

HUELLA HÍDRICA EN MÉXICO



CRÉDITOS

WWF México

María José Villanueva
Directora General

Carolina Izaguirre

Directora de Operaciones

Jatziri Pérez

Directora de Comunicación

Pilar Jacobo

Directora de Conservación

Daniel Bravo

Subdirector de Comunicación

Alejandro Ochoa Figueroa

Director del Programa Agua

Mariana Zareth Nava-López

Oficial Sr. y Líder de la Iniciativa Regional de Reservas de Agua

WWF Japón

Mei Haneo

Freshwater Group Officer, Conservation Division, WWF Japan

AgroDer

Ricardo A. Morales Virgen

Líder del proyecto

Cynthia Patricia Pliego Collins

Coordinación de investigación

Participantes: Roberto C. Ramos Díaz,

Erika Perkins Topete, Rogelio Morales Virgen,

Kevin Francisco Plancarte García.

Participación especial en casos y conclusiones:

J Enrique Castelán Crespo

Sergio A. Salinas-Rodríguez.

Gerardo Tena

Diseño Gráfico

Paola Morales

Edición de contenido

Alejandro Ochoa Figueroa

Coordinador de proyecto

Mariana Zareth Nava-López

Coordinadora de proyecto

Acerca de AgroDer

AgroDer es un despacho de consultoría fundado en 2004.

Brindamos servicios de asesoría, consultoría y análisis en Agricultura, Conservación Natural y Desarrollo Sostenible.

Colaboramos con distintas organizaciones y empresas en México, América, Europa y África con servicios de inteligencia de mercados, planeación estratégica, comunicación y políticas públicas (entre otros), desde donde impulsamos decididamente acciones encaminadas a la sostenibilidad.

Acerca de WWF

WWF es una de las organizaciones independientes de conservación más grandes y con mayor experiencia en el mundo. WWF nació en 1961 y es conocida por el símbolo del Panda. Cuenta con una red mundial que trabaja en más de 100 países.

Forma de citar: AgroDer/WWF México 2026. Huella Hídrica en México. WWF México y AgroDer. Ciudad de México.

Más información: agroder.com

Contacto: Ricardo Morales ricardo@agroder.com

Patricia Pliego patricia@agroder.com

WWF México, Programa Agua

Alejandro Ochoa aochoa@wwfmex.org

Mariana Nava mnava@wwfmex.org



CONTENIDO

6

GLOSARIO

9

Huella Hídrica en México
Datos, decisiones y un futuro por construir

10

INTRODUCCIÓN
¿Por qué hablar de la huella hídrica?

14

CAPÍTULO 1
El desafío global del agua
Una urgencia que no podemos ignorar

19

Huella hídrica:
el agua que no vemos,
pero consumimos

20

Componentes esenciales
de la huella hídrica

24

CAPÍTULO 2
Huella hídrica en México:
una mirada a lo que consumimos y producimos

40

Aguacate

39

Historias del agua

38

CAPÍTULO 3
Casos de estudio

34

Agua virtual
Potencial reductor
de la presión en
recursos hídricos

30

Comercio de
agua virtual

46

Cebada

51

Maíz

56

Leche

60

Berries

64

Carne de bovino,
porcino y ave

68

Nuez en México
y Estados Unidos

70

CAPÍTULO 4
El agua que viaja
a Japón

75

Una relación
comercial en
expansión

78

Huella hídrica de
las exportaciones
a Japón

80

CAPÍTULO 5
Agua y territorio
Huella hídrica en
regiones clave
de México

81

Península de
Yucatán: la mirada
dulce de la miel

84

Michoacán: berries
y aguacate, tesoros
comerciales

89

Agriculturas intensivas
y sostenibles: casos
en Culiacán y el Bajío

99

Reflexiones
Crecimiento, consumo
y desafíos en la huella
hídrica de México

102

CAPÍTULO 6
Roles, intereses y
responsabilidades del
sector: el papel clave
de los consumidores
en la huella hídrica

114

CAPÍTULO 7
Retos hacia la
sostenibilidad caminos
regulatorios, riesgos,
incentivos y beneficios
para un futuro hídrico
responsable

110

Acciones concretas
por sector
Claves para reducir
la huella hídrica en
México

109

ONG: Aliadas
estratégicas para
una gestión hídrica
justa y sostenible

107

Gobiernos: Política
pública para una gestión
sostenible del agua

105

Empresas: Innovación
y compromiso
para una gestión
responsable del agua

103

Consumidores
Decisiones que
transforman

116

Cuatro detonantes
clave para avanzar
hacia la sostenibilidad

120

Hacia una sostenibilidad
hídrica real: eficiencia,
gobernanza y política
para el cambio

122

Sostenibilidad equilibrada:
integrando economía,
equidad social y salud
ambiental en la
gestión del agua

124

CAPÍTULO 8
Una nueva mirada hacia
la sostenibilidad hídrica:
contexto, decisiones
y corresponsabilidad

128

REFERENCIAS

130

NOTA METODOLÓGICA

130

¿PARA QUÉ ES ÚTIL
ESTA INFORMACIÓN?



GLOSARIO

Entender el agua Clave para una sostenibilidad informada

Tomar decisiones responsables sobre el uso del agua, implica conocer algunos conceptos esenciales. Este glosario reúne las definiciones más importantes relacionadas con la gestión hídrica para comprender su relevancia e impacto en la vida cotidiana y en el ambiente.

Acuífero: Formación geológica capaz de almacenar y transmitir agua subterránea. Puede ser explotado para abastecer comunidades, industrias o riego agrícola.

Agua azul: Corresponde al agua contenida en ríos, lagos, embalses y acuíferos subterráneos. Se utiliza para riego, procesos industriales, producción energética y uso doméstico.

Agua gris: Es el volumen de agua necesario para diluir y asimilar contaminantes generados en procesos agrícolas, industriales o domésticos, hasta cumplir con estándares de calidad aceptables.

Agua verde: Es el agua de lluvia almacenada como humedad en el suelo, que no genera escorrentía. Las plantas la absorben directamente y está asociada principalmente con la agricultura de temporal.

Agua virtual: Es la cantidad total de agua utilizada, de forma directa e indirecta, para producir un bien. El término fue propuesto por Tony Allan en 1998 y ayuda a visualizar cuánta agua hay “escondida” detrás de lo que consumimos, desde alimentos hasta ropa y productos industriales.

Caudal ecológico: Es el flujo mínimo de agua necesario para preservar los ecosistemas acuáticos y terrestres y los servicios ambientales que prestan.

Consumo directo e indirecto: El consumo directo es el uso de agua visible en actividades cotidianas como beber, cocinar o asearse. El consumo indirecto es el agua usada en la producción de bienes y servicios que consumimos, pero que no vemos.

Comercio de agua virtual: Se refiere al intercambio de productos entre regiones o países, considerando la cantidad de agua utilizada para su producción. Este comercio puede trasladar la presión hídrica de un lugar a otro.

Cuenca hidrológica: Área geográfica donde todas las corrientes superficiales (ríos, arroyos, escurrimientos) convergen hacia un punto común de salida, como un lago o el mar.

Diferencias entre agua virtual y huella hídrica: La agua virtual se enfoca en la cantidad de agua utilizada para producir un solo bien. La huella hídrica, en cambio, evalúa todo el uso de agua asociado a un producto a lo largo de su ciclo de vida.

Escasez de agua: Ocurre cuando la demanda supera la oferta disponible, afectando la salud de los ecosistemas y la calidad de vida de las personas.

Estrés hídrico: Indica el nivel de presión que enfrenta una región en cuanto a la disponibilidad y demanda del agua, pudiendo generar tensiones sociales, económicas o ambientales.

Huella hídrica: Representa el volumen total de agua dulce utilizado para producir bienes o servicios a lo largo de toda su cadena de valor. Se expresa en litros e incluye tres componentes: agua verde, agua azul y agua gris.

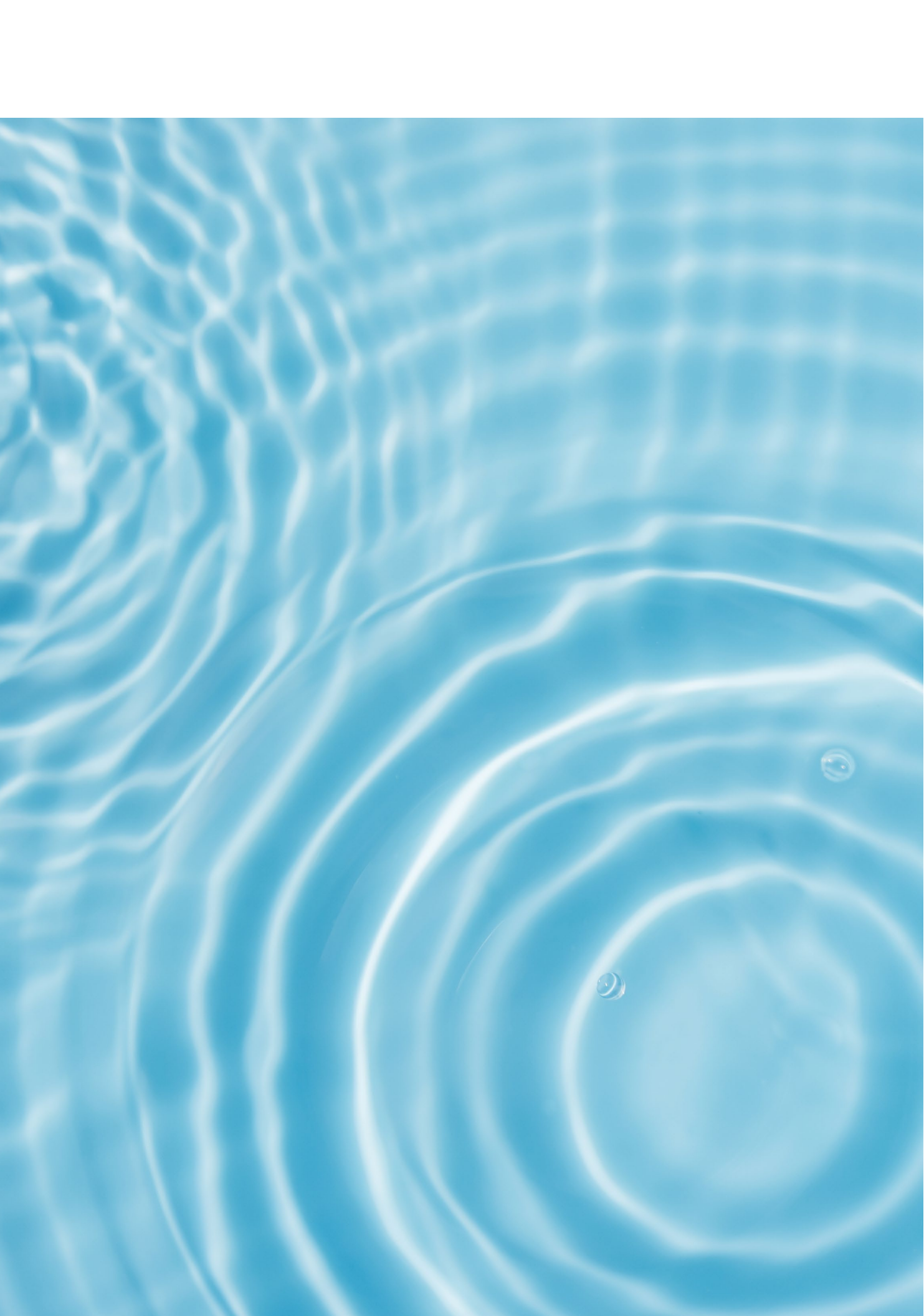
Infiltración: Es el proceso por el cual el agua de lluvia o escurrimiento penetra el suelo, alimentando los acuíferos y contribuyendo al ciclo natural del agua.

Sitios críticos o hot spots: Son regiones donde la demanda de agua supera la disponibilidad o la capacidad de recarga natural. En estas zonas, es urgente mejorar la eficiencia en el uso del agua y aplicar medidas de conservación.

Sostenibilidad de uso del agua: Es la gestión del recurso hídrico de forma que se cubran las necesidades actuales sin poner en riesgo la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas.

Uso consuntivo: Es el uso del agua que no retorna al ciclo hidrológico en condiciones similares a las de origen, por ejemplo, por evaporación o incorporación en productos.

Uso no consuntivo: Se refiere al uso del agua que permanece disponible en el sistema hidrológico sin afectar su cantidad o calidad, como ocurre en algunas actividades recreativas o hidroeléctricas.



Huella Hídrica en México

Datos, decisiones y un futuro por construir

Hace más de una década, en 2012, WWF y AgroDer fueron pioneros con la publicación *La Huella Hídrica de México en el contexto de Norteamérica*. Este documento buscaba revelar una realidad frecuentemente oculta: que el agua que utilizamos directamente en nuestros hogares representa solo una pequeña fracción del total que realmente consumimos a través de los productos y servicios que nos rodean. Destacamos entonces que el intercambio de bienes es, en esencia, un intercambio de grandes volúmenes de agua, y que entender este ciclo completo es fundamental para abordar la escasez y el estrés hídrico.

Hoy, en 2026, nos enorgullece presentar la actualización de esa publicación sobre la huella hídrica de México, de la mano de nuevos aliados. Esta nueva edición no solo reafirma el concepto innovador de la huella hídrica, sino que lo profundiza con datos y contextos actuales, ofreciendo una visión más precisa del impacto del uso del agua en nuestro país y su papel en el comercio global.

Los datos son contundentes: nuestra huella hídrica de producción ha aumentado, impulsada por el crecimiento demográfico y el desarrollo de diversas actividades económicas, principalmente en el sector agrícola. Este sector es responsable del 92% de la huella hídrica de producción, con productos como maíz, caña de azúcar, sorgo, café y frijol concentrando el 60% de la huella nacional. Aunque la mayor parte de nuestra huella hídrica de consumo se satisface internamente, importamos 2.8 veces más agua virtual de la que exportamos, evidenciando la estrecha interconexión de nuestros patrones de consumo y producción en el escenario global.

A pesar de estos desafíos, existen oportunidades. La huella hídrica per cápita ha mostrado una ligera disminución, lo que indica cambios en nuestros hábitos de consumo, como una reducción en la ingesta de productos con alta huella hídrica. Esto nos recuerda que cada decisión cuenta, por pequeña que parezca.

El camino hacia la sostenibilidad no es sencillo, pero la huella hídrica se presenta como una herramienta invaluable para la toma de decisiones informadas. Desde la formulación de políticas públicas y compromisos corporativos, hasta las acciones de pequeños productores y consumidores, incorporar este concepto puede transformar la manera en que valoramos y gestionamos este recurso vital.

Te invitamos a explorar esta nueva publicación. En ella no solo encontrarás datos, sino también análisis de casos emblemáticos que nos ayudarán a entender los retos específicos que enfrentan distintos sectores y regiones en México. Es fundamental que todos trabajemos juntos —gobierno, industria, sociedad civil y ciudadanos— para garantizar un futuro hídrico sostenible para todos.

El reto es grande, pero nuestra determinación también lo es. Sigamos construyendo un futuro donde el agua sea un recurso abundante y accesible para las generaciones que vienen.

¡Ayúdanos a traer la naturaleza de vuelta!

María José Villanueva
Directora General, WWF México



INTRODUCCIÓN

¿POR QUÉ HABLAR DE LA HUELLA HÍDRICA?

Hablar de huella hídrica es hablar del agua que usamos cada día, no solo al abrir la llave, regar las plantas o lavar los platos, sino también al producir los alimentos que comemos, la ropa que usamos o la energía que consumimos.

En los últimos años han surgido conceptos innovadores que han cambiado la manera en que entendemos y gestionamos el agua. Uno de los más relevantes es precisamente el de la huella hídrica, una herramienta que nos permite medir el volumen de agua dulce utilizado para fabricar un producto o brindar un servicio, considerando todo su ciclo de vida. Este enfoque no solo toma en cuenta el volumen del agua, sino también su tipo (verde, azul o gris), el momento en que se utiliza y el impacto que genera, ofreciendo una visión más completa y útil para tomar decisiones hacia un uso más responsable del recurso.

La huella hídrica se ha convertido en una aliada fundamental para evaluar con mayor precisión cómo se utiliza el agua en diferentes sectores y regiones. Gracias a su versatilidad, puede aplicarse desde el análisis de productos individuales hasta el diseño de políticas públicas y estrategias empresariales, promoviendo prácticas sostenibles en todos los niveles.

