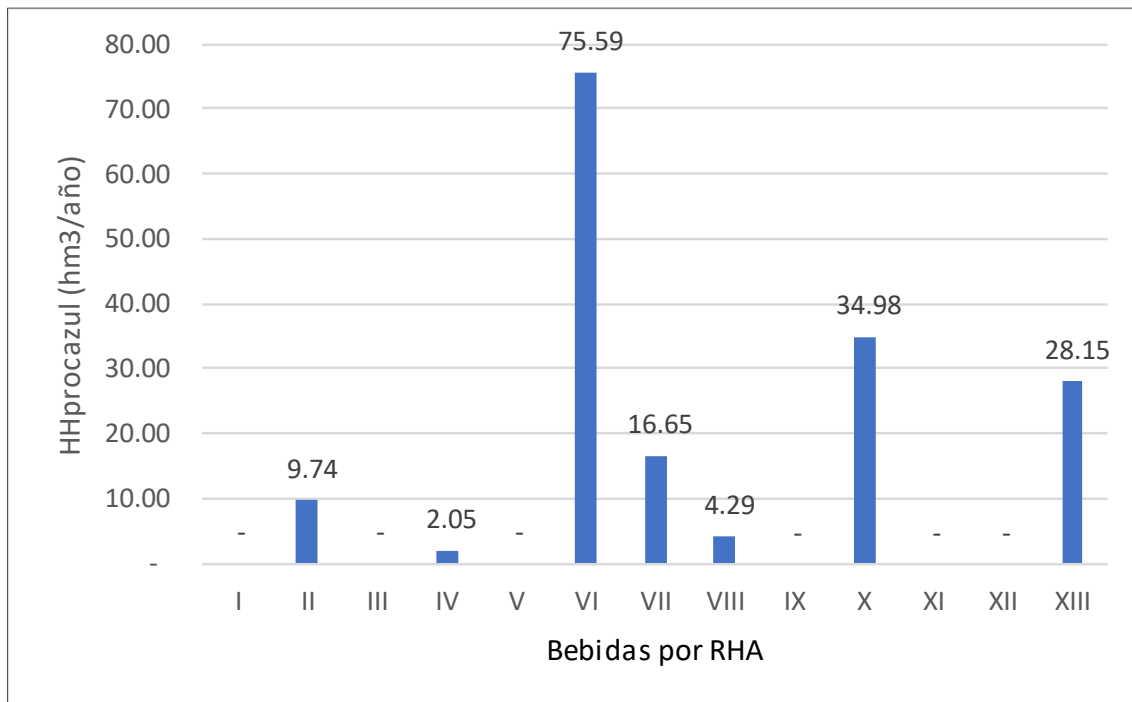
Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

Cuadro 5. 7. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial Bebidas por RHA

Bebidas por RHA	Evaporación de Agua Azul	Incorporación de Agua Azul	% de Incorporación de Agua Azul	Flujo de Retorno Perdido	HHprocazul (hm3/año)
I	-	0.00	0.00%	-	-
II	3.17	3.08	5.68%	3.49	9.74
III	-	0.00	0.00%	-	-
IV	0.67	0.65	1.20%	0.74	2.05
V	-	0.00	0.00%	-	-
VI	24.60	23.92	44.09%	27.07	75.59
VII	5.42	5.27	9.71%	5.96	16.65
VIII	1.40	1.36	2.50%	1.54	4.29
IX	-	0.00	0.00%	-	-
X	11.38	11.07	20.40%	12.53	34.98
XI	-	0.00	0.00%	-	-
XII	-	0.00	0.00%	-	-
XIII	9.16	8.91	16.42%	10.08	28.15
Total	55.80	54.26	100.00%	61.40	171.46

Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

Gráfica 5. 6. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial Bebidas por RHA



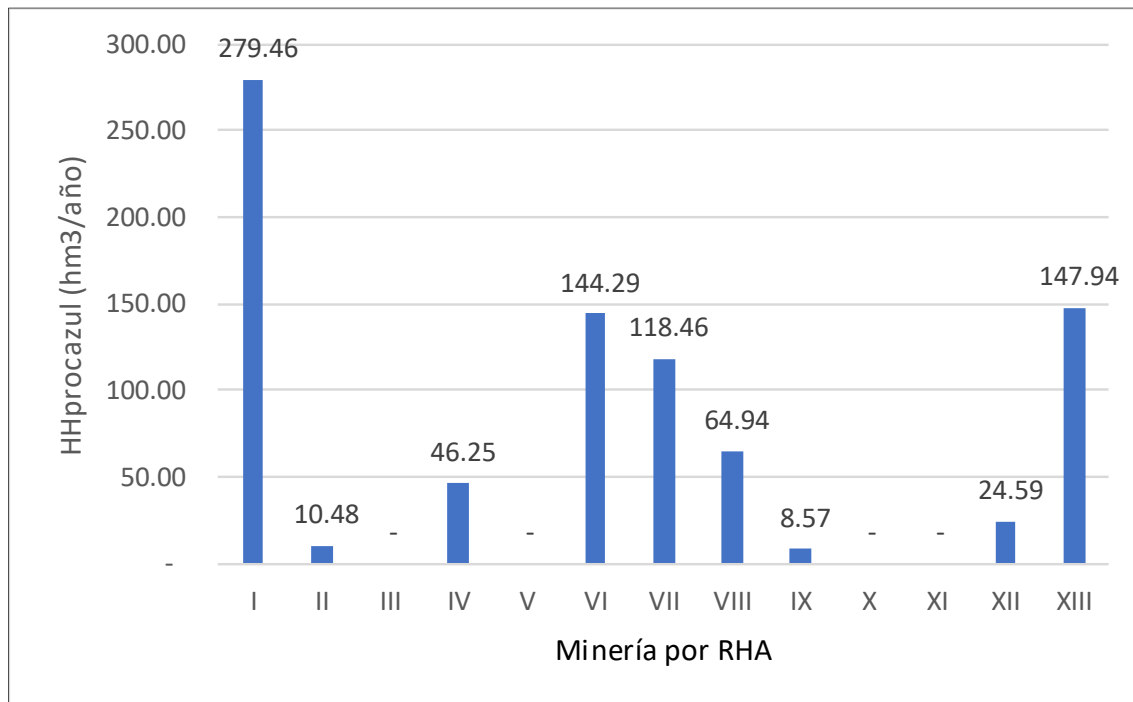
Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