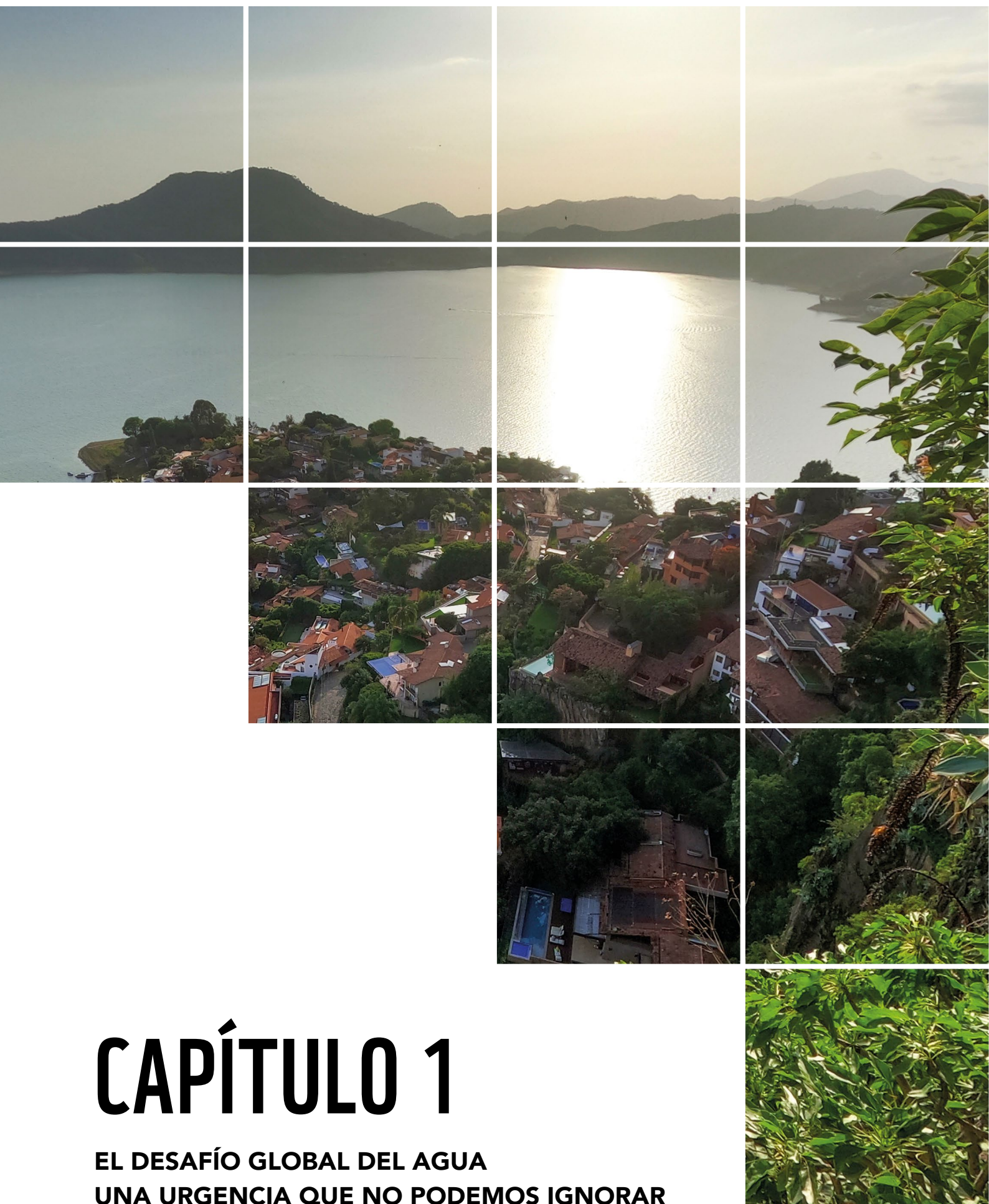
En este esfuerzo, WWF ha jugado un papel clave. Desde principios de la década pasada, en conjunto con aliados estratégicos, ha promovido el uso de este concepto dentro de proyectos de conservación, desarrollo sustentable y gobernanza del agua. En 2012, el documento “La Huella Hídrica de México en el contexto de Norteamérica”, desarrollado en colaboración con AgroDer, marcó un hito. Fue el primer estudio de su tipo en el país y logró posicionar la huella hídrica como un tema central en la agenda nacional, despertando el interés de académicos, autoridades y empresas.

Este informe es una actualización de ese estudio, con cifras actuales y casos emblemáticos que reflejan el uso del agua en un México que forma parte activa de un mundo cada vez más interconectado. Esta reciente versión no solo muestra datos, sino también caminos concretos hacia la sostenibilidad. Se analizan los sectores que más consumen agua, los retos que enfrentamos y las oportunidades que existen para mejorar nuestras decisiones, desde lo personal hasta lo institucional.

En México, la huella hídrica ha crecido en los últimos años. El aumento de la población, la expansión de la agricultura de riego, el dinamismo del sector industrial y la participación del país en mercados internacionales, son factores que han fortalecido esta presión sobre nuestros recursos hídricos.

Frente a este panorama, es urgente incorporar la huella hídrica como una herramienta clave en la toma de decisiones, tanto en políticas públicas como en compromisos corporativos, prácticas agrícolas y hábitos de consumo diario. Este documento ofrece una guía clara y accesible para entender la situación actual del agua en México y los pasos necesarios para construir un futuro más sustentable. ♦





CAPÍTULO 1

EL DESAFÍO GLOBAL DEL AGUA
UNA URGENCIA QUE NO PODEMOS IGNORAR

Garantizar una gestión sostenible del agua es hoy más necesario que nunca. Enfrentamos una crisis hídrica que se agudiza por múltiples factores: contaminación de cuerpos de agua, sobreexplotación de acuíferos, desertificación y la creciente variabilidad del clima. Todo esto ha alterado los ciclos naturales del agua y ha generado una presión sin precedentes sobre los recursos hídricos.

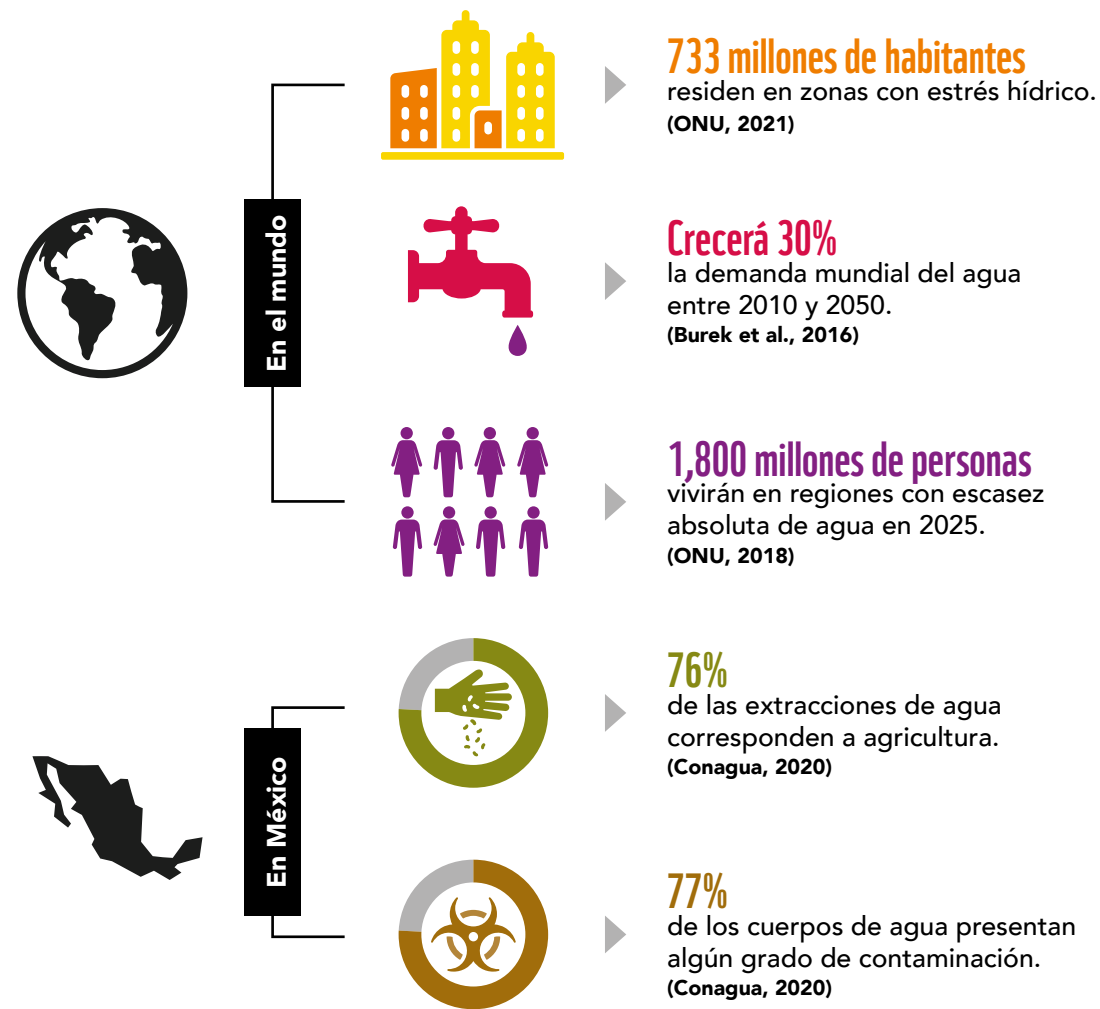
A escala mundial, la situación es preocupante. De acuerdo con el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2024, más de 733 millones de personas viven actualmente sin acceso seguro al agua. Y la tendencia no mejora: se estima que para 2025, cerca de 1,800 millones de personas vivirán en países con escasez absoluta de agua y dos terceras partes de la población mundial estarán expuestas a condiciones de estrés hídrico, de acuerdo con la ONU.

En México, el panorama es igualmente crítico. El 77% de los cuerpos de agua presentan algún nivel de contaminación, de acuerdo con datos de CONAGUA de 2020. Además, la disponibilidad de agua se ve afectada por fenómenos como sequías cada vez más frecuentes e intensas, impulsadas por el cambio climático. Esta situación tiene efectos directos sobre la producción de alimentos y sobre el acceso al agua potable, comprometiendo la seguridad alimentaria de millones de personas.

La agricultura, que representa el 76% del uso total del agua en el mundo, sigue siendo un sector con importantes desafíos. Hasta el 60% del agua utilizada en actividades agrícolas se pierde por ineficiencia, según la FAO. Por si fuera poco, se espera que la demanda mundial de agua aumente en un 30% para 2050 con respecto a los niveles de 2010 (Burek et al., 2016), lo que acentuará aún más la presión sobre los sistemas hídricos si no se toman medidas urgentes.

FIGURA 1

DATOS A TENER EN CUENTA

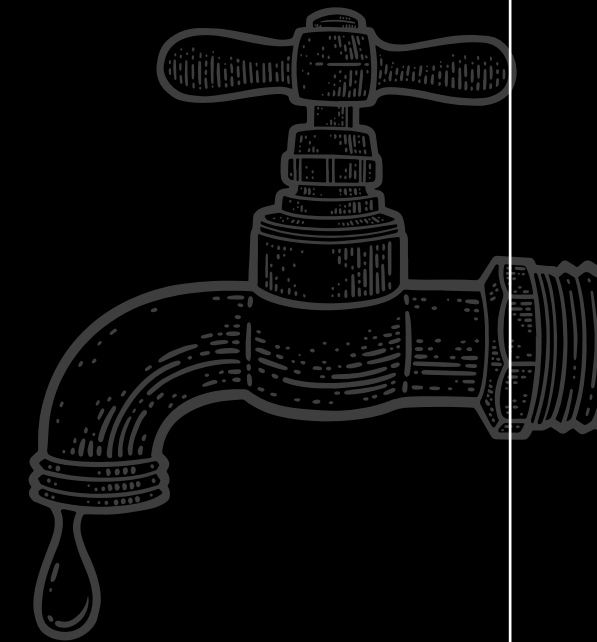
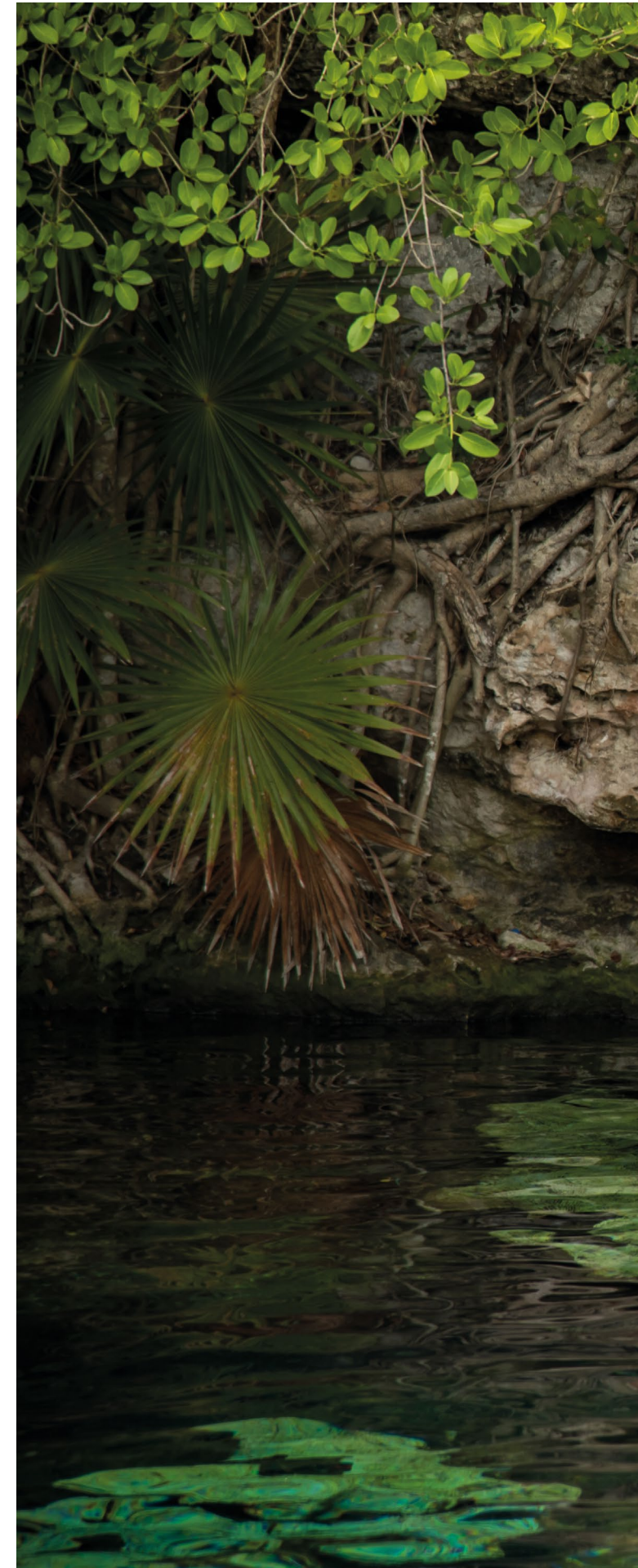


Datos clave sobre el contexto global y nacional en torno al uso y disponibilidad del agua. A nivel mundial, se señala que 733 millones de personas viven actualmente en zonas con estrés hídrico (ONU, 2021) y que la demanda de agua crecerá un 30% entre 2010 y 2050 (Burek et al., 2016). Además, se estima que para 2025, alrededor de 1,800 millones de personas enfrentarán escasez absoluta de agua (ONU, 2018).

En el caso de México, el 76% del agua extraída en el país se destina al sector agrícola (Conagua, 2020), y el 77% de los cuerpos de agua presentan algún grado de contaminación (Conagua, 2020). Estas cifras reflejan la urgencia de mejorar la gestión del agua, tanto en su uso productivo como en la protección de su calidad, para avanzar hacia una sostenibilidad hídrica real.

La crisis no se limita solo a la cantidad y calidad del agua. También enfrenta obstáculos importantes en su gestión. En México, por ejemplo, la falta de inversión en infraestructura de saneamiento y tratamiento de aguas residuales agrava la contaminación. Al mismo tiempo, el crecimiento urbano desordenado y la débil gobernanza dificultan la implementación de soluciones efectivas, como advierte SEMARNAT (2021).

Frente a este escenario, es fundamental adoptar herramientas como la huella hídrica para tomar decisiones basadas en evidencia. Solo si entendemos de forma integral cómo, cuándo y dónde usamos el agua, podremos diseñar políticas públicas, prácticas empresariales, estrategias de conservación y hábitos de consumo que estén alineados con una gestión más inteligente, equitativa y sostenible del recurso.



México y el desafío de sus recursos hídricos nacionales

México es uno de los países con mayor diversidad ecológica, social y climática del planeta, lo que se refleja también en su desigual distribución del agua. Esta condición impone desafíos sustanciales para la planificación del uso del recurso, en especial cuando se evalúa desde la perspectiva de la huella hídrica. La huella hídrica (HH), que cuantifica el volumen de agua utilizado directa o indirectamente por personas, sectores y territorios, se convierte en un indicador fundamental para entender la presión sobre los recursos hídricos nacionales.



“ El interés en la huella hídrica nace del reconocimiento de que los impactos de las actividades humanas en los sistemas de agua dulce pueden en último término, ser relacionados con el consumo, y que temas como la escasez de agua y su contaminación pueden ser comprendidos y abordados mejor si consideramos las cadenas de valor en su conjunto.”

Arjen Hoekstra

Huella hídrica: el agua que no vemos, pero consumimos

En un contexto global marcado por el cambio climático, el crecimiento poblacional y una creciente presión sobre los recursos naturales, comprender cómo usamos el agua se ha vuelto indispensable. La huella hídrica es una herramienta clave para lograrlo. Este concepto nos permite cuantificar y visibilizar cuánta agua utilizamos, directa e indirectamente, en nuestras actividades cotidianas, procesos industriales, agrícolas y hábitos de consumo.

La huella hídrica representa el volumen total de agua dulce utilizado, evaporado o contaminado durante la producción de bienes y servicios. Puede calcularse para una persona, una empresa, una comunidad, una región o un país. Su principal valor radica en su carácter multidimensional: no solo mide cuánta agua se usa, sino también el tipo de agua, su origen, el momento de extracción y el destino que se le da.

Este enfoque permite analizar el uso del agua desde una perspectiva mucho más integral, conectando nuestras decisiones de consumo con impactos ambientales concretos. También ayuda a diseñar políticas públicas más efectivas, implementar estrategias de producción sostenibles y fomentar estilos de vida responsables.

Equivalencias	Litros	m ³
Hectolitro	100	0.1
m ³	1,000	1
hm ³	1,000,000,000	1,000,000

Tabla 1. Equivalencias

La Tabla 1 presenta las equivalencias entre distintas unidades de volumen utilizadas comúnmente para expresar el uso o disponibilidad de agua en estudios de huella hídrica. El agua puede medirse en hectolitros, metros cúbicos (m³) o hectómetros cúbicos (hm³), dependiendo de la escala de análisis.

Un hectolitro equivale a 100 litros o 0.1 metros cúbicos. Un metro cúbico corresponde a 1,000 litros. Por su parte, un hectómetro cúbico representa una unidad mucho mayor: equivale a 1,000,000 metros cúbicos o mil millones de litros. Esta última medida se usa con frecuencia para cuantificar grandes volúmenes de agua, como los almacenados en presas o utilizados por sectores productivos a gran escala.

Componentes esenciales de la huella hídrica

La huella hídrica está compuesta por cuatro elementos clave: el volumen total de agua usada, el tipo o color del agua (verde, azul o gris), el lugar de origen y el momento en que se extrae. Esta combinación permite comprender de forma detallada el impacto hídrico asociado a cualquier actividad o producto.

LOS COLORES DEL AGUA

Para su análisis, el agua se clasifica en tres categorías:



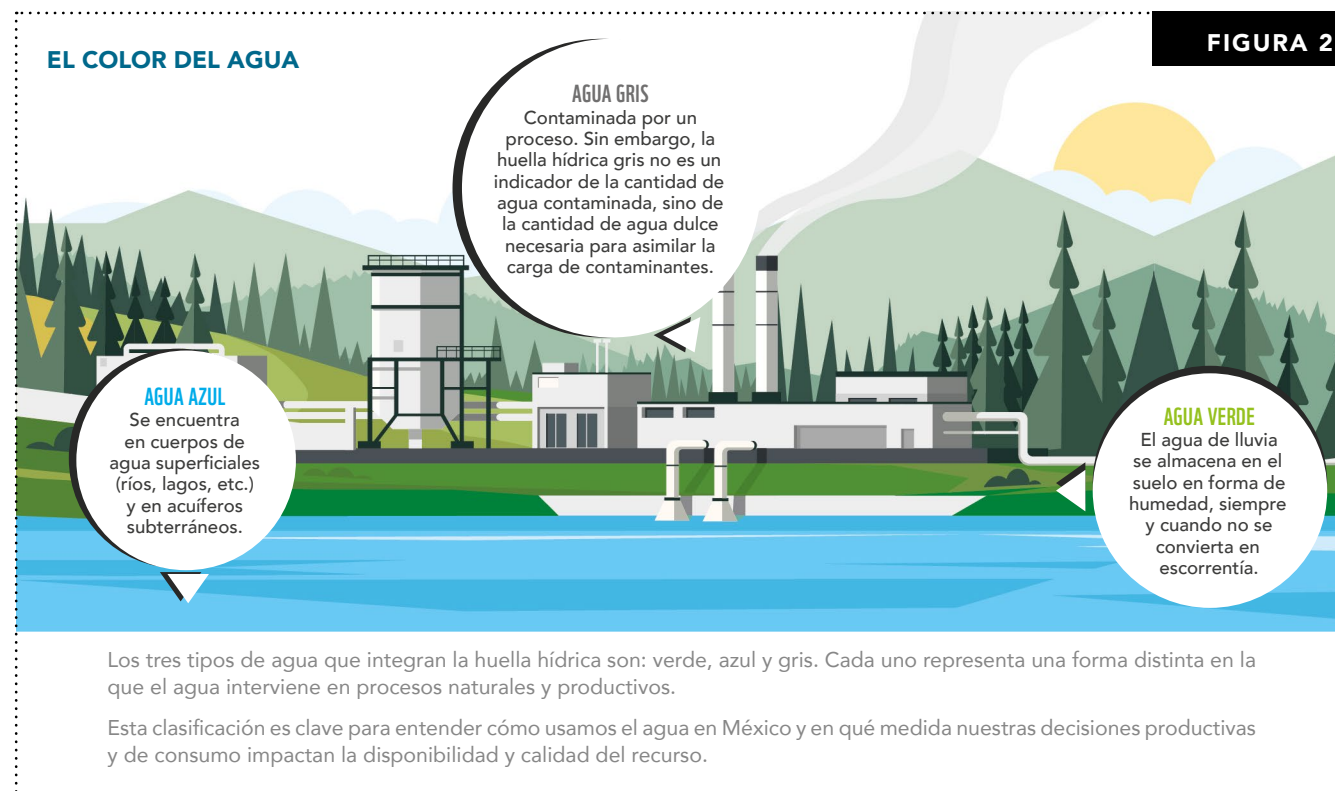
Agua Azul: Es el agua que se encuentra en fuentes superficiales y subterráneas, como ríos, lagos o acuíferos. Es la que se utiliza para irrigación, procesos industriales, uso doméstico y generación de energía. Solo se considera parte de la huella hídrica azul si no retorna a su fuente original en un periodo corto.



Agua Verde: Corresponde al agua de lluvia almacenada en el suelo y absorbida por las plantas. Es especialmente relevante en la agricultura y en ecosistemas naturales, ya que se evapora o se transpira sin convertirse en escorrentía.



Agua Gris: Se refiere a la cantidad de agua dulce necesaria para diluir contaminantes y cumplir con los estándares de calidad del agua. No representa agua contaminada en sí, sino el volumen requerido para asimilar dicha contaminación.



AGUA VIRTUAL: EL RECURSO OCULTO DETRÁS DE CADA PRODUCTO

El concepto de agua virtual, desarrollado por Tony Allan en 1998, complementa la huella hídrica al enfocarse en toda el agua necesaria, directa o indirectamente, para producir un bien o servicio. Por ejemplo, producir una camiseta de algodón puede requerir hasta 2,700 litros de agua, considerando desde el cultivo hasta el procesamiento textil. Este enfoque nos permite entender cómo nuestro consumo impacta, incluso cuando no vemos el agua que estamos utilizando.

MÉTRICAS Y NIVELES DE ANÁLISIS

La huella hídrica puede calcularse a diferentes escalas según los objetivos del análisis. Las principales formas de medición incluyen:



Huella hídrica individual

Refleja el consumo total de agua dulce derivado de todos los productos y servicios utilizados por una persona. Incluye alimentos, ropa, energía y bienes materiales.



Huella hídrica de producto

Considera la suma del agua utilizada en toda la cadena de producción, tanto de manera directa como indirecta, e integra los tres colores de agua.



Huella hídrica de producción nacional

Suma el volumen de agua (verde, azul y gris) empleado en los sectores agropecuario, industrial y doméstico.



Huella hídrica de consumo nacional

Incluye solo el agua utilizada en los bienes y servicios que se consumen internamente, excluyendo las exportaciones e incluyendo las importaciones.



Huella hídrica externa e interna

Permite identificar qué porcentaje del agua que se consume en un país fue utilizada en otro. Es una herramienta útil para analizar la dependencia externa de un país respecto al agua utilizada en su economía.

El uso del agua en el desarrollo de la inteligencia artificial

La inteligencia artificial avanza con rapidez y se consolida como una herramienta estratégica para múltiples sectores. Al mismo tiempo, su desarrollo implica un uso significativo de recursos hídricos, lo que abre una oportunidad para reflexionar sobre cómo innovar de manera más eficiente y responsable.



Alrededor de 9 litros de agua se evaporan por cada kWh consumido por un servidor de IA durante su proceso de enfriamiento, un paso esencial para su funcionamiento.



Para generar la electricidad que alimenta los centros de datos, se pueden requerir hasta 43.8 litros de agua por kWh en algunos países, lo que muestra que el consumo hídrico asociado a la IA no siempre es directo, pero sí relevante.



Se estima que para 2027 el consumo global de agua asociado a la IA podría alcanzar 6,600 millones de m³, un volumen comparable al de más de 2.6 millones de piscinas olímpicas.



Hoy, más de 2,700 millones de personas experimentan escasez de agua al menos un mes al año, lo que subraya la importancia de considerar el contexto hídrico global en el desarrollo tecnológico.



La fabricación de obleas de silicio, componentes clave para la IA, requiere grandes volúmenes de agua y presenta aún retos importantes en materia de reciclaje.



Diversos actores del sector tecnológico han planteado metas para reponer o compensar el agua utilizada en sus procesos hacia 2030, impulsando nuevas estrategias de eficiencia y gestión hídrica.

La inteligencia artificial también puede ser parte de la solución. De acuerdo con el Informe Ambiental de las Naciones Unidas, el reto consiste en disociar el crecimiento económico del uso intensivo del agua, mediante políticas públicas, innovación tecnológica y mejoras en eficiencia que permitan reducir o estabilizar el consumo sin comprometer el desempeño ni el desarrollo.

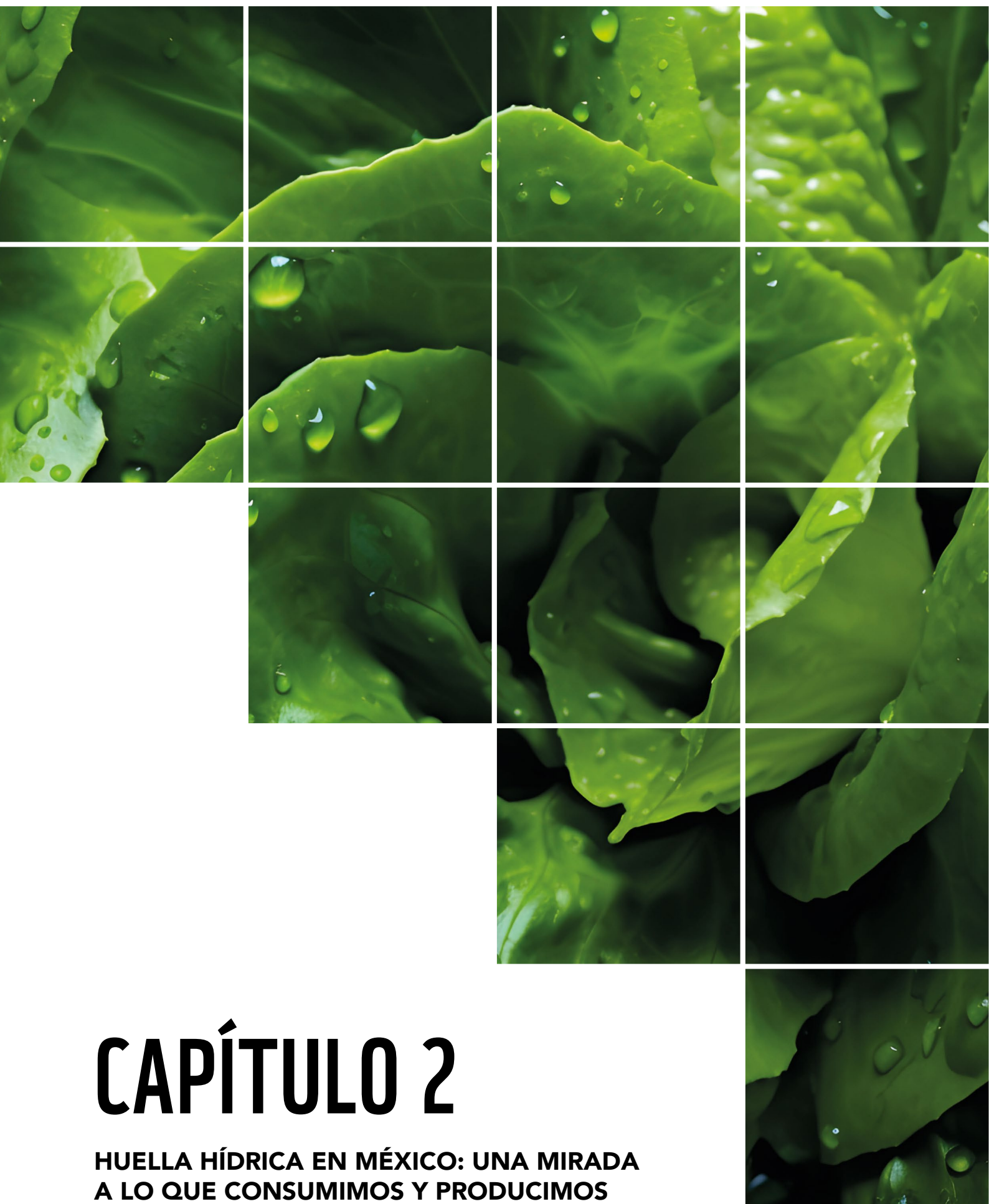
Fuente de información: Gordon, C. (2024, febrero 25). *AI is accelerating the loss of our scarcest natural resource—water*. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/cindygordon/2024/02/25/ai-is-accelerating-the-loss-of-our-scarcest-natural-resource-water/>



UNA HERRAMIENTA PARA TRANSFORMAR EL FUTURO

Gracias a su versatilidad, la huella hídrica se ha consolidado como una herramienta fundamental para la gestión del agua en múltiples niveles. Desde gobiernos que buscan diseñar políticas públicas más sostenibles, hasta empresas que buscan reducir su impacto ambiental, pasando por ciudadanos más conscientes que desean cambiar sus hábitos de consumo.

En México, donde gran parte del territorio enfrenta escasez hídrica y donde los desafíos de gestión del recurso son urgentes, aplicar el concepto de huella hídrica puede marcar una diferencia. Adoptarlo como eje de políticas, estrategias productivas y decisiones personales es una oportunidad para asegurar un mejor aprovechamiento del agua, en equilibrio con los ecosistemas y con las generaciones futuras. 💧



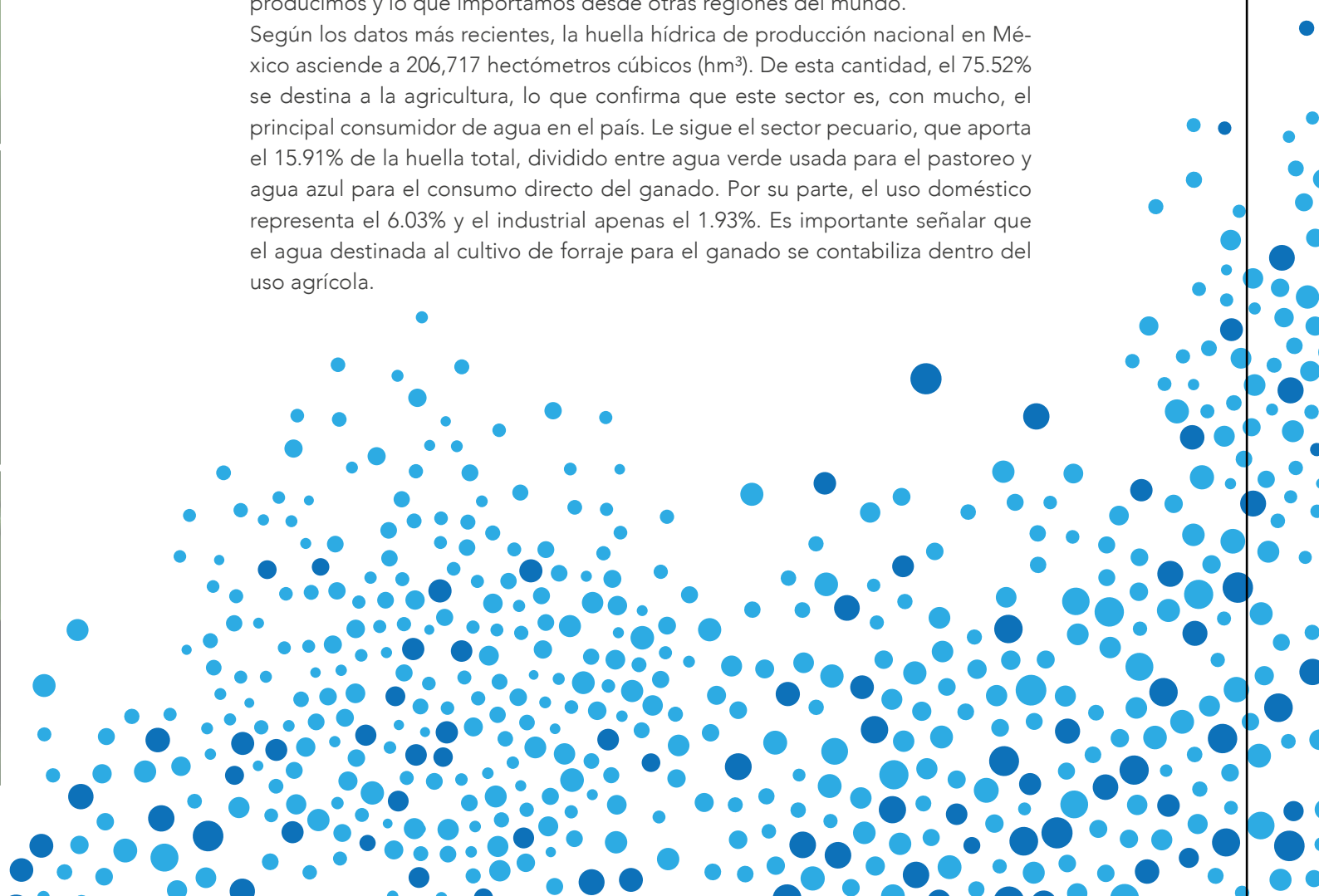
CAPÍTULO 2

HUELLA HÍDRICA EN MÉXICO: UNA MIRADA
A LO QUE CONSUMIMOS Y PRODUCIMOS

Cada país tiene una huella hídrica única, determinada por su forma de producir, comerciar y consumir. En el caso de México, esta huella refleja tanto las particularidades de nuestra dieta y estilo de vida como las características de nuestros sistemas de producción agrícola, pecuario e industrial.

La huella hídrica nacional representa el volumen total de agua dulce utilizada o contaminada dentro del territorio mexicano para generar todo lo que consumimos y exportamos. Este análisis incluye la procedencia del agua (verde, azul o gris), su uso en los diferentes sectores económicos y la relación entre lo que producimos y lo que importamos desde otras regiones del mundo.

Según los datos más recientes, la huella hídrica de producción nacional en México asciende a 206,717 hectómetros cúbicos (hm³). De esta cantidad, el 75.52% se destina a la agricultura, lo que confirma que este sector es, con mucho, el principal consumidor de agua en el país. Le sigue el sector pecuario, que aporta el 15.91% de la huella total, dividido entre agua verde usada para el pastoreo y agua azul para el consumo directo del ganado. Por su parte, el uso doméstico representa el 6.03% y el industrial apenas el 1.93%. Es importante señalar que el agua destinada al cultivo de forraje para el ganado se contabiliza dentro del uso agrícola.