Cuadro 5. 8. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial Minería por RHA

Minería por RHA	Evaporación de Agua Azul	Incorporación de Agua Azul	% de Incorporación de Agua Azul	Flujo de Retorno Perdido	HHprocazul (hm3/año)
I	90.95	88.44	33.07%	100.07	279.46
II	3.41	3.32	1.24%	3.75	10.48
III	-	0.00	0.00%	-	-
IV	15.05	14.64	5.47%	16.56	46.25
V	-	0.00	0.00%	-	-
VI	46.96	45.66	17.08%	51.67	144.29
VII	38.55	37.49	14.02%	42.42	118.46
VIII	21.13	20.55	7.69%	23.25	64.94
IX	2.79	2.71	1.01%	3.07	8.57
X	-	0.00	0.00%	-	-
XI	-	0.00	0.00%	-	-
XII	8.00	7.78	2.91%	8.81	24.59
XIII	48.14	46.82	17.51%	52.98	147.94
Total	275.00	267.41	100.00%	302.58	844.99

Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

Gráfica 5. 7. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial Minería por RHA



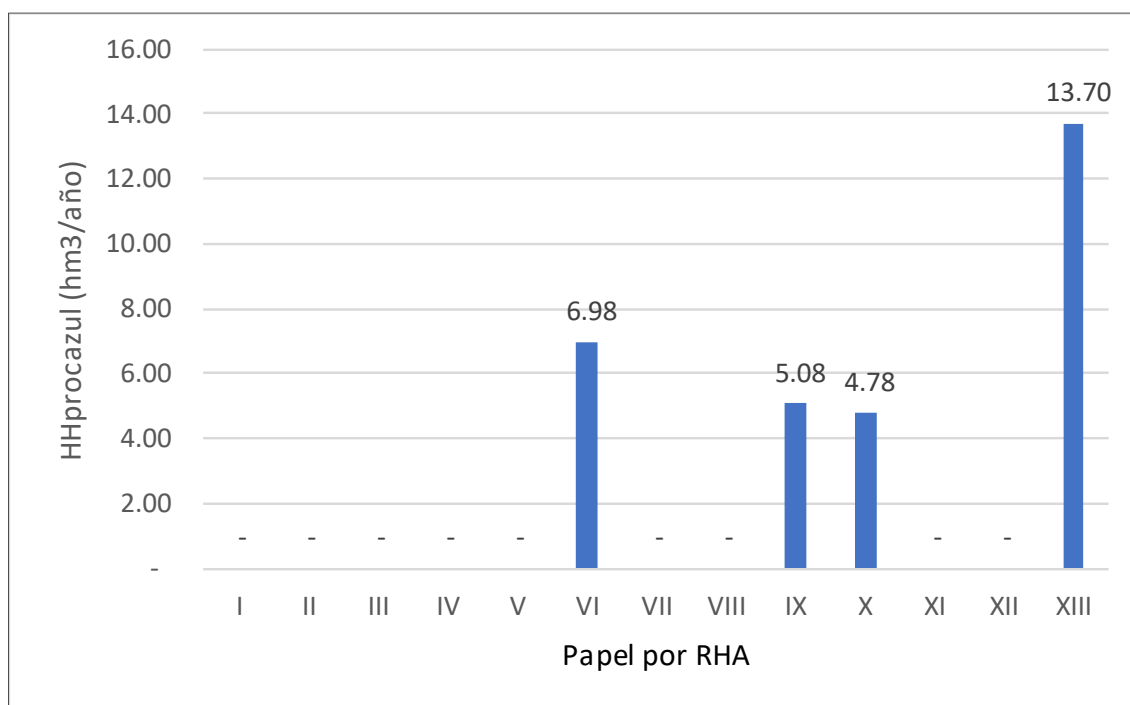
Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

Cuadro 5. 9. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial Papel por RHA

Papel por RHA	Evaporación de Agua Azul	Incorporación de Agua Azul	% de Incorporación de Agua Azul	Flujo de Retorno Perdido	HHprocazul (hm3/año)
I	-	0.00	0.00%	-	-
II	-	0.00	0.00%	-	-
III	-	0.00	0.00%	-	-
IV	-	0.00	0.00%	-	-
V	-	0.00	0.00%	-	-
VI	2.27	2.21	22.85%	2.50	6.98
VII	-	0.00	0.00%	-	-
VIII	-	0.00	0.00%	-	-
IX	1.65	1.61	16.63%	1.82	5.08
X	1.55	1.51	15.64%	1.71	4.78
XI	-	0.00	0.00%	-	-
XII	-	0.00	0.00%	-	-
XIII	4.46	4.34	44.87%	4.91	13.70
Total	9.94	9.67	100.00%	10.94	30.54

Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

Gráfica 5. 8. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial Papel por RHA