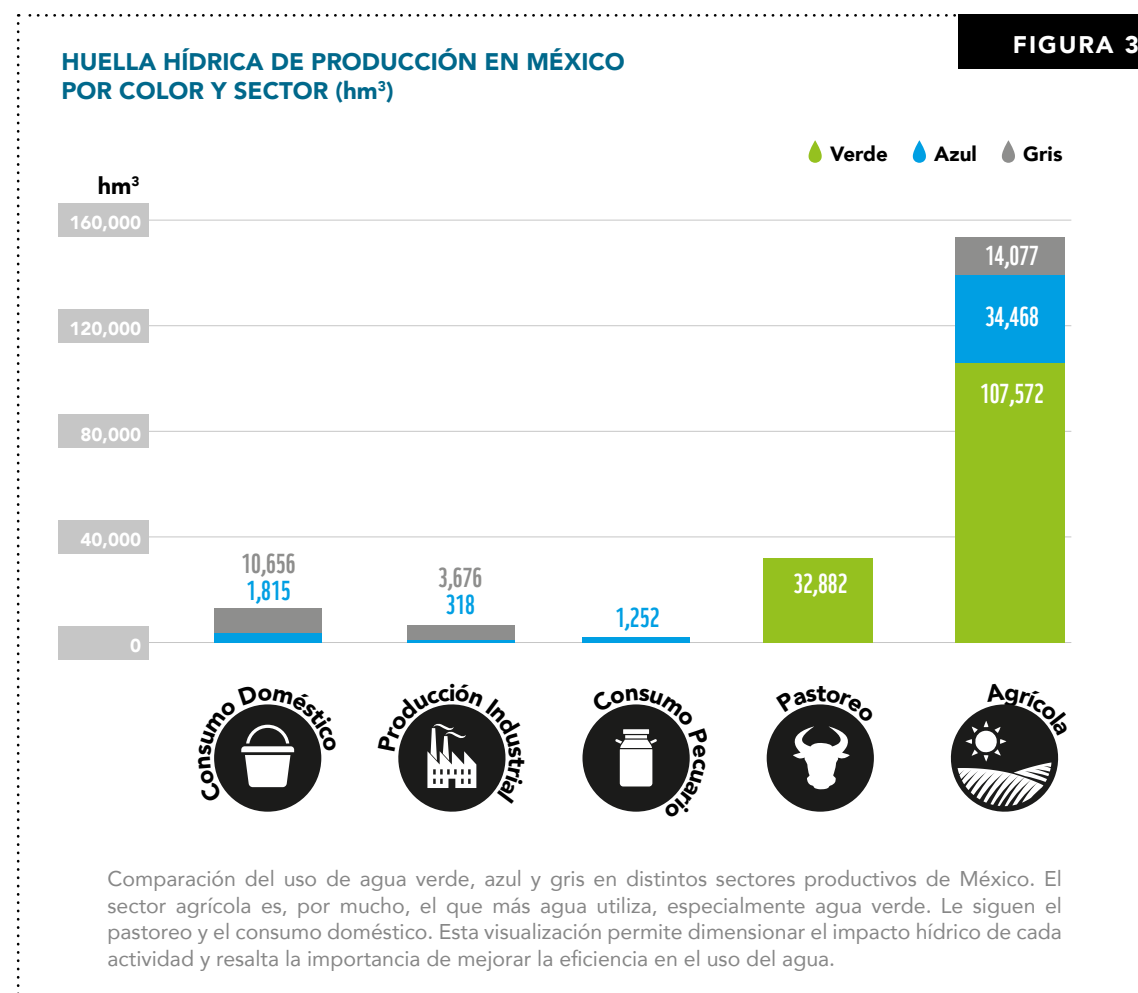
Huella hídrica en México por color y sector (hm³ totales)						
Sector		Azul	Verde	Gris	Total	% del total
	Agrícola	34,468	107,572	14,077	156,118	75.52%
	Pastoreo		32,882		32,882	15.91%
	Consumo precuario	1,252			1,252	0.61%
	Producción industrial	318		3,676	3,994	1.93%
	Consumo doméstico	1,815		10,656	12,471	6.03%
Total		37,854	140,454	28,409	206,717	100%

Tabla 2. Huella hídrica de producción en México por color y sector (hm³)

Distribución de la huella hídrica en México según el tipo de agua (verde, azul y gris) y el sector productivo. El sector agrícola concentra el 75.5% del total, seguido por el pastoreo con 15.9%. La mayor parte del agua usada es verde, es decir, proviene de lluvia almacenada en el suelo para uso agrícola.

La mayor parte del agua utilizada en la producción nacional es verde (67.95%), es decir, proviene de la lluvia que se almacena naturalmente en el suelo. Esta forma de agua es aprovechada principalmente por el sector agrícola y de pastoreo, lo que subraya la dependencia

del campo mexicano de los ciclos climáticos. Le sigue el agua azul (18.31%), procedente de fuentes superficiales y subterráneas, y el agua gris (13.74%), necesaria para diluir contaminantes. Esta última se concentra en los sectores agrícola, doméstico e industrial.



Huella hídrica en México por color y sector (% del total)					
Sector		Azul	Verde	Gris	Total
	Agrícola	16.67%	52.04%	6.81%	75.52%
	Pastoreo	0%	15.91%	0%	15.91%
	Consumo precuario	0.61%	0%	0%	0.61%
	Producción industrial	0.15%	0%	1.78%	1.93%
	Consumo doméstico	0.88%	0%	5.15%	6.03%
Total		18.31%	67.95%	13.74%	100%

Tabla 3. Huella hídrica en México por color y sector (% del total)

Proporción porcentual de la huella hídrica en México, desglosada por tipo de agua y sector. Destaca que el 68% del agua utilizada corresponde al agua verde, principalmente en la agricultura. El agua azul representa el 18% y la gris casi el 14%. El sector agrícola concentra más del 75% del total, lo que resalta su peso en el uso del agua a nivel nacional.

El análisis por sectores arroja datos interesantes: la agricultura concentra el 68.9% de su huella hídrica en agua verde, mientras que el 22.08% es azul y el 9.02% es gris. En el pastoreo, el 100%

es verde, y en el consumo pecuario, el 100% es azul. En cambio, los sectores doméstico e industrial muestran una alta dependencia del agua gris, con 85.45% y 92.04% respectivamente.

Composición según color de la huella hídrica de cada sector (%)					
Sector		Azul	Verde	Gris	Total
	Agrícola	22.08%	68.90%	9.02%	100%
	Pastoreo	0%	100%	0%	100%
	Consumo precuario	100%	0%	0%	100%
	Producción industrial	7.96%	0%	92.04%	100%
	Consumo doméstico	14.55%	0%	85.45%	100%

Tabla 4. Composición según color de la huella hídrica de cada sector (%)

Composición de la huella hídrica dentro de cada sector según el tipo de agua utilizado. En la agricultura y el pastoreo predomina el uso de agua verde, mientras que el consumo pecuario depende completamente de agua azul. En cambio, la industria y el consumo doméstico presentan una mayor proporción de agua gris, relacionada con procesos que generan contaminación.

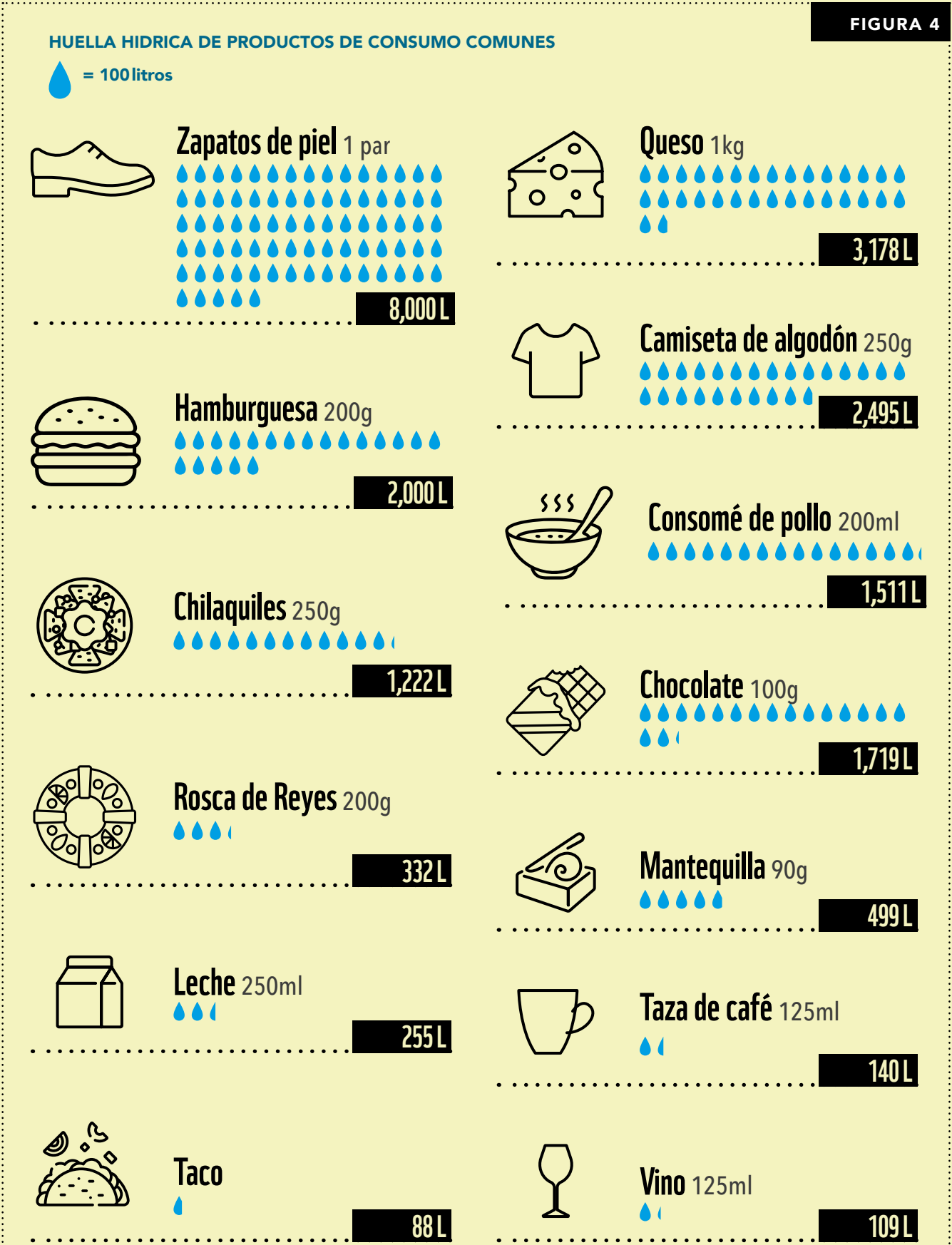
En cuanto a productos, el maíz encabeza la lista como el cultivo con mayor huella hídrica con 32,259 hm³ al año, lo que representa el 21% de la huella hídrica nacional. Le siguen otros cultivos como caña de azúcar, sorgo, café y frijol, que en conjunto suman el 60% del total, equivalen-

tes a 72 millones de hm³ anuales. Cinco productos pecuarios concentran más de la mitad de la huella hídrica de producción, lo que resalta la presión que la producción de carne y derivados ejerce sobre nuestros recursos hídricos. En general, el 78% de esta huella es agua verde.

Principales productos por HH en México (hm³)					Producción		HH unitaria
Producto	Azul	Verde	Gris	Total	Miles de toneladas		m³/ton
 Maíz	2,608	24,580	5,071	32,259		26,626	1,211.56
 Leche	1,715	21,830	1,861	25,405		13,728	1,850.60
 Carne bovina	1,431	22,274	878	24,584		2,176	11,297.79
 Carne de pollo	1,169	15,695	1,336	18,200		3,800	4,789.47
 Carne de cerdo	1,361	14,120	1,232	16,713		1,730	9,660.69
 Huevo	1,141	11,200	1,256	13,597		3,102	4,383.30
 Otras frutas	3,946	5,095	959	9,999		8,688	1,150.90
 Caña de azúcar	1,747	5,243	608	7,597		55,279	137.43
 Cerveza	3,077	2,560	111	5,747		14,171	405.55
 Café y productos	16	5,361	160	5,537		1,182	4,684.43
 Frijol	515	3,972	469	4,956		1,002	4,946.11
 Trigo y derivados	2,366	1,613	825	4,804		3,688	1,302.60
 Sorgo y derivados	1,378	2,994	98	4,470		4,754	940.26
 Otros vegetales	1,784	2,255	428	4,468		11,616	384.64
 Naranjas y mandarinas	1,604	2,011	383	3,998		5,365	745.27
 Nueces y productos	1,165	1,515	-	2,680		305	8,786.82
 Limonas, limas y derivados	906	1,135	217	2,258		3,102	727.81
 Aceite de soya	871	568	182	1,620		986	1,643.16
 Aceite de otras oleaginosas	792	517	165	1,474		897	1,643.16
 Carne de caprino y ovino	31	1,348	0	1,379		108	12,768.82

Tabla 5. Principales productos por huella hídrica en México

La tabla presenta los productos con mayor huella hídrica en México, considerando el uso de agua verde, azul y gris. El maíz encabeza la lista, seguido por la leche y la carne de bovino. Los datos permiten identificar qué alimentos requieren más agua en su producción y ayudan a reflexionar sobre prácticas agrícolas y de consumo más sostenibles.



Comercio de agua virtual

POTENCIAL REDUCTOR DE PRESIÓN EN RECURSOS HÍDRICOS

México también es un actor clave en el comercio de agua virtual, un concepto que refleja la cantidad de agua utilizada en la producción de bienes que se importan o exportan. Exportamos 29,997 hm³ al año, principalmente en productos como café (5,324 hm³) y carne bovina (4,135 hm³). Nuestros principales socios comerciales son Estados Unidos, China, Canadá, Japón, Alemania y Corea del Sur.

País	hm³ total	País	hm³ total
 Estados Unidos	23,443	 Guatemala	313
 Japón	2,042	 Alemania	271
 Canadá	552	 España	224
 China	487	 Argelia	197
 Bélgica	426	Otros	2,042

Tabla 6. Exportación de agua virtual de México

De los países que más absorben la huella hídrica de productos exportados desde México, Estados Unidos encabeza la lista con diferencia, seguido por Japón y Canadá. El comercio internacional tiene un fuerte impacto en el uso del agua nacional, especialmente en sectores agroalimentarios, y subraya la importancia de promover exportaciones con un manejo hídrico más eficiente y sostenible.

Principales productos de exportación de acuerdo a su huella hídrica, por color (hm³)				
Sector	Azul	Verde	Gris	Total
 Café	15	5,155	153	5,324
 Carne de bovino	241	3,746	148	4,135
 Otras frutas	1,260	1,627	306	3,194
 Carne de cerdo	216	2,236	195	2,647
 Otros vegetales	1,030	1,302	247	2,580
 Cocoa	366	2,082	73	2,521
 Trigo	998	681	348	2,027
 Cerveza	852	709	31	1,592
 Nueces	543	705	-	1,248
 Limón y lima	226	284	54	564
 Leche	33	417	36	485
 Maíz	36	338	70	443
 Naranjas, mandarinas	167	209	40	416
 Tomates	100	137	69	307
 Legumbres	29	220	46	295

Tabla 7. Principales productos de exportación de acuerdo a su huella hídrica, por color

Entre los productos de exportación de México con mayor huella hídrica, desglosada por tipo de agua, el café encabeza la lista, seguido por carne de bovino, frutas y cerdo. La mayoría de estos productos utiliza principalmente agua verde, lo que refleja una fuerte dependencia de la lluvia. Esta información permite analizar el impacto hídrico de las exportaciones mexicanas en los recursos nacionales.

En contraste, México importa 113,512 hm³ de agua virtual desde 67 países, siendo Estados Unidos el origen del 81% de este volumen. Los principales productos importados son carne bovina (21%), porcina, maíz y soya. De toda el agua virtual que importamos, el 81% es verde, el 9% azul y el 10% gris. Nueve de los 10 principales flujos de importación provienen de Estados Unidos; el restante, de Canadá.

País	HH Azul hm³	HH Verde hm³	HH Gris hm³	Total (hm³)
 Estados Unidos	8,636	72,537	10,259	91,432
 Canadá	421	5,383	828	6,632
 Brasil	182	3,463	249	3,894
 Indonesia	29	1,277	39	1,346
 Guatemala	22	1,094	21	1,136
 Costa de Marfil	19	1,083	2	1,103
 España	169	843	52	1,064
 Argentina	45	669	21	735
 Uruguay	240	294	29	562
 Nicaragua	27	503	17	546

Tabla 8. Importación de agua virtual por país, por color

Respecto a cuánta agua virtual se importa desde distintos países a través de los productos que México adquiere del extranjero, Estados Unidos destaca con más de 91 mil hectómetros cúbicos, principalmente en agua verde. Le siguen Canadá, Brasil e Indonesia. Esta información permite entender cómo el comercio también implica un intercambio invisible de agua, relevante para la gestión global del recurso.



Importaciones virtuales de agua por producto				
Sector	Azul (hm³)	Verde (hm³)	Gris (hm³)	Total (hm³)
 Carne de bovino	652	22,209	790	23,652
 Carne de cerdo	1,904	11,852	2,050	15,806
 Maíz	802	9,481	2,692	12,975
 Soya	387	8,981	55	9,423
 Otros	537	6,835	801	8,173
 Trigo	443	6,697	852	7,993
 Arroz	2,190	1,734	463	4,387
 Carne de pollo	331	3,228	562	4,121
 Cocoa	121	3,256	49	3,425
 Aceite de soya	156	3,165	19	3,340
 Colza-semilla de mostaza	215	2,631	393	3,239
 Aceite de palma	-	1,975	77	2,051
 Caña de azúcar	545	1,342	126	2,013
 Leche	149	1,644	209	2,002
 Algodón	468	1,096	111	1,676
 Nueces	228	721	558	1,507
 Frijol	60	287	1,042	1,339
 Otros aceites vegetales	311	566	81	958
 Sorgo	120	672	124	916
 Aceite de semilla de girasol	27	577	21	624

Tabla 9. Importaciones virtuales de agua por producto

Entre los productos que México importa con mayor huella hídrica incorporada, destacan la carne de bovino, carne de cerdo y el maíz, con altos volúmenes de agua virtual, sobre todo verde y azul. Lo anterior permite conocer el impacto hídrico externo asociado al consumo nacional, y reflexionar sobre la necesidad de adoptar prácticas de comercio más sostenibles y eficientes.

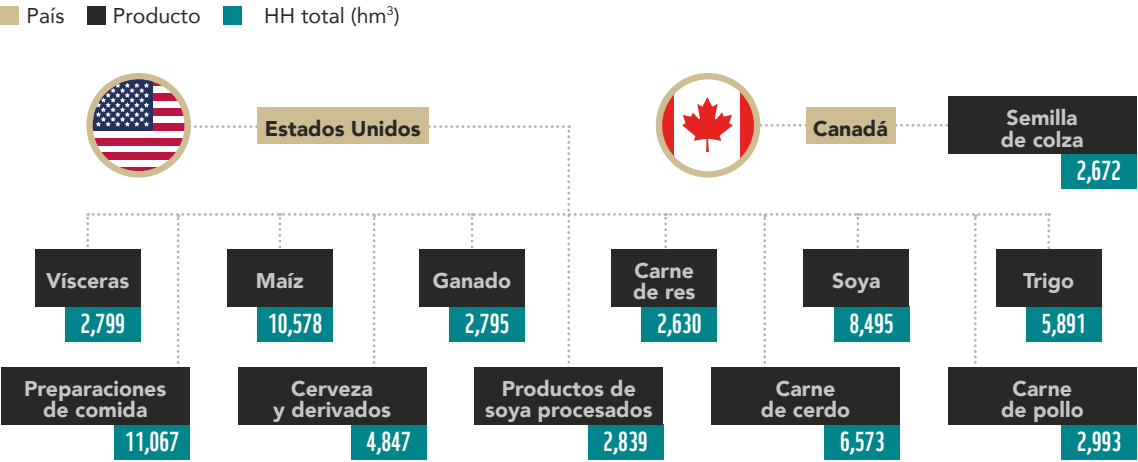


Tabla 10. Principales flujos de importación de agua a México

De los productos que México importa con mayor huella hídrica incorporada, principalmente desde Estados Unidos, destacan las preparaciones de comida, el maíz, la soya y la carne de cerdo. Estos flujos reflejan cómo el comercio exterior no solo mueve bienes, sino también grandes volúmenes de agua virtual, lo que influye en la gestión sostenible del recurso a nivel internacional.



Así se mueve el agua virtual en el comercio global

Los volúmenes de comercialización de agua virtual obedecen a dos criterios: la magnitud del comercio (volumen de los bienes comercializados) y la huella hídrica de cada producto. De este modo, aunque el volumen de comercialización sea bajo, si la huella hídrica individual de ese producto es alta, tendrá un elevado flujo de agua virtual, caso contrario ocurre cuando se comercializan altos volúmenes de productos con una reducida huella hídrica: el volumen de agua virtual comercializado será bajo.

Agua virtual

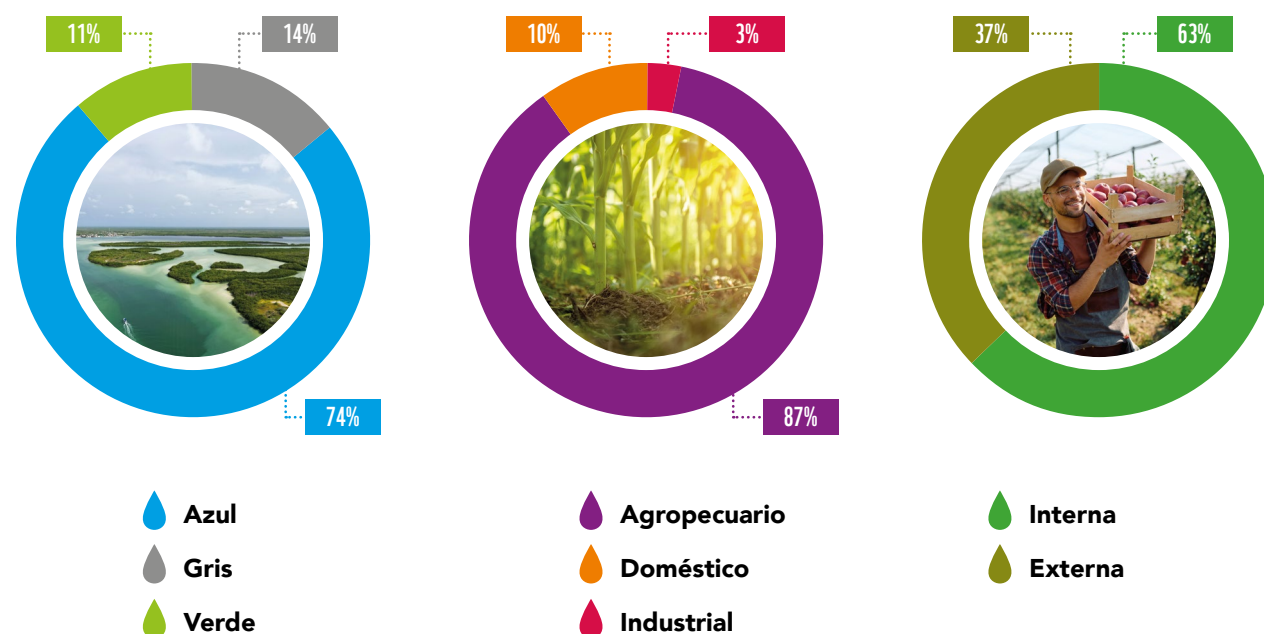
POTENCIAL REDUCTOR DE LA PRESIÓN EN RECURSOS HÍDRICOS

Cuando intercambiamos bienes y servicios, también estamos comerciando agua virtual de forma implícita. La exportación de productos con una alta huella hídrica implica trasladar la presión sobre los recursos hídricos desde los países productores hacia los países consumidores. Esto evidencia que las decisiones comerciales tienen un impacto directo en la disponibilidad y uso del agua en distintas regiones del mundo.

Este comercio internacional puede tener efectos positivos sobre la disponibilidad de agua en el país. Al importar productos con alta huella hídrica, reducimos la presión sobre nuestros propios recursos. Este intercambio (importación-exportación), si se gestiona con inteligencia, puede funcionar como un mecanismo global para distribuir más equitativamente los recursos hídricos y asegurar la sostenibilidad a largo plazo.

En este contexto, los países con excedentes de agua pueden beneficiarse económicamente al especializarse en la exportación de productos agrícolas intensivos en agua. Por otro lado, las naciones que enfrentan escasez pueden mejorar su seguridad alimentaria mediante la importación de alimentos que, de otro modo, serían costosos o inviables de producir localmente debido a la falta de agua.

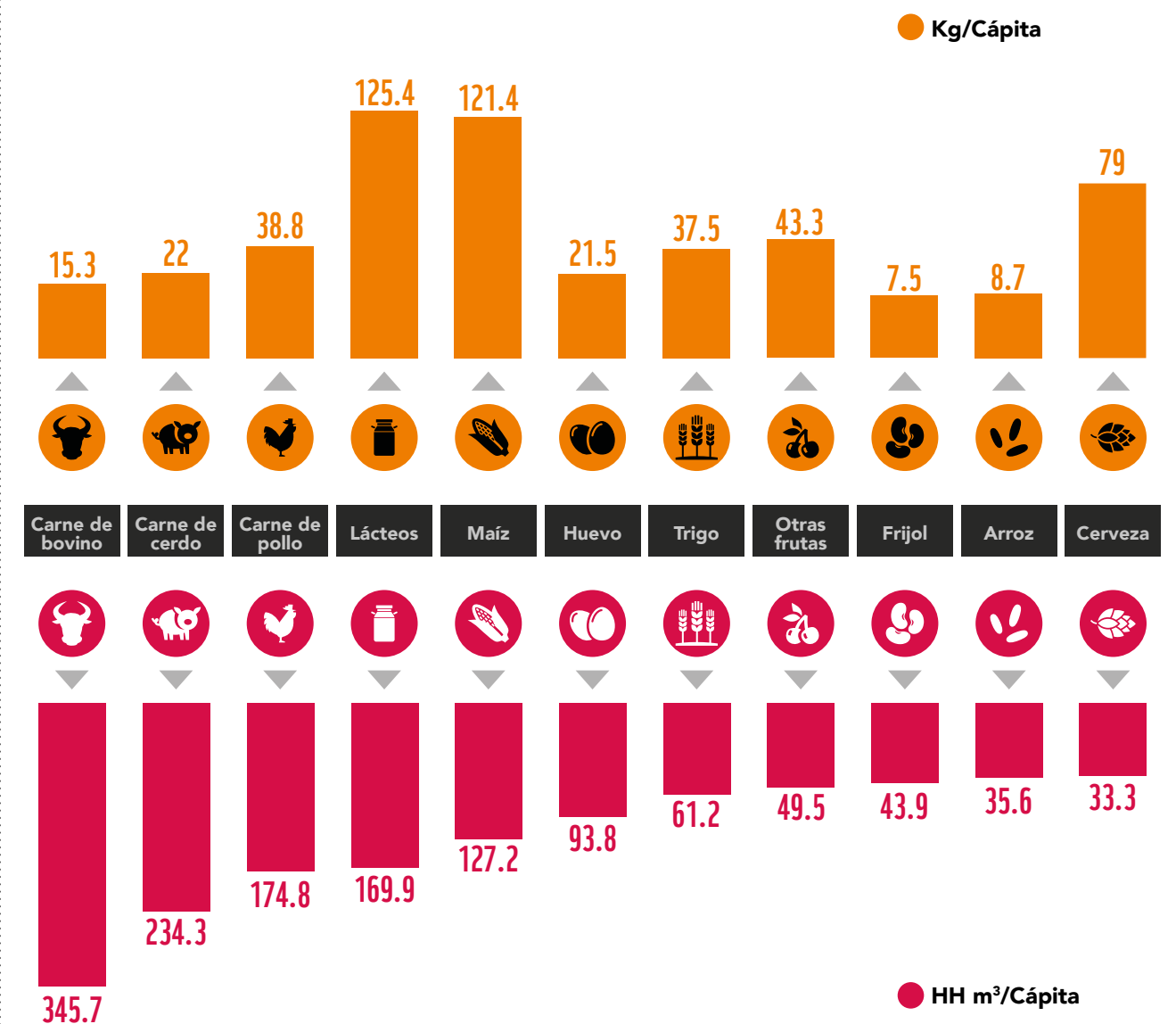
HUELLA HÍDRICA DE CONSUMO POR COLOR, SECTOR Y ORIGEN



En la composición de la huella hídrica en México se observa que el 74% corresponde a agua azul, principalmente utilizada en el sector agropecuario, que representa el 87% del total. Además, el 63% de la huella hídrica es de origen interno y el 37% proviene del exterior. Los datos demuestran la fuerte presión nacional que existe sobre el agua para la producción agrícola.

La huella hídrica de consumo en México –es decir, la que se genera por los productos y servicios que utilizamos en nuestra vida diaria– asciende a 229,340 hm³ anuales. El 74% de esta cantidad es agua verde, el 11% azul y el 14% gris. De ese total, el 87% proviene del sector agroalimentario, el 10% del consumo doméstico y solo el 3% de la industria.

COMPONENTES DE LA HUELLA HÍDRICA DE CONSUMO PER CÁPITA EN MÉXICO (% HH TOTAL)

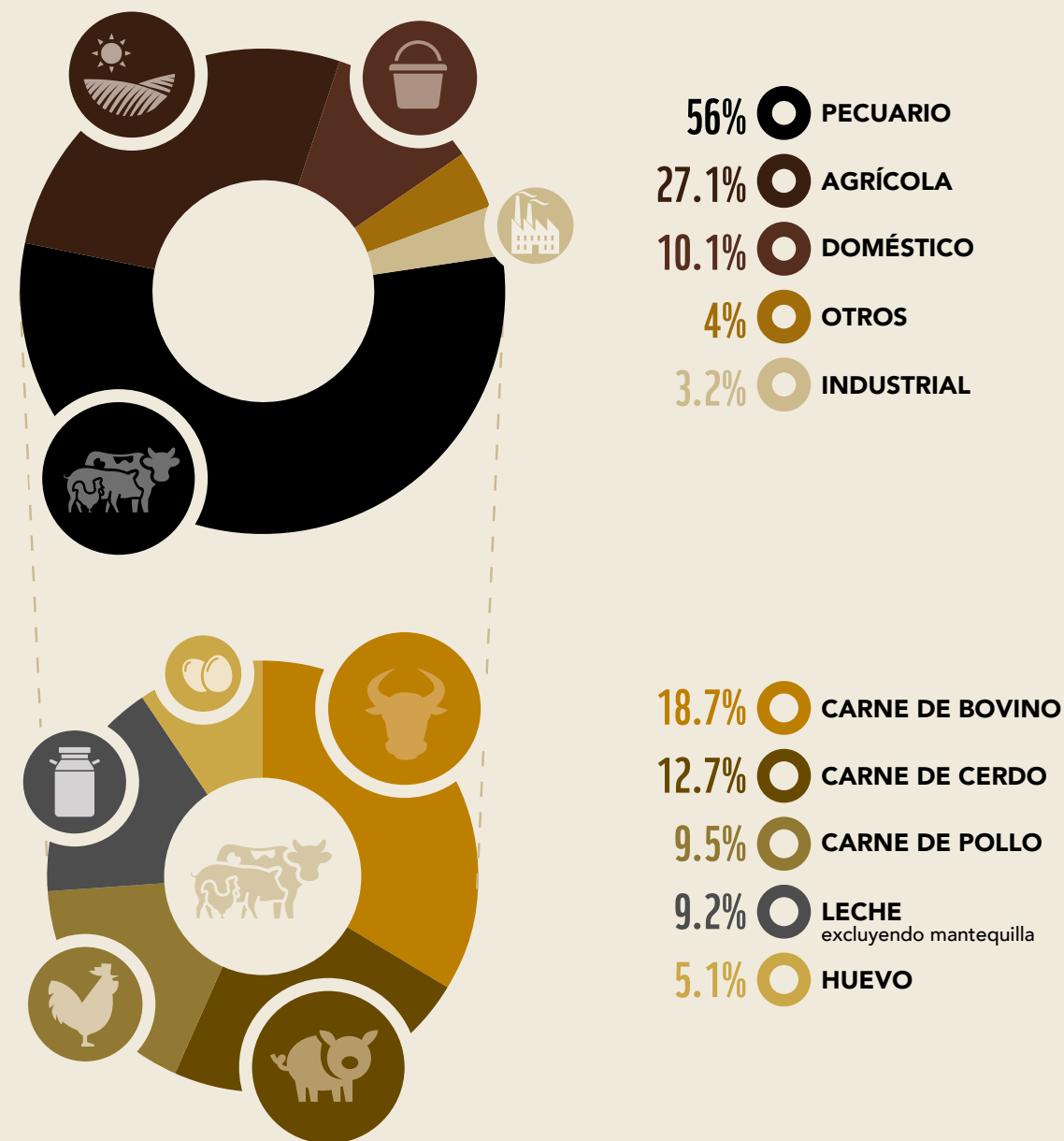


La comparación entre el consumo per cápita en kilogramos con la huella hídrica por persona en metros cúbicos para distintos alimentos, refleja que aunque los lácteos y el maíz son los más consumidos, la carne de bovino tiene la mayor huella hídrica por habitante. Esta relación evidencia que ciertos productos, aunque menos consumidos, requieren mucha más agua para producirse.

FIGURA 6

RELACIÓN DE CONSUMO Y HH PER CÁPITA EN MÉXICO

FIGURA 7



El 56% de la huella hídrica en México está asociada al consumo de productos pecuarios, siendo la carne de bovino la que más contribuye. Le siguen los sectores agrícola (27.1%) y doméstico (10.1%). Lo anterior resalta el cómo las decisiones alimentarias tienen un fuerte impacto en el uso del agua, especialmente en la producción de proteína animal.

A nivel individual, cada persona en México tiene una huella hídrica de 1,849 m³ por año. En cuanto a alimentos, cuatro de los cinco productos que más contribuyen a esta huella son de origen animal: carne de res (18.7%), cerdo (12.7%), pollo (9.5%) y leche (8.2%). El agua utilizada en casa ocupa el tercer lugar, mientras que los productos industriales se sitúan en noveno, con un 3.2%. La mayor parte de esta huella hídrica, el 63%, proviene de recursos internos, mientras que el 37% restante corresponde a productos y servicios importados, lo que conforma la huella hídrica externa.

“ El 87% de la huella hídrica de consumo corresponde a productos agroalimentarios, el 10% al uso doméstico y apenas el 3% a la industria. ”

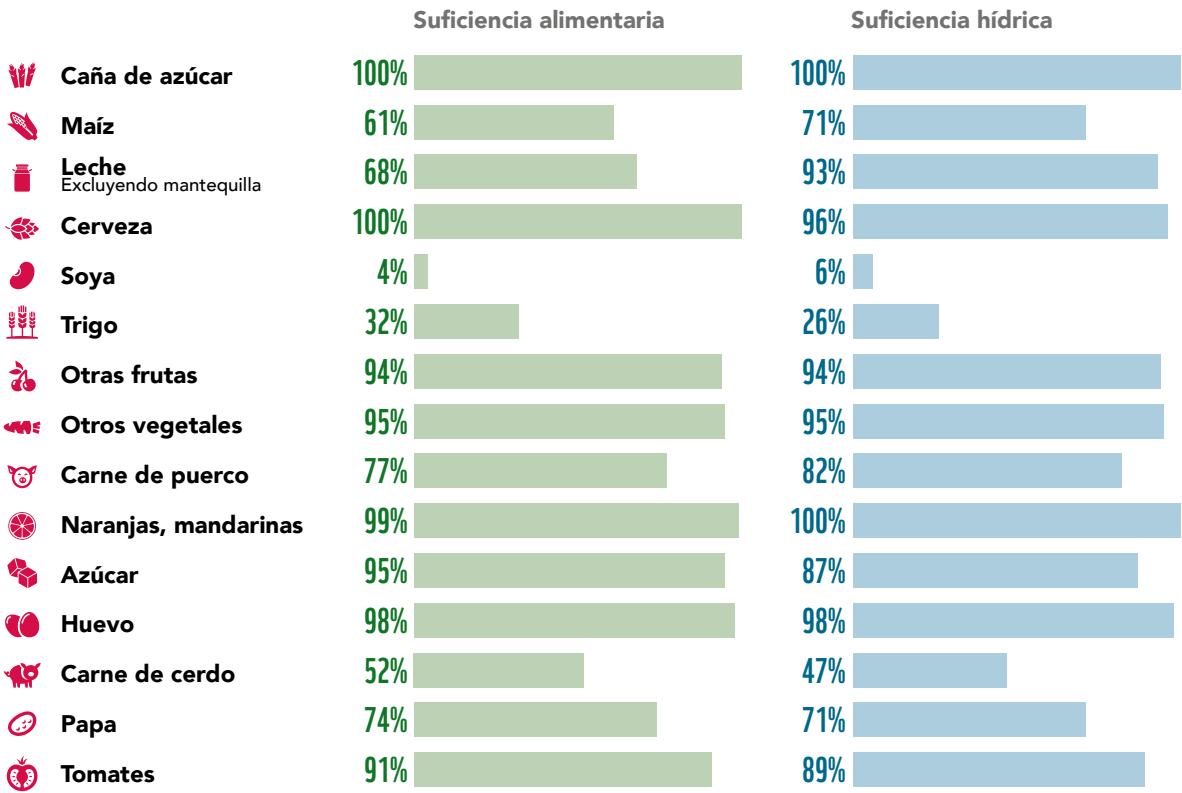
SUFICIENCIA ALIMENTARIA E HÍDRICA

Finalmente, vale la pena analizar el vínculo entre huella hídrica y suficiencia alimentaria. Esta última se alcanza cuando un país produce al menos el 80% de los alimentos que consume, considerando no solo la cantidad, sino también su calidad, accesibilidad y sostenibilidad. Lo mismo aplica para la suficiencia hídrica: no solo importa cuánta agua tenemos, sino si es de calidad, si es accesible y si la usamos de forma responsable.