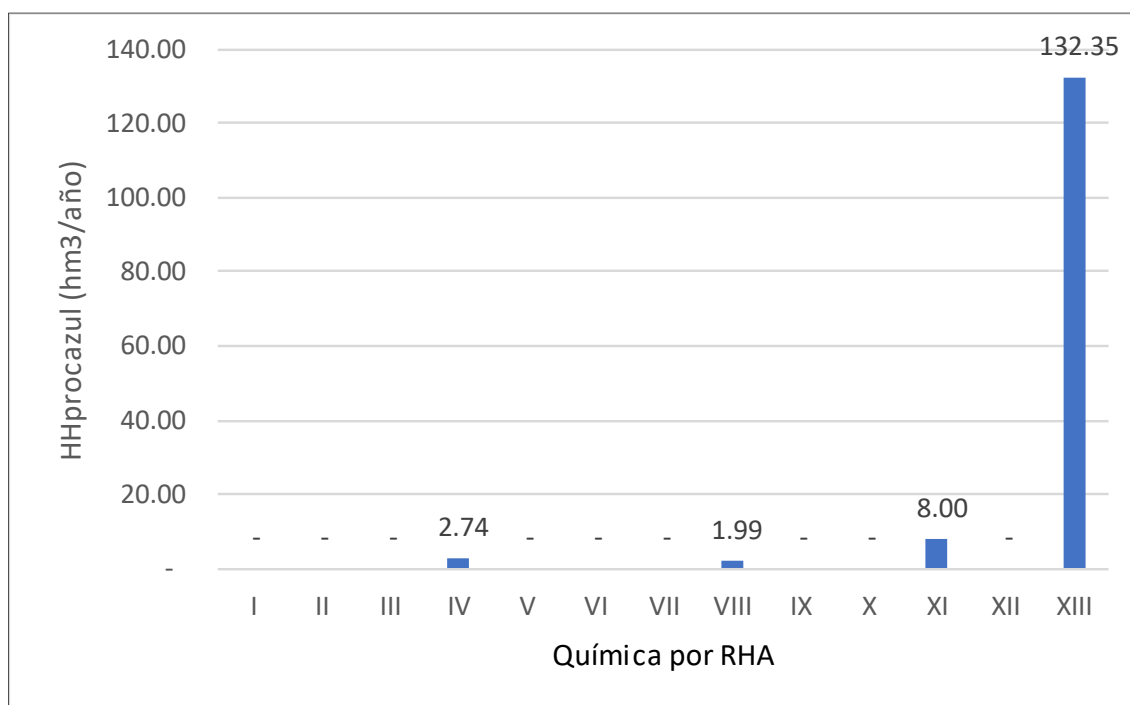
Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

Cuadro 5. 10. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial Química por RHA

Química por RHA	Evaporación de Agua Azul	Incorporación de Agua Azul	% de Incorporación de Agua Azul	Flujo de Retorno Perdido	HHprocazul (hm3/año)
I	-	0.00	0.00%	-	-
II	-	0.00	0.00%	-	-
III	-	0.00	0.00%	-	-
IV	0.89	0.87	1.89%	0.98	2.74
V	-	0.00	0.00%	-	-
VI	-	0.00	0.00%	-	-
VII	-	0.00	0.00%	-	-
VIII	0.65	0.63	1.37%	0.71	1.99
IX	-	0.00	0.00%	-	-
X	-	0.00	0.00%	-	-
XI	2.60	2.53	5.51%	2.86	8.00
XII	-	0.00	0.00%	-	-
XIII	43.07	41.89	91.23%	47.39	132.35
Total	47.22	45.91	100.00%	51.95	145.09

Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

Gráfica 5. 9. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial Química por RHA



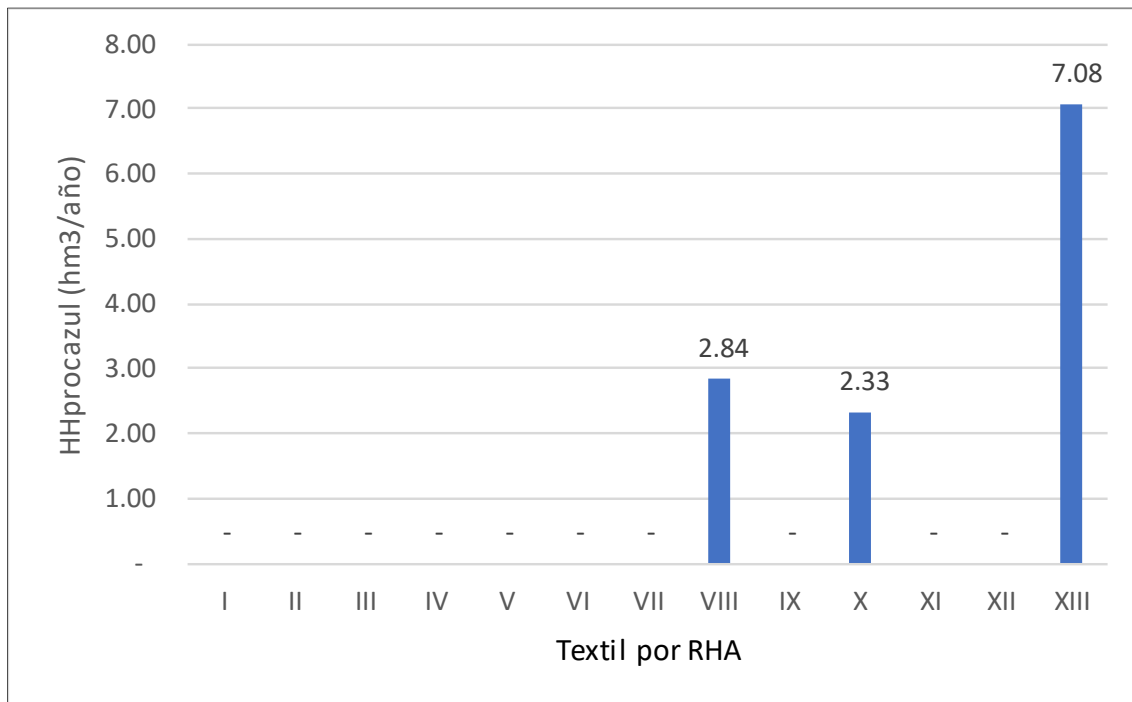
Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

Cuadro 5. 11. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial Textil por RHA

Textil por RHA	Evaporación de Agua Azul	Incorporación de Agua Azul	% de Incorporación de Agua Azul	Flujo de Retorno Perdido	HHprocazul (hm3/año)
I	-	0.00	0.00%	-	-
II	-	0.00	0.00%	-	-
III	-	0.00	0.00%	-	-
IV	-	0.00	0.00%	-	-
V	-	0.00	0.00%	-	-
VI	-	0.00	0.00%	-	-
VII	-	0.00	0.00%	-	-
VIII	0.93	0.90	23.21%	1.02	2.84
IX	-	0.00	0.00%	-	-
X	0.76	0.74	19.00%	0.83	2.33
XI	-	0.00	0.00%	-	-
XII	-	0.00	0.00%	-	-
XIII	2.30	2.24	57.78%	2.54	7.08
Total	3.99	3.88	100.00%	4.39	12.25

Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

Gráfica 5. 10. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial Textil por RHA