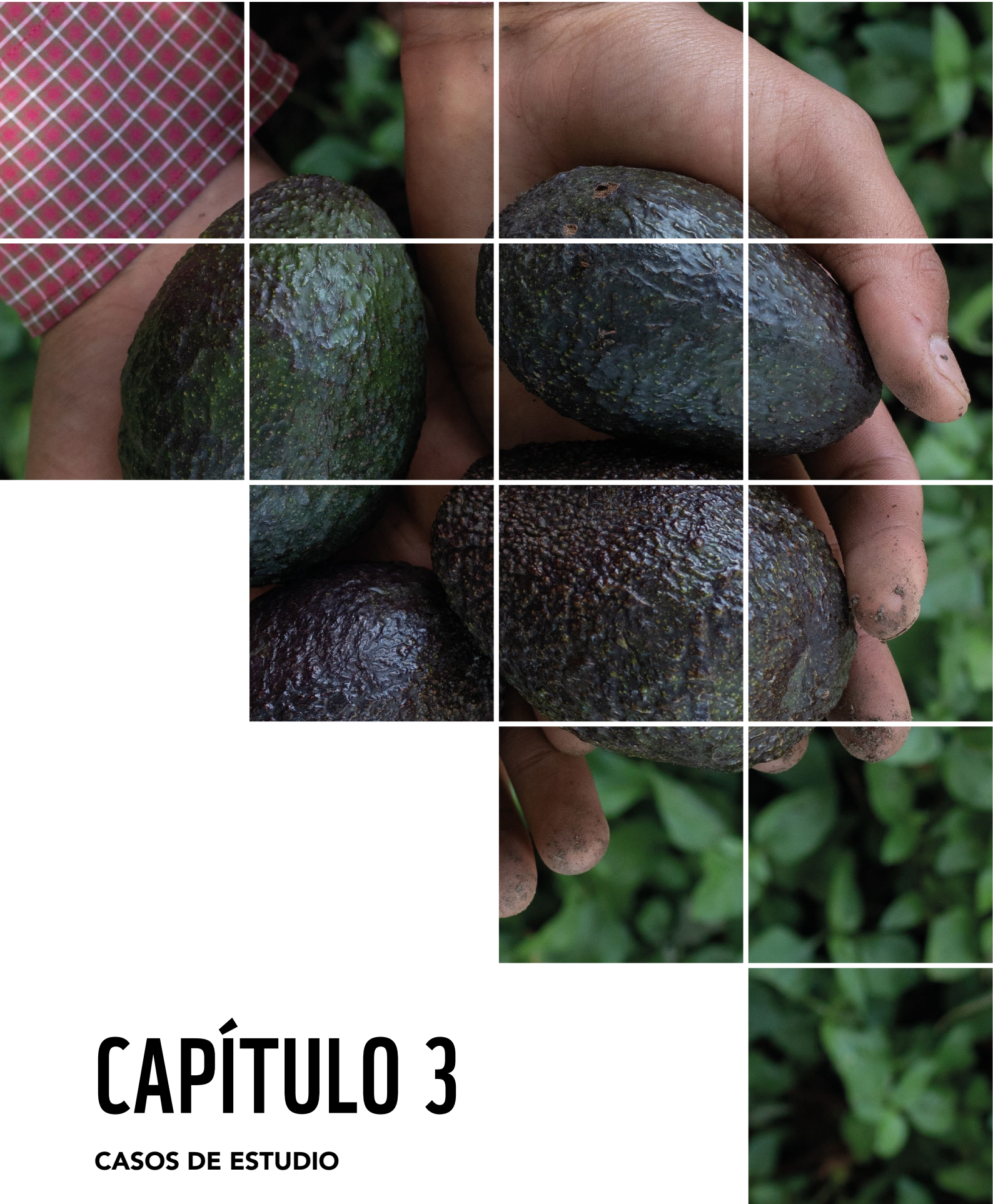
Por ejemplo, la caña de azúcar es el único cultivo que presenta suficiencia alimentaria e hídrica al 100%. En el extremo opuesto está la soya, con menos del 10% en ambos indicadores. El maíz, base de la alimentación en México, tiene una suficiencia alimentaria del 61% y una suficiencia hídrica del 71%, lo que indica que aún existe margen de mejora para fortalecer nuestra seguridad hídrica desde una perspectiva integral.

SUFICIENCIA ALIMENTARIA E HÍDRICA POR PRODUCTO

FIGURA 8



La suficiencia alimentaria e hídrica de distintos productos en México muestra que algunos, como la caña de azúcar y la cerveza, presentan altos niveles en ambos aspectos. Sin embargo, productos como soya y trigo muestran baja autosuficiencia alimentaria, a pesar de contar con suficiente agua. Esto resalta la importancia de alinear producción, consumo y disponibilidad de agua para una planificación más sostenible.



CAPÍTULO 3

CASOS DE ESTUDIO

Historias del agua

LO QUE REVELAN LOS CULTIVOS Y PRODUCTOS SOBRE NUESTRA HUELLA HÍDRICA

Este apartado ofrece una mirada profunda a diversos casos representativos por su impacto en la huella hídrica de México. A través del análisis de cultivos como el aguacate, la cebada, el maíz, las berries, la leche y las carnes, se explora la relación entre los patrones de producción y el uso del agua, considerando las particularidades de cada sector y su relevancia económica, social y ambiental.



Los productos seleccionados destacan por ser *commodities* estratégicos para el país, ya sea por su volumen de producción, su papel en las exportaciones o por la presión que ejercen sobre los recursos naturales. También se incluye una comparación internacional con el caso de la nuez producida en México y en Estados Unidos, y se revisa el papel de Japón como uno de los principales destinos de las exportaciones de agua virtual mexicana.



Aguacate

ENTRE EXPANSIÓN COMERCIAL Y PRESIÓN HÍDRICA

México es el mayor productor y exportador de aguacate del mundo. Produce más de 2.5 millones de toneladas al año, equivalentes al 28% del total global. Para atender la creciente demanda global, especialmente de Estados Unidos y Europa, el país ha incrementado su superficie cultivada en un 97% desde 2010, pasando de 134 mil a más de 250 mil hectáreas en 2023. Esta expansión ha generado empleos y derrama económica, pero también ha traído consigo impactos ambientales como el cambio de uso de suelo y una mayor presión sobre los recursos hídricos.

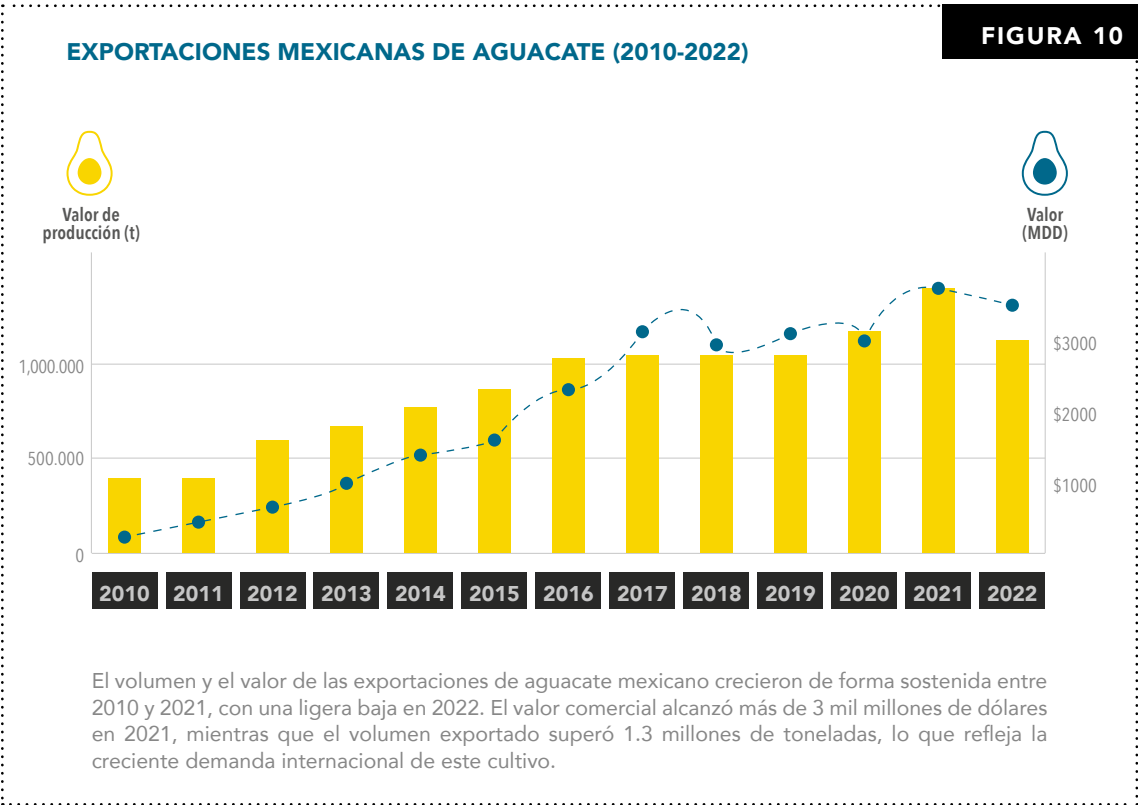
Equivalencias	Riego	Temporal	Total
ha	113,249.8	151,339.3	264,589
t	1,376,515	1,596,829	2,973,344
Rendimiento t/ha	12.2	10.6	22.7

Tabla 11. Producción de aguacate en México 2023

Los datos de producción de aguacate en México durante 2023, señalan que se cultivaron más de 264 mil hectáreas, de las cuales 43% contaron con riego y el resto fueron de temporal. En total se produjeron casi 2.97 millones de toneladas, con un rendimiento promedio nacional de 11.2 toneladas por hectárea, ligeramente superior en zonas con riego frente al temporal.

Aunque ha creado derrama económica y empleos, que permiten el desarrollo económico de distintas regiones, esta producción ha implicado un incremento en el consumo de agua para este cultivo, además del cambio de uso de suelo en distintas regiones, con serias implicaciones en biodiversidad.

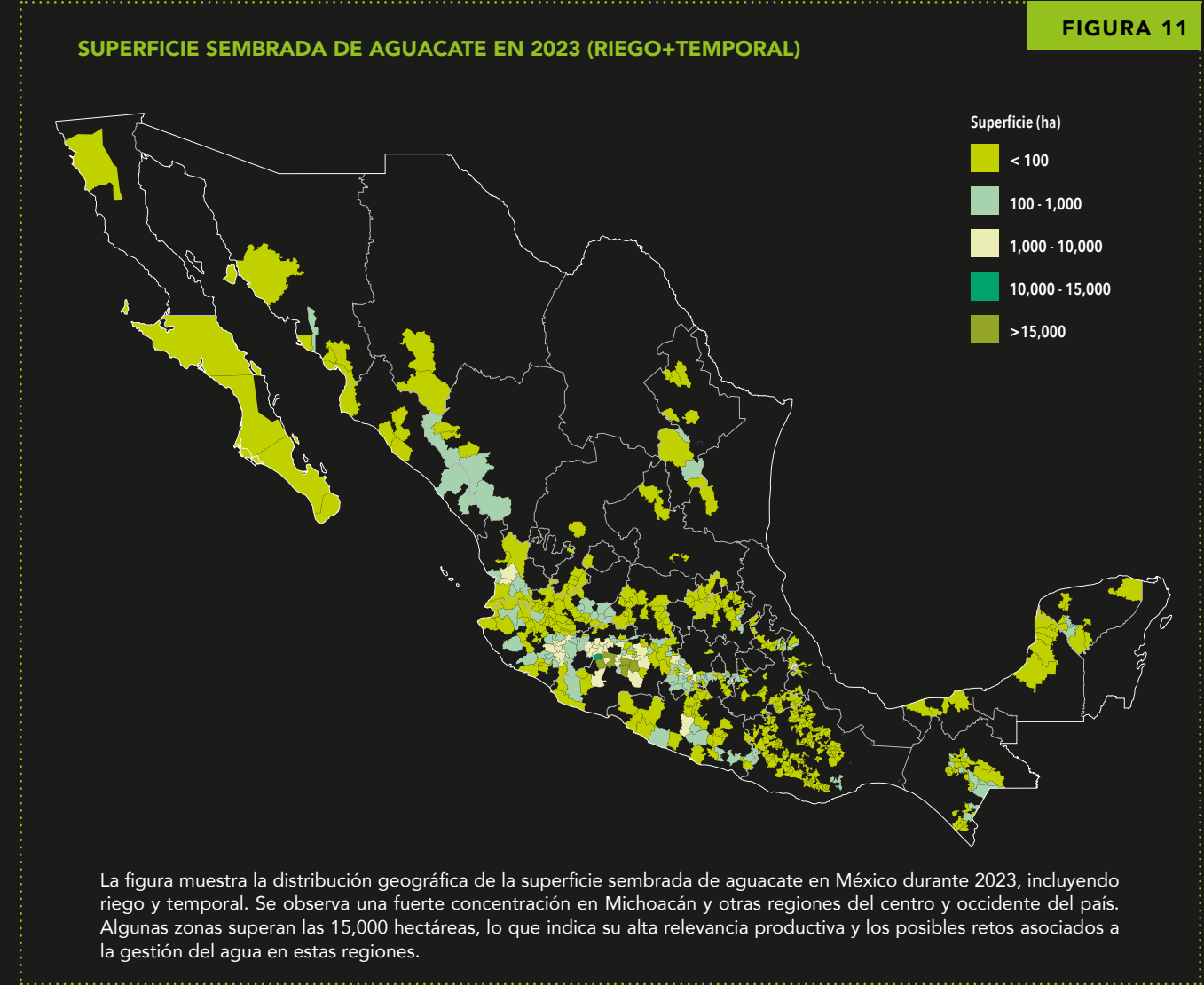
Actualmente, el aguacate se produce en 648 municipios en el país. De ellos, 7 conforman el 51% del valor de producción¹.



Del total de superficie cultivada con aguacate, el 43% se encuentra bajo riego y el 57% es de temporal. La huella hídrica promedio ponderada por tonelada es de 907.8 m³ para cultivos bajo riego, y de 875 m³/t para temporal. Aunque la diferencia total entre ambas modalidades es de apenas 4%, los componentes de la huella hídrica muestran contrastes importantes:

- En los cultivos de riego, el 38% de la huella corresponde al agua azul (superficial o subterránea), mientras que en temporal representa solo el 23%.
- El agua verde (lluvia retenida en el suelo) es mayor en los cultivos de temporal con 65%, contra 51% en riego.
- La huella gris (agua necesaria para asimilar contaminantes) es similar en ambas, con un 11% para temporal y 10% para riego.

1. Tacámbaro, Tancitaro, Salvador Escalante, Ario, Uruapan, Peribán de Michoacán y Zapotlán el Grande de Jalisco (2023).



Estas proporciones varían según la tecnología empleada, el clima, el sistema de riego, las prácticas productivas y la genética del cultivo. Tomando en cuenta estas variables, la huella hídrica total del aguacate mexicano es de 2,647.3 hm³ anuales: 1,397.7 hm³ provienen de cultivos de temporal y 1,249.6 hm³ de riego. Esto representa el 1.7% de la huella hídrica total de la agricultura mexicana.

	Riego	Temporal
Verde	467.1	573.1
Azul	345.6	202.2
Gris	94.9	100
Total	907.8	875.3

Tabla 12. HH del aguacate mexicano (m³/t)

En la figura se observa la comparación de la huella hídrica del aguacate mexicano producido bajo riego y temporal frente a un valor de referencia internacional (benchmark). En ambos casos, el aguacate nacional presenta un desempeño favorable: 812.7 m³/t en riego y 775.3 m³/t en temporal, ambos por debajo del benchmark de 820 m³/t, lo que sugiere una eficiencia hídrica competitiva.