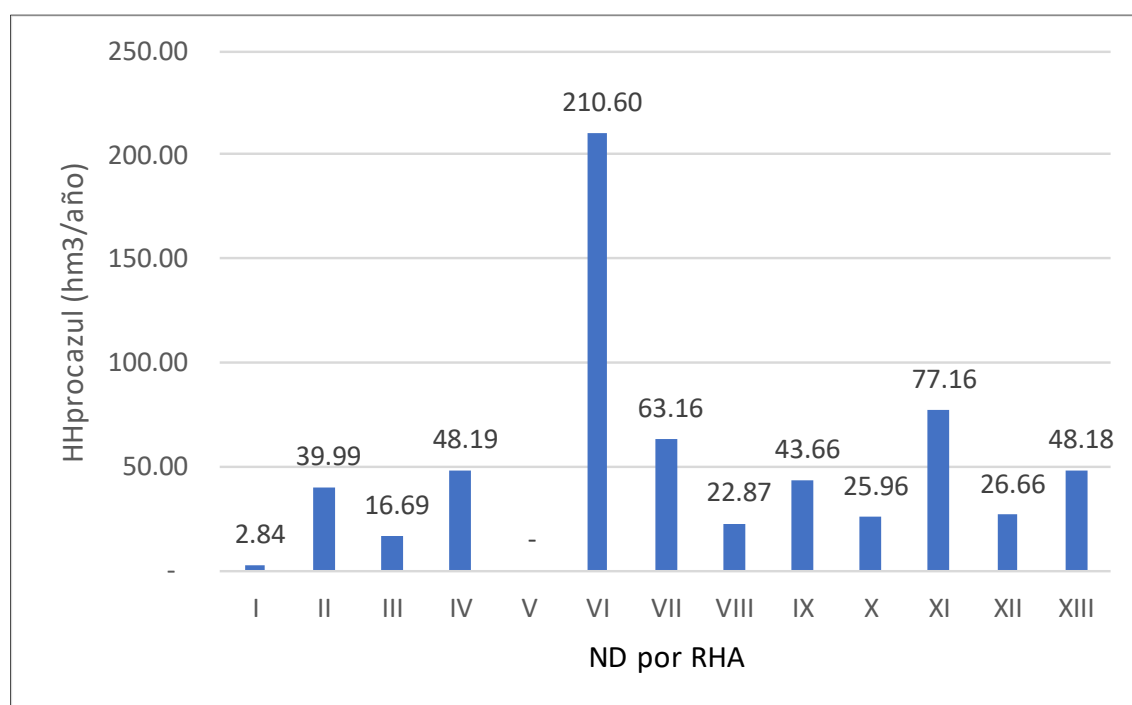
Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

Cuadro 5. 12. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial ND por RHA

Sector Industrial ND por RHA	Evaporación de Agua Azul	Incorporación de Agua Azul	% de Incorporación de Agua Azul	Flujo de Retorno Perdido	HHprocazul (hm ³ /año)
I	0.93	0.90	0.45%	1.02	2.84
II	13.01	12.65	6.39%	14.32	39.99
III	5.43	5.28	2.67%	5.98	16.69
IV	15.68	15.25	7.70%	17.26	48.19
V	-	0.00	0.00%	-	-
VI	68.54	66.65	33.64%	75.41	210.60
VII	20.55	19.99	10.09%	22.62	63.16
VIII	7.44	7.24	3.65%	8.19	22.87
IX	14.21	13.82	6.98%	15.64	43.66
X	8.45	8.21	4.15%	9.30	25.96
XI	25.11	24.42	12.33%	27.63	77.16
XII	8.68	8.44	4.26%	9.55	26.66
XIII	15.68	15.25	7.70%	17.25	48.18
Total	203.71	198.09	100.00%	224.14	625.94

Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

Gráfica 5. 11. Huella Hídrica Azul del Sector Industrial ND por RHA

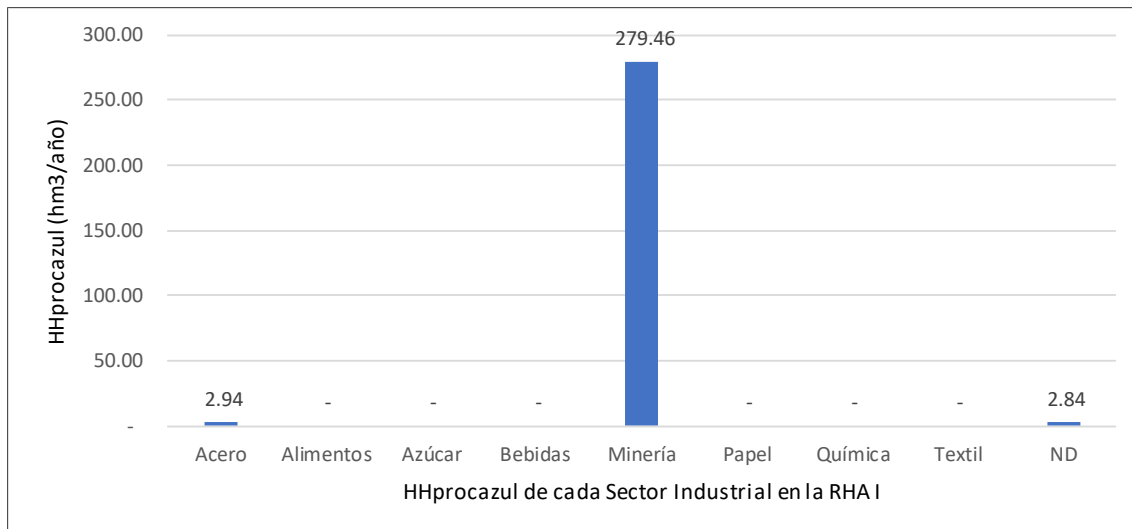


Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

Anexo C:

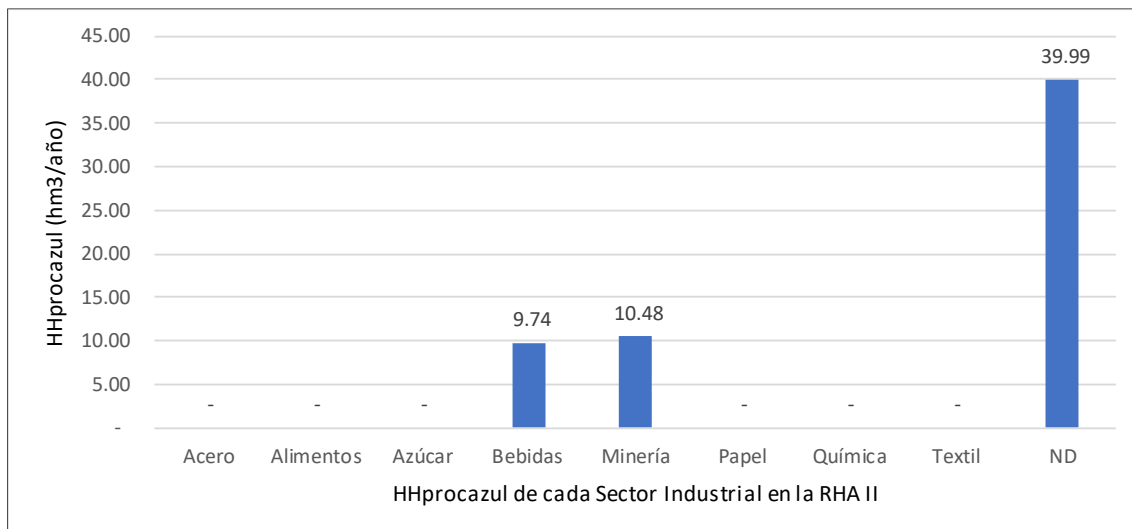
Enseguida se presenta el conjunto de gráficas complementarias del CAPÍTULO V. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LA HUELLA HÍDRICA EN EL SECTOR INDUSTRIAL MEXICANO, Sección 5.1. Estimación de la Huella Hídrica en el sector industrial mexicano. Estos cuadros y gráficas son referentes a la Huella Hídrica de cada uno de los sectores industriales seleccionados para cada una de las 13 RHA.

Gráfica 5. 12. Huella Hídrica Azul de cada Sector Industrial en la RHA I



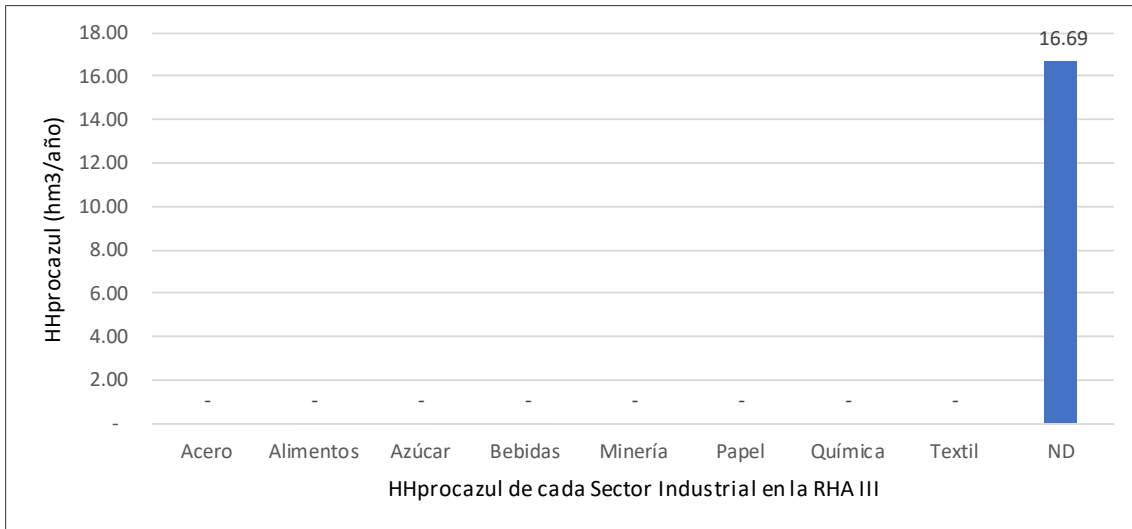
Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

Gráfica 5. 13. Huella Hídrica Azul de cada Sector Industrial en la RHA II



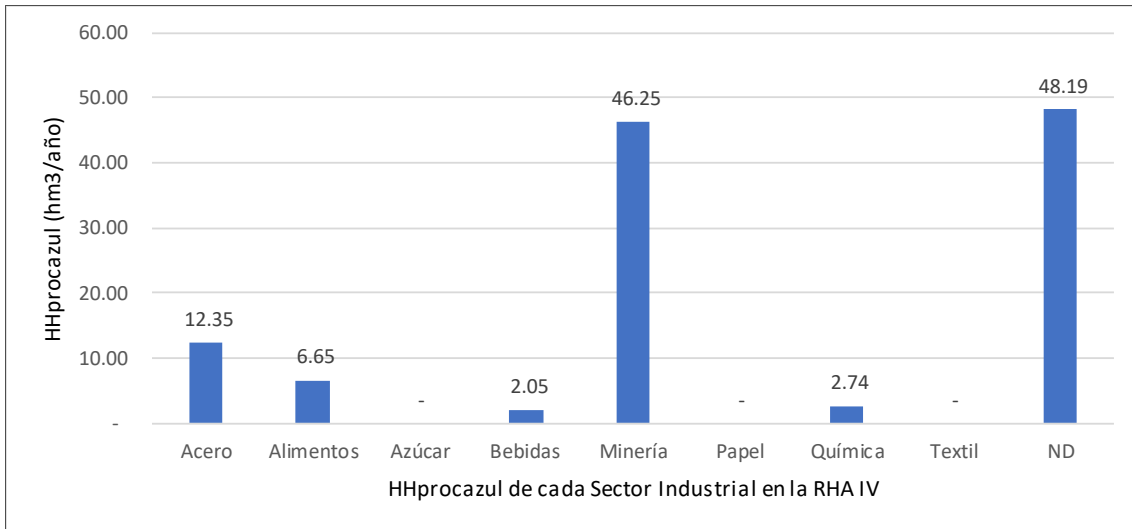
Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