	Riego	Temporal	Total
Verde	643	915.1	1,558.2
Azul	475.8	322.8	798.6
Gris	130.7	159.7	290.5
Total	1,249.6	1,397.7	2,647.3

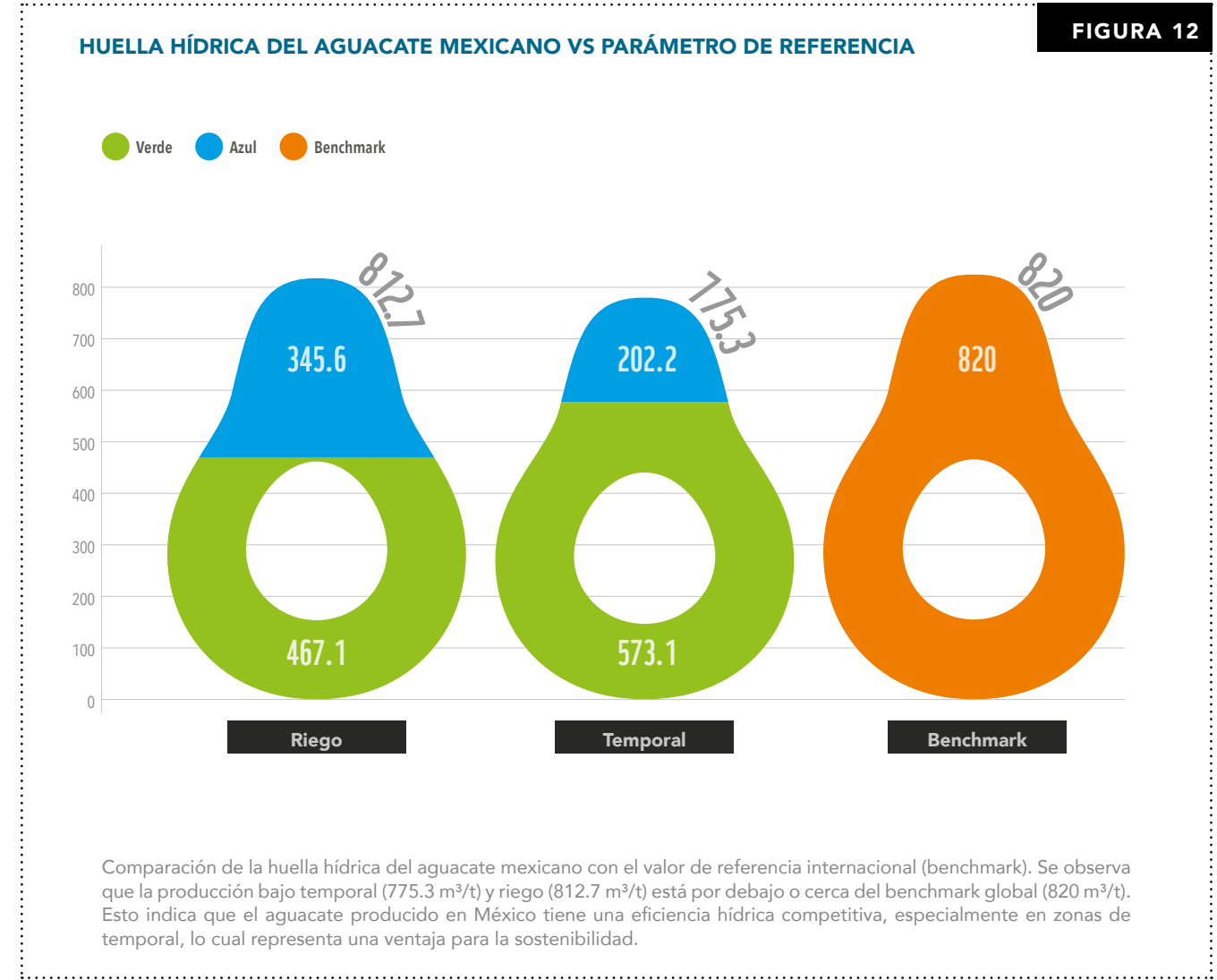
Tabla 13. HH de la producción de aguacate en México (hm³)

La tabla muestra la huella hídrica total del aguacate en México, diferenciando entre producción bajo riego y temporal. En total, se utilizan 2,647.3 hm³ de agua, siendo la mayor parte agua verde (1,558.2 hm³), seguida por azul (798.6 hm³) y gris (290.5 hm³). Esto refleja una alta dependencia de fuentes naturales y resalta la importancia de mejorar prácticas sostenibles.

“ El cultivo de aguacate en México se enfrenta a importantes retos de sostenibilidad. La expansión del cultivo debe alinearse con criterios de vocación productiva, disponibilidad hídrica y conservación ambiental.”

PARÁMETROS DE EFICIENCIA

A pesar de que el aguacate mexicano es más eficiente en huella hídrica que el parámetro internacional por tonelada, tanto en modalidad de riego como de temporal, los retos hacia la sostenibilidad son considerables. Esta eficiencia relativa brinda una ventaja competitiva, pero también impone la responsabilidad de mantener e incluso mejorar estas métricas en un contexto de creciente presión sobre los recursos naturales.



RETOS HACIA LA SOSTENIBILIDAD

El cultivo de aguacate en México se enfrenta a importantes retos de sostenibilidad. La expansión del cultivo debe alinearse con criterios de vocación productiva, disponibilidad hídrica y conservación ambiental. Es urgente adoptar buenas prácticas agrícolas, promover infraestructura eficiente, y reducir el uso de pesticidas químicos, priorizando alternativas biológicas que reduzcan la huella hídrica gris.

Además, es fundamental mejorar la planeación territorial para evitar que la creciente demanda internacional del aguacate mexicano siga generando deforestación o afectaciones a zonas boscosas. Algunas organizaciones ya trabajan en certificaciones y estándares de sostenibilidad que buscan garantizar que el aguacate exportado esté alineado con buenas prácticas ambientales.

Existen también esfuerzos para optimizar el uso del agua mediante tecnologías de riego más eficientes, monitoreo del recurso y cambios en los patrones de fertilización. Si bien muchas de estas iniciativas han sido adoptadas por productores innovadores, sigue siendo un desafío que se generalicen en todas las regiones productoras.





Cebada

INSUMO CLAVE PARA LA CERVEZA CON DESAFÍOS CRECIENTES

La cebada es un cultivo de gran relevancia en México, especialmente por su vínculo con la industria cervecera. Se cultiva en 259 municipios a lo largo del país, abarcando una superficie aproximada de 342 mil hectáreas. Aunque la presencia del cultivo es amplia, solo 15 municipios concentran el 50% del valor de producción total².

Equivalencias	Riego	Temporal	Total
ha	52,500	253,111.3	305,611.3
t	309,037	523,001	832,038
Rendimiento t/ha	5.9	2.1	2.7

Tabla 14. Producción de cebada en México en 2023

La tabla muestra la producción de cebada en México durante 2023, diferenciando entre sistemas de riego y temporal. Se cultivaron más de 305 mil hectáreas, de las cuales el 83% corresponde a temporal. Sin embargo, el rendimiento por hectárea fue notablemente mayor en riego, con 5.9 toneladas, frente a 2.1 en temporal. En total, se produjeron 832,038 toneladas, lo que resalta la influencia del tipo de manejo en la eficiencia productiva.

2. En orden: Apan, Hgo., Cuyoaco, Pue., Ahumada, Chih., Valle de Santiago, Gto., Calpulalpan y Tlaxco, Tlax., Almoloya, Hgo., Axapusco, Méx., Singuilucan, Hgo., Chignahuapan, Pue., Tepeapulco, Cuauhtémoc de Hiniyosa y Zampoala, Hgo., Temascalapa, Méx., y San Felipe, Gto.

En cuanto al tipo de producción, el 83% de la superficie sembrada es de temporal y el 17% se cultiva bajo riego, lo que refleja una clara tendencia hacia el aprovechamiento de agua de lluvia. Sin embargo, esta proporción no ha impedido que las exportaciones crezcan.

En 2022, México exportó cebada por un valor de 4 millones de dólares, cifra que representa un aumento del 8,994% respecto a 2010 y del 461,890%³ frente a 2015. A pesar de este crecimiento, el país ocupa el lugar 42 entre los exportadores a nivel mundial. Sus principales destinos son Estados Unidos, Francia, Perú y Países Bajos, de acuerdo con datos de Chatham House (2024).

El uso de la cebada en México es principalmente cervecero: el 60% del volumen nacional se destina a la elaboración de cerveza (INIFAP, 2020), un 30% a forraje pecuario, y el 10% restante a otros fines alimentarios y del sector salud.

A pesar de su importancia como insumo estratégico para una de las industrias más dinámicas del país, la superficie cultivada ha disminuido 1% desde 2010 y 6% desde 2015. Esto contrasta con el incremento del 72% en las importaciones desde 2015, que en 2022 llegaron al millón de toneladas, provenientes principalmente de Australia, Francia y Países Bajos.



3. El valor para 2022 era de \$4,328 millones de USD, mientras para 2010 y 2015 fue de \$48 y \$1 millones de USD, respectivamente.

HUELLA HÍDRICA DEL CULTIVO DE CEBADA

La producción de cebada en México implica un consumo significativo de agua, que varía según la modalidad de cultivo. La cebada de temporal tiene una huella hídrica promedio de 173.4 m³ por tonelada, mientras que la de riego asciende a 774.2 m³/t, más de cuatro veces mayor.

La distribución por tipo de agua también muestra diferencias importantes:

En cebada de riego: 45% de la huella hídrica es azul, 43% verde y 12% gris.



En cebada de temporal: predomina el agua verde (65%), seguida por el agua azul (28%) y gris (7%).



En conjunto, la huella hídrica total de la cebada en México asciende a 396 hectómetros cúbicos (hm³). De esta cifra, el 72.5% corresponde a agricultura de riego y el 27.5% a temporal. En términos de color, el 49% es agua verde, 40% azul y 11% gris.

	Riego	Temporal
Azul	345.7	48.9
Verde	333.5	113.3
Gris	95	11.3
Total	774.2	173.4

Tabla 15. HH de cebada mexicana

La tabla muestra la huella hídrica de la cebada mexicana expresada en metros cúbicos por tonelada, diferenciando entre cultivos de riego y de temporal. La cebada bajo riego tiene una huella significativamente mayor (774.2 m³/t), destacando el uso intensivo de agua azul y verde. En contraste, la cebada de temporal presenta una huella más baja (173.4 m³/t), reflejando una menor dependencia de agua superficial y subterránea.

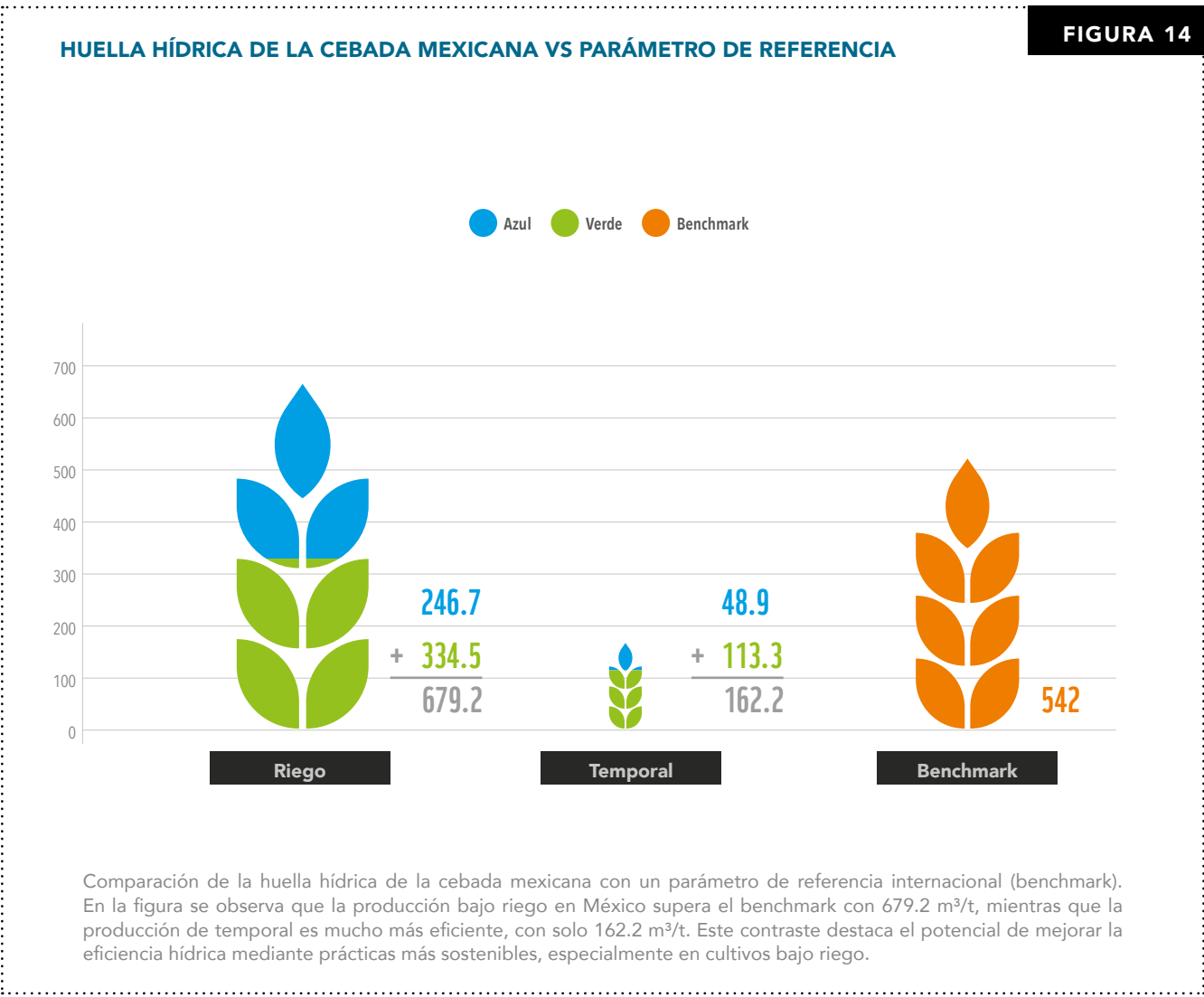
	Riego	Temporal	Total
Azul	106.8	25.5	132.4
Verde	103.1	59.2	162.3
Gris	29.4	5.9	35.3
Total	239.2	90.7	330

Tabla 16. HH de la producción de cebada en México

La tabla presenta la huella hídrica total de la producción de cebada en México, desglosada por tipo de agua (verde, azul y gris) y modalidad de cultivo (riego y temporal). En total, se utilizan 330 hm³ para su producción, siendo el riego el principal contribuyente. El agua verde representa el mayor volumen usado, seguida por la azul, mientras que la gris ocupa una menor proporción.

PARÁMETROS DE EFICIENCIA

En comparación con los parámetros internacionales de referencia, la cebada mexicana de temporal resulta más eficiente en términos de huella hídrica por tonelada. En cambio, la cebada de riego presenta una huella 25% superior al estándar internacional, lo que indica áreas de mejora para alcanzar una mayor sostenibilidad.



RETOS HACIA LA SOSTENIBILIDAD

Frente a un mercado en expansión, la producción de cebada se enfrenta a varios desafíos relacionados con la gestión eficiente del agua y la sostenibilidad en toda su cadena de valor. Esto incluye no solo el cultivo, sino también el procesamiento, especialmente en la industria cervecera.

La fuerte dependencia del agua azul representa un riesgo para las regiones donde se produce, por lo que se vuelve prioritario:

- Mejorar los sistemas de riego.
- Impulsar el tratamiento y reúso de agua.
- Fomentar la transición hacia el cultivo de temporal tecnificado o con mejor aprovechamiento de agua verde.

Una respuesta destacada ante estos retos ha sido el impulso de la agricultura regenerativa, liderada en gran parte por la industria cervecera. Esta estrategia busca reducir el impacto ambiental del cultivo de cebada mediante prácticas como:

- Reducción de la labranza del suelo.
- Implementación de rotación de cultivos.
- Uso de riego por goteo.
- Mejores esquemas de nutrición vegetal y acompañamiento técnico.

Este enfoque busca no solo mejorar la eficiencia hídrica, sino también generar beneficios ecológicos y económicos para los productores.



Maíz

EL CORAZÓN DE LA AGRICULTURA MEXICANA

El maíz es el cultivo más importante y extendido de México. Se siembra en 6.9 millones de hectáreas distribuidas en 2,347 municipios, aunque solo 82 de ellos generan el 50% del valor de producción. La variedad predominante es el maíz blanco, que representa el 86.94% de toda la producción nacional.

Además, nuestro país es el principal consumidor de maíz por habitante en el mundo. Este grano representa el 20.9% del gasto anual de los mexicanos en alimentos y bebidas, con un consumo promedio per cápita de 196 kg al año (SAGARPA, 2017).

Equivalencias	Riego	Temporal	Total
ha	1,580,365.5	5,360,665.7	6,941,031.1
t	14,426,711.9	13,123,205.6	27,549,917.5
Rendimiento t/ha	9.1	2.5	4

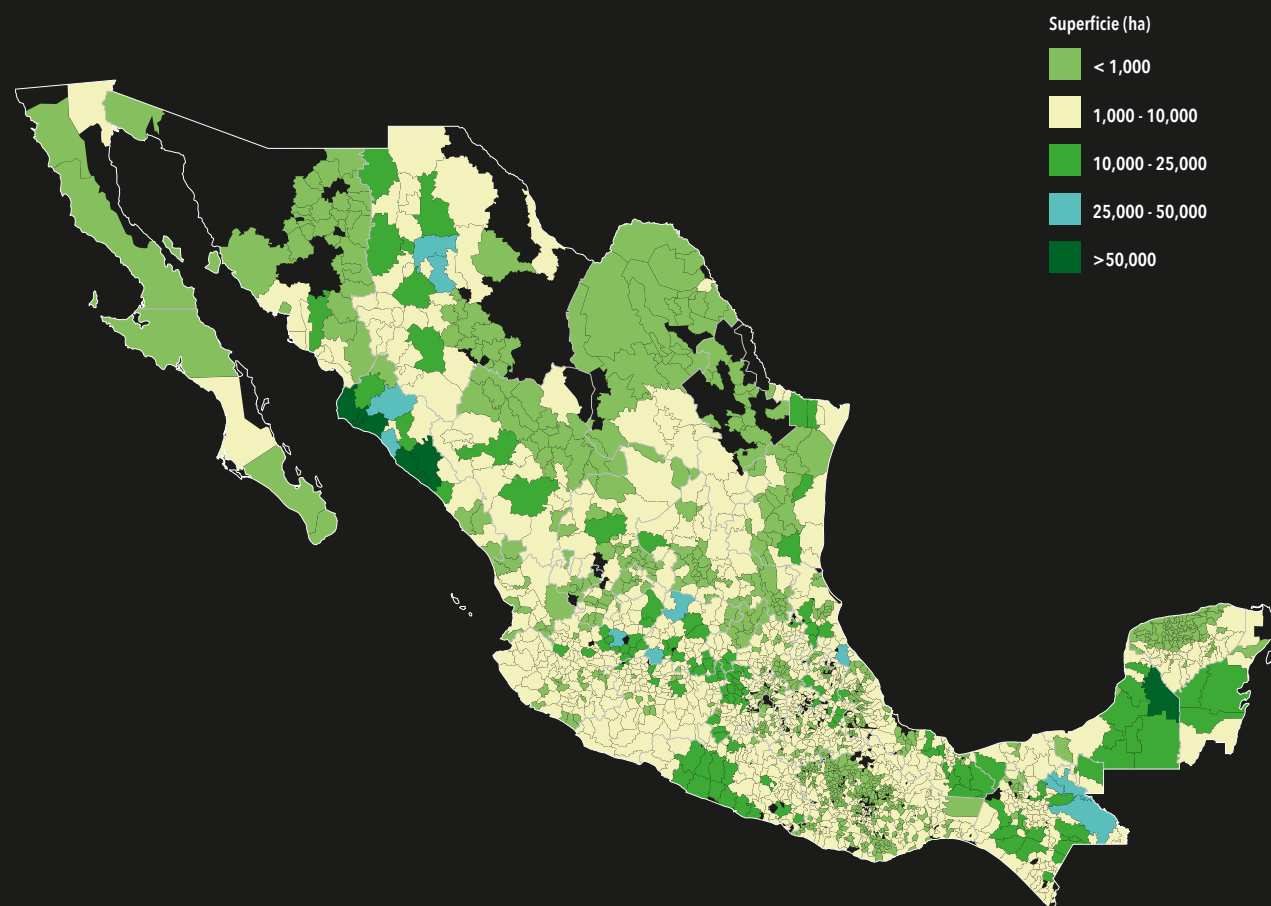
Tabla 17. Producción de maíz en México

Producción de maíz en México durante 2023, diferenciando entre cultivos de riego y de temporal. Se sembraron más de 6.9 millones de hectáreas, con una producción total superior a 27.5 millones de toneladas. El rendimiento por hectárea fue notablemente mayor en riego (9.1 t/ha) que en temporal (2.5 t/ha), lo que evidencia una fuerte diferencia en eficiencia productiva según el tipo de manejo.