Gráfica 5. 14. Huella Hídrica Azul de cada Sector Industrial en la RHA III



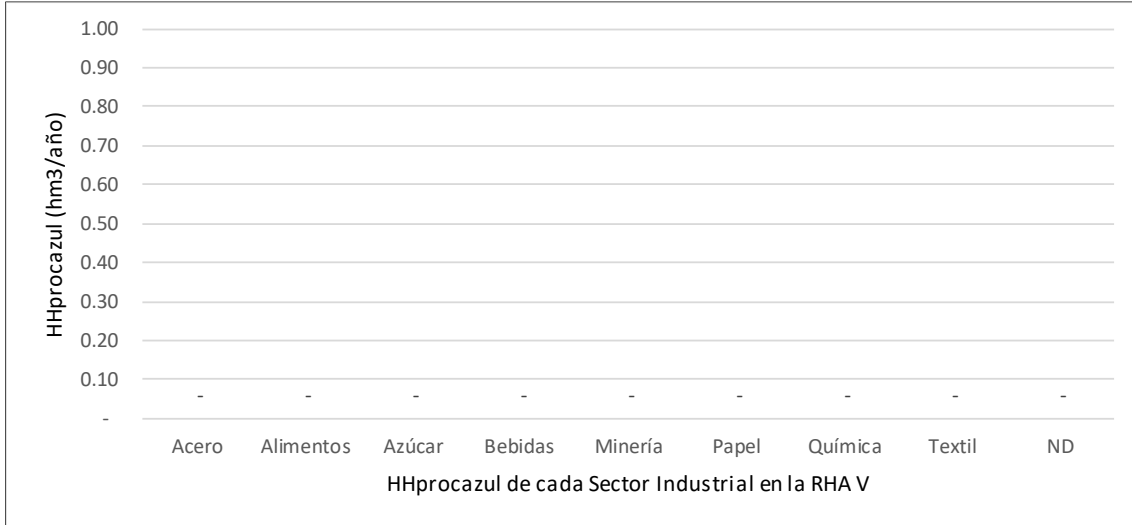
Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

Gráfica 5. 15. Huella Hídrica Azul de cada Sector Industrial en la RHA IV



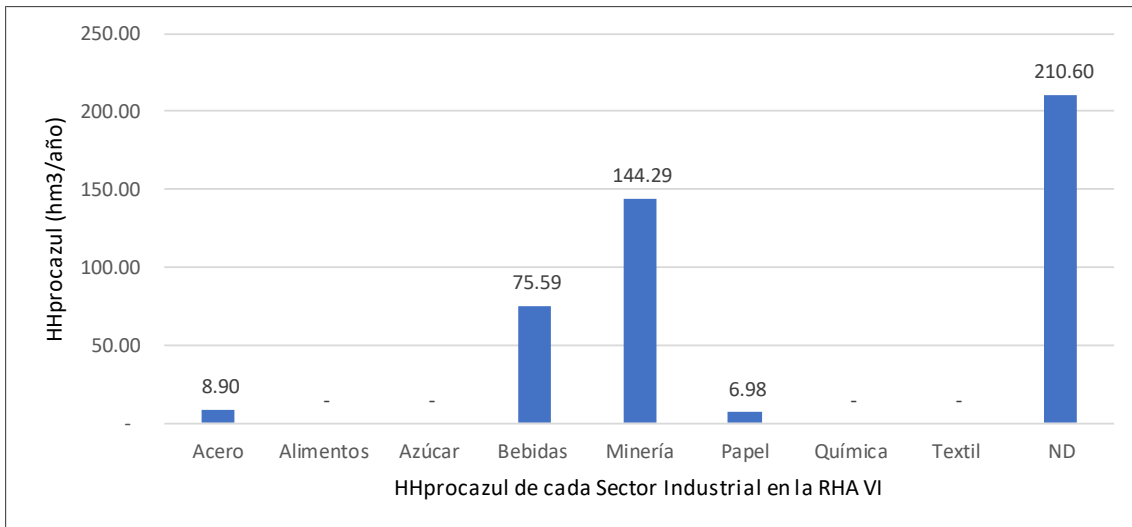
Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

Gráfica 5. 16. Huella Hídrica Azul de cada Sector Industrial en la RHA V



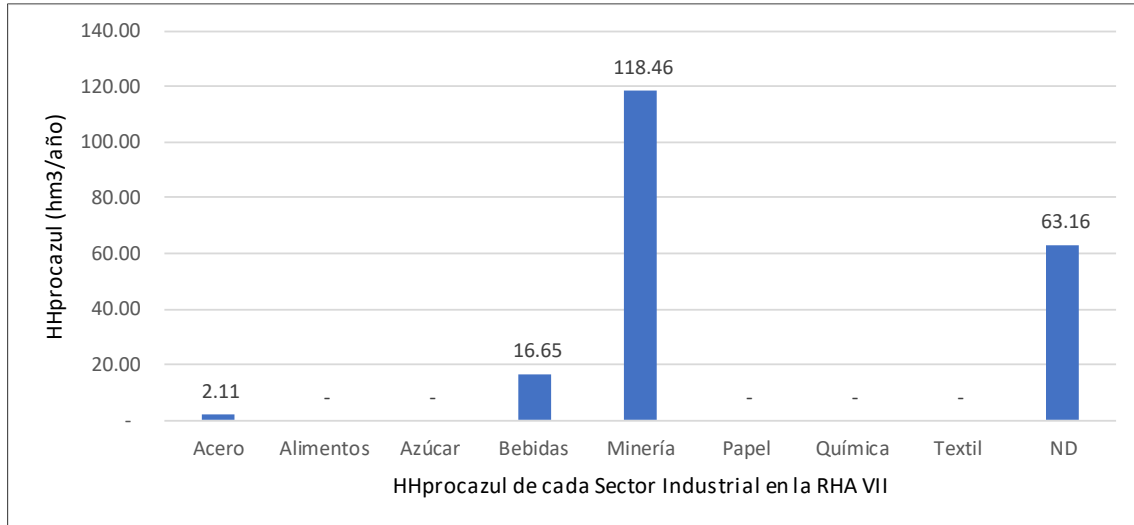
Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

Gráfica 5. 17. Huella Hídrica Azul de cada Sector Industrial en la RHA VI



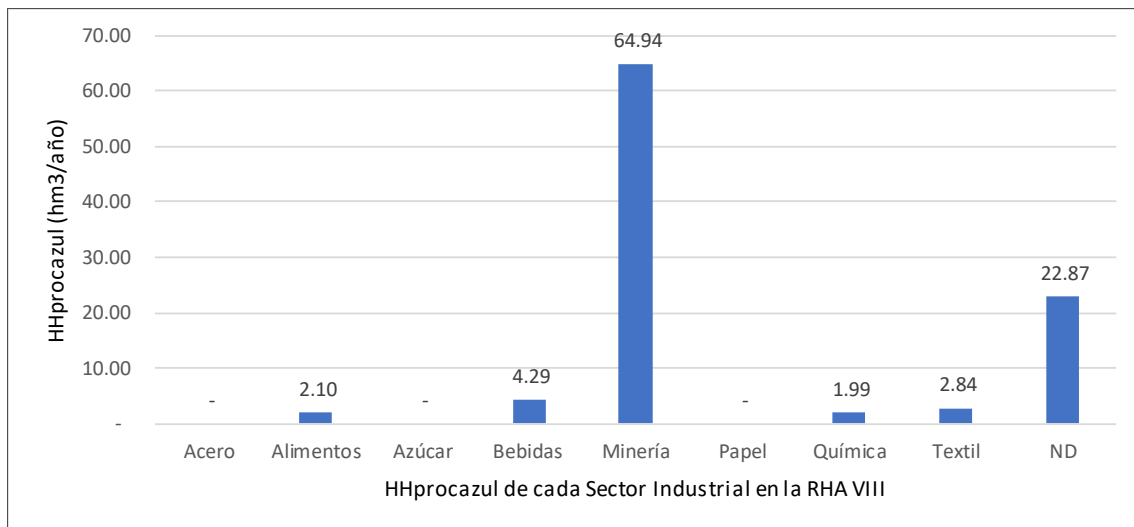
Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

Gráfica 5. 18. Huella Hídrica Azul de cada Sector Industrial en la RHA VII



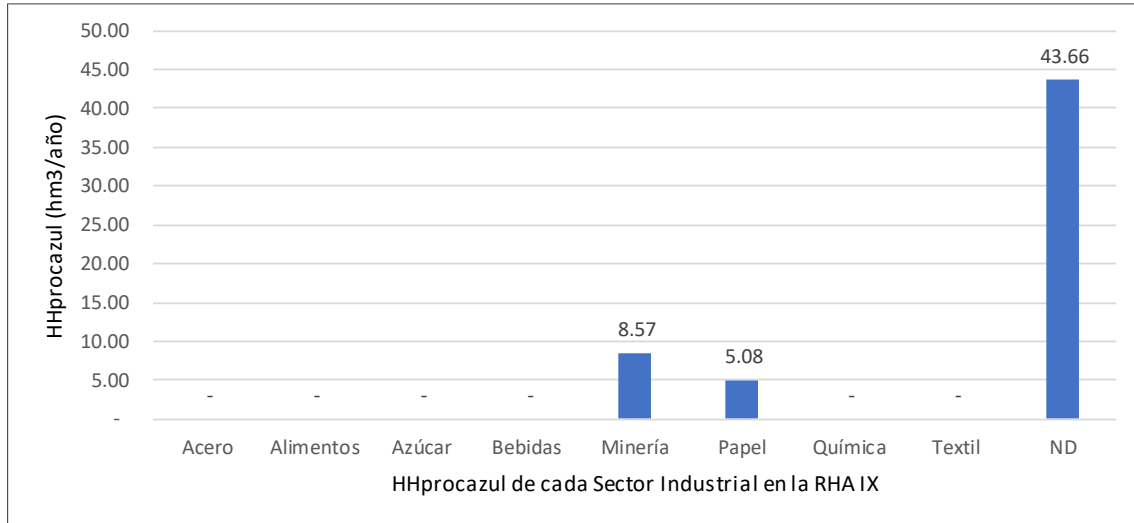
Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

Gráfica 5. 19. Huella Hídrica Azul de cada Sector Industrial en la RHA VIII



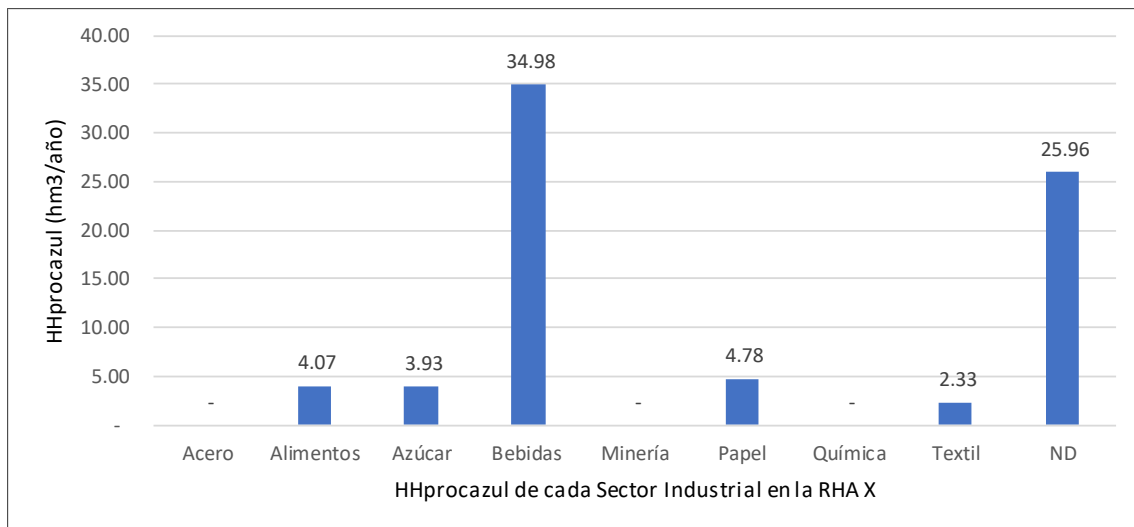
Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