SUPERFICIE SEMBRADA DE MAIZ DE GRANO EN 2023 (RIEGO+TEMPORAL)

FIGURA 15



La figura muestra la superficie sembrada de maíz grano en México durante 2023, considerando tanto cultivos de riego como de temporal. El mapa resalta que la mayor concentración de siembras se ubica en el centro-sur y sureste del país, con algunas regiones superando las 50,000 hectáreas. Esta distribución territorial refleja la importancia del maíz en la seguridad alimentaria nacional y su peso en la huella hídrica del país.

PRODUCCIÓN Y COMERCIO

En 2023, la superficie sembrada de maíz fue de 6.9 millones de hectáreas: el 77.2% se cultivó en condiciones de temporal y el 27.8% con riego. Ambas modalidades presentan diferencias marcadas en cuanto a rendimiento.

En términos de exportación, México generó 278 millones de dólares en ventas de maíz al extranjero en 2022, un 25% más que en 2010, aunque 19% menos que en 2015. A pesar de esto, la superficie de cultivo ha disminuido: 12% menos desde 2010 y 9% menos desde 2015.

Dado el alto consumo nacional, el país depende de las importaciones para cubrir la demanda interna. En 2022, México importó 16.4 millones de toneladas de maíz, principalmente de Estados Unidos, lo que lo posiciona como el principal importador mundial.

HUELLA HÍDRICA DEL MAÍZ

La producción de maíz en México tiene una huella hídrica total de 48.1 hm³ por año. Esta se compone mayoritariamente de agua verde (50.3%), seguida de agua azul (37.5%) y agua gris (12.2%), considerando tanto cultivos de temporal como de riego.

	Riego	Temporal
Azul	215.7	-
Verde	864.2	838.3
Gris	229.5	180.4
Total	1,309.4	1,018.7

Tabla 18. HH del maíz mexicano

Huella hídrica del maíz mexicano, medida en metros cúbicos por tonelada producida, diferenciando entre cultivos de riego y de temporal. El maíz de riego tiene una huella total de 1,309.4 m³/t, mientras que el de temporal alcanza 1,018.7 m³/t. Destaca el uso de agua azul en riego, ausente en temporal, lo que refleja diferentes presiones sobre los recursos hídricos según el tipo de cultivo.

Al analizar la huella por tonelada, el maíz de riego genera 1,309 m³/tonelada, mientras que el de temporal registra 1,018.7 m³/tonelada. Esto significa que el riego tiene una huella 28% mayor por unidad producida. Aunque solo el 27% del área sembrada es de riego, esta modalidad representa el 58% de la huella hídrica total del cultivo.

	Riego	Temporal	Total
Azul	3,111.8	-	3,111.8
Verde	12,467.6	11,001.1	23,468.6
Gris	3,310.9	2,367.3	5,678.2
Total	18,890.3	13,368.3	32,258.7

Tabla 19. HH de la producción de maíz en México

Huella hídrica total de la producción de maíz en México, desglosada por tipo de agua y sistema de cultivo. En total, se utilizan 32,258.7 hectómetros cúbicos (hm³), siendo el riego el sistema con mayor consumo (18,690.3 hm³). La mayor proporción corresponde al uso de agua verde, seguido por el componente gris, que representa el agua necesaria para diluir contaminantes, y finalmente el componente azul.

Dentro del sector agrícola, el maíz es el principal responsable de la huella hídrica: representa el 21% del total sectorial, incluyendo el 22% de la huella verde, el 9% de la azul y el 40% de la gris. A nivel nacional, el maíz aporta el 16% de la huella hídrica total de producción.

	Azul	Verde	Gris	Total
Agrícola	9%	22%	40%	21%
Total	8%	17%	20%	16%

Tabla 20. Participación del maíz en la huella hídrica nacional agrícola y total

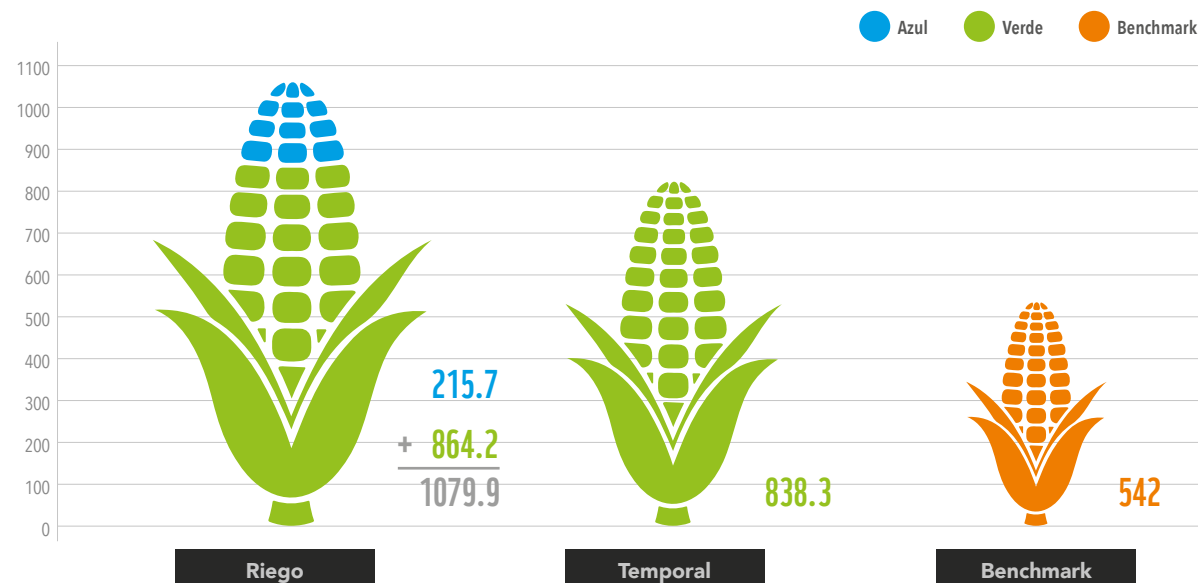
Participación del maíz en la huella hídrica nacional, tanto en el sector agrícola como en el total nacional. En el ámbito agrícola, el maíz representa el 21% de la huella total, destacando por su alta proporción de huella gris (40%). A nivel nacional, el cultivo de maíz concentra el 16% de la huella hídrica total, siendo el agua verde el componente más representativo.

PARÁMETROS DE EFICIENCIA

Comparado con estándares internacionales, el maíz mexicano muestra márgenes importantes de ineficiencia: su producción en temporal es 54% menos eficiente, y en riego, 99% por debajo del benchmark global.

HUELLA HÍDRICA DEL MAÍZ MEXICANO VS BENCHMARK

FIGURA 16



La figura compara la huella hídrica del maíz mexicano frente al valor de referencia internacional (benchmark). Se observa que la producción bajo riego tiene una huella mayor (1,079.9 m³/t) en comparación con el benchmark (542 m³/t), mientras que el maíz de temporal (838.3 m³/t) también supera este valor. Esto resalta oportunidades para mejorar la eficiencia hídrica del cultivo en México, especialmente en sistemas de riego.

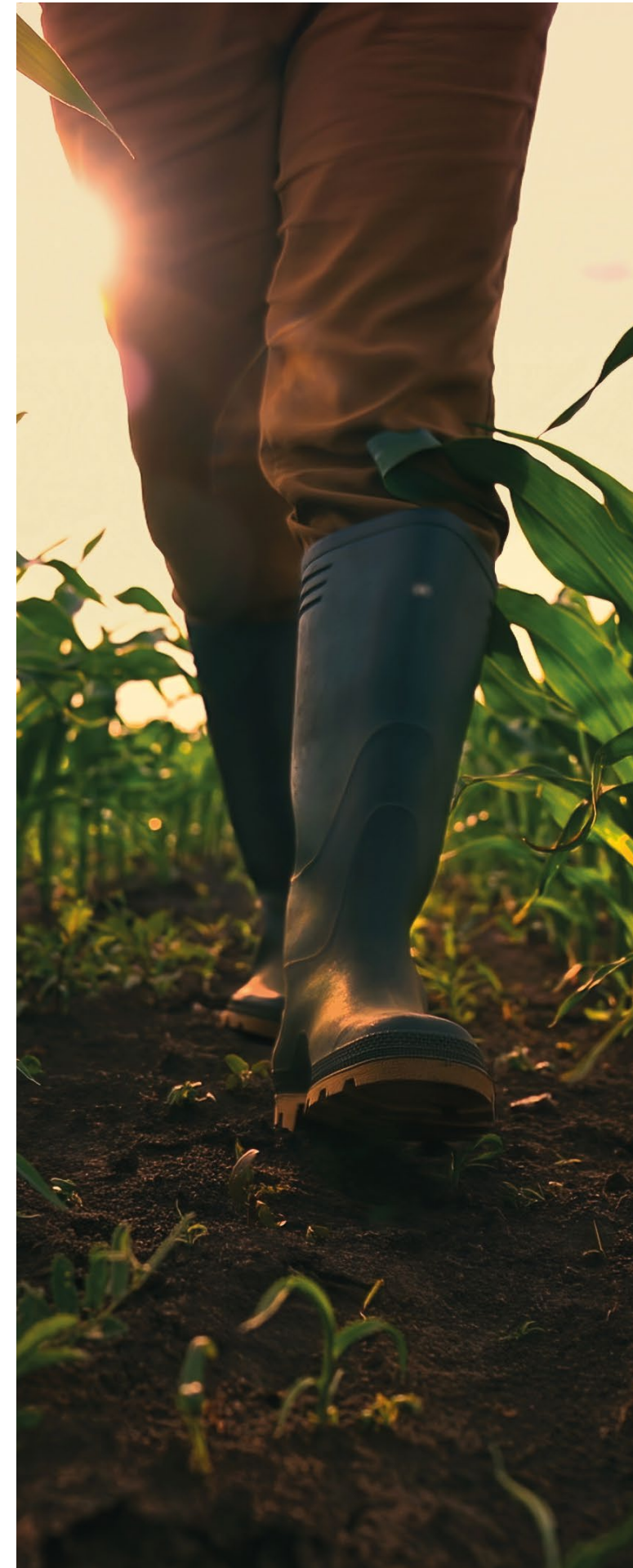
“El maíz es base de la cocina tradicional mexicana, declarada Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad por la UNESCO.”

RETOS HACIA LA SOSTENIBILIDAD

El maíz enfrenta múltiples desafíos para ser sostenible. Es un cultivo de bajo valor comercial y alta vulnerabilidad ante el estrés abiótico, como el cambio climático y la escasez de agua, factores que afectan directamente su rendimiento. A menudo se cultiva en suelos degradados y requiere pesticidas químicos, lo que incrementa su huella gris.

Frente a este escenario, algunas regiones han comenzado a implementar prácticas de agricultura regenerativa. Estas incluyen mejorar la salud del suelo, reducir el uso de agroquímicos, captar más agua y utilizar ganado para enriquecer la biota del terreno.

Según el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), entre 2017 y 2022 se incorporaron 21 mil toneladas a la producción nacional mediante estas prácticas sostenibles en ocho ciclos productivos. Aunque aún son experiencias aisladas, su adopción creciente podría marcar una diferencia importante en la reducción de la huella hídrica nacional asociada al maíz.



Agricultura regenerativa: cultivando suelo sano y agua bien aprovechada

La agricultura regenerativa se basa en prácticas que buscan transformar la manera en que producimos alimentos, promoviendo un modelo más equilibrado con la naturaleza. Su fundamento radica en reducir el uso de productos químicos, minimizar la labranza, incorporar policultivos y cultivos de servicio o cobertura, así como introducir especies pecuarias en los sistemas agrícolas. Estas acciones, cuando se implementan de forma conjunta, contribuyen significativamente a mejorar la salud del suelo y a optimizar el uso del agua en las parcelas, tanto la que proviene de la lluvia (agua verde) como la utilizada para riego (agua azul). Además de estos beneficios, esta forma de producción impulsa una visión más sostenible y resiliente frente a los desafíos climáticos y ambientales.



Leche

EFICIENCIA VARIABLE EN UN MERCADO EN CRECIMIENTO

México produce 13 millones de litros de leche al año, lo que representa un incremento del 15% respecto a 2015. El consumo per cápita de leche en México es de 124 kg equivalentes al año, una cifra que ha aumentado en 17 litros por persona desde 2010, aunque sigue por debajo de las recomendaciones de la FAO, que sugiere un consumo de 188 litros por habitante al año (SENASICA, 2023).

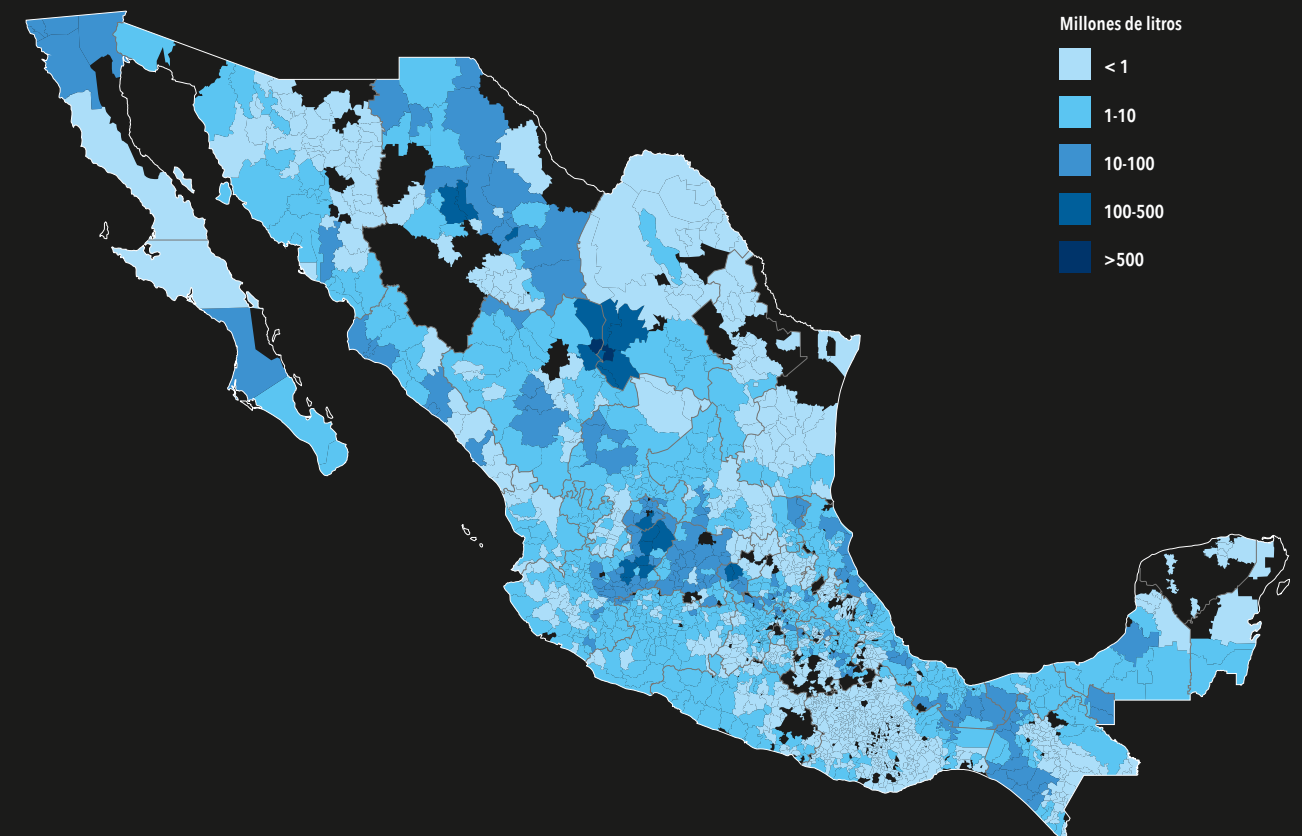
Producción nacional de leche, 2023 (millones de litros)									
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Leche	11,395	11,608	11,768	12,006	12,276	12,564	15,852	13,105	13,333

Tabla 21. Producción nacional de leche en 2023

Producción nacional de leche en México entre 2015 y 2023, expresada en millones de litros. A lo largo de este periodo, se observa un crecimiento constante, pasando de 11,938 millones de litros en 2015 a 13,533 millones en 2023. Este aumento refleja una mayor demanda y expansión del sector, lo cual tiene implicaciones importantes en el uso y gestión sostenible del agua.

PRODUCCIÓN DE LECHE BOVINA EN MÉXICO DURANTE 2023

FIGURA 17



La figura muestra la distribución de la producción de leche bovina en México durante 2023, expresada en millones de litros por municipio. Las tonalidades más oscuras indican mayores volúmenes de producción, concentrados principalmente en regiones del norte, centro-occidente y sureste del país. Esta visualización permite identificar las zonas con mayor actividad lechera y su posible