Gráfica 5. 20. Huella Hídrica Azul de cada Sector Industrial en la RHA IX



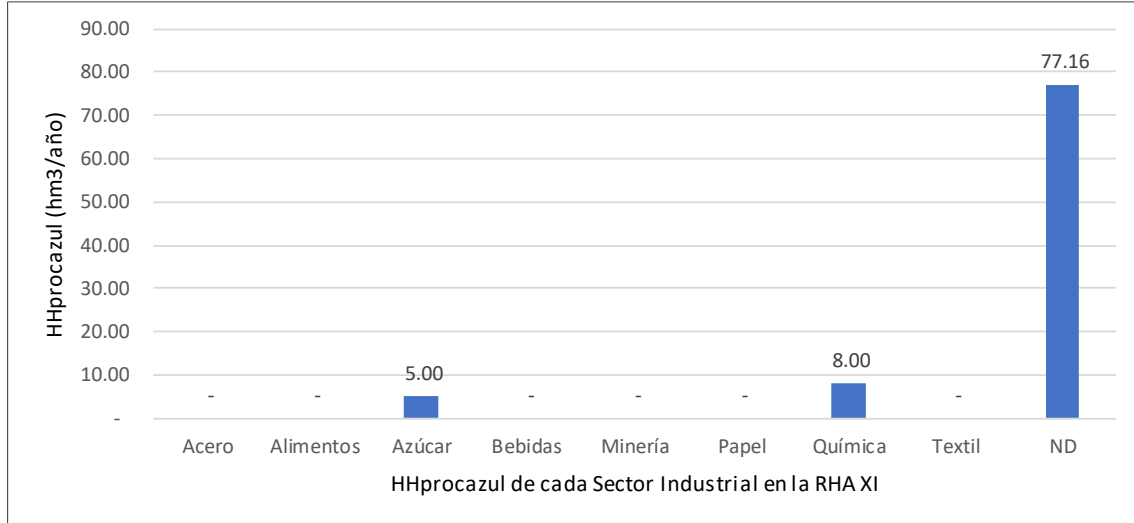
Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

Gráfica 5. 21. Huella Hídrica Azul de cada Sector Industrial en la RHA X



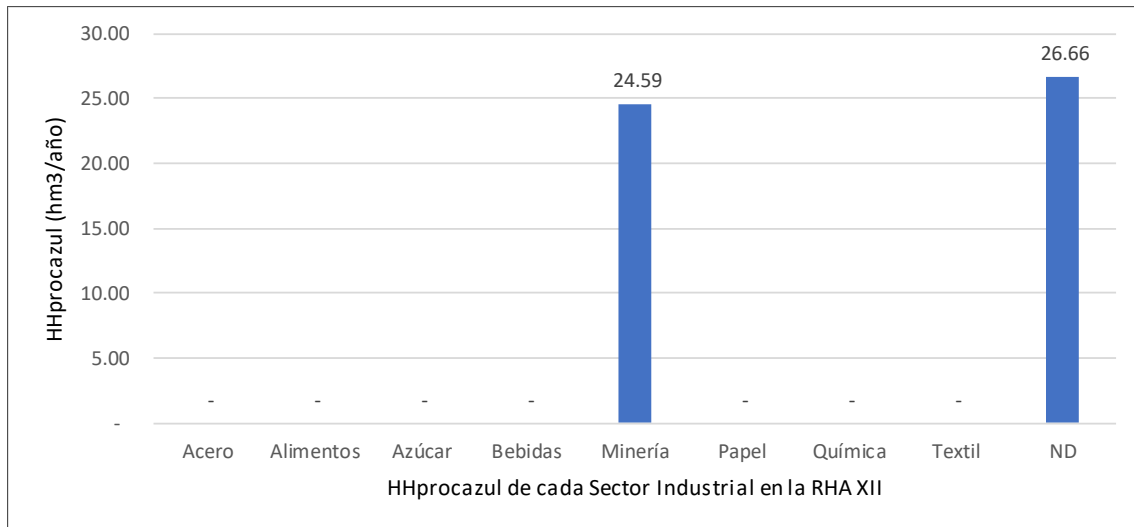
Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

Gráfica 5. 22. Huella Hídrica Azul de cada Sector Industrial en la RHA XI



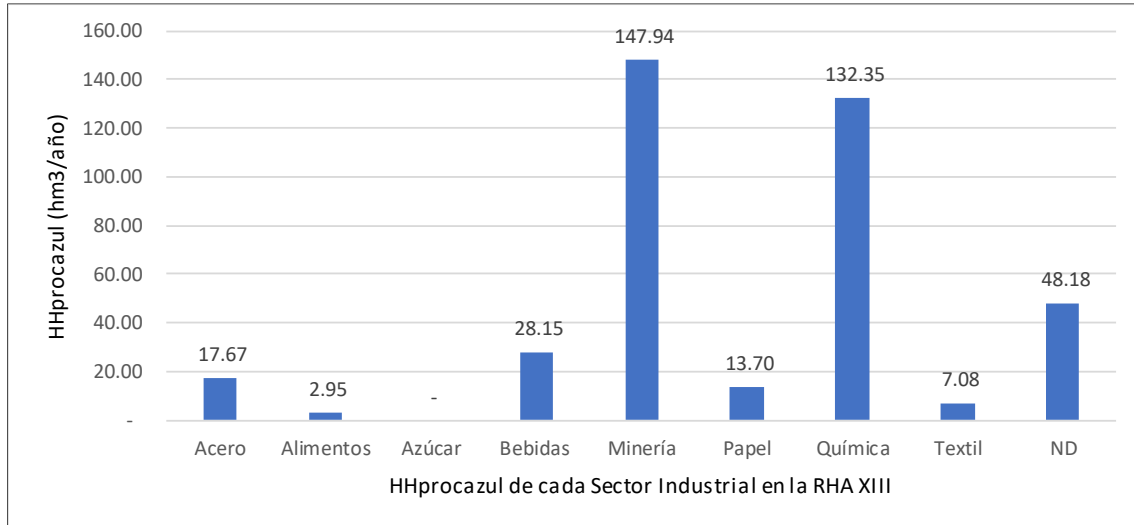
Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

Gráfica 5. 23. Huella Hídrica Azul de cada Sector Industrial en la RHA XII



Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.

Gráfica 5. 24. Huella Hídrica Azul de cada Sector Industrial en la RHA XIII



Fuente: Elaboración propia con datos de Guerrero, 2015 y CONAGUA, 2016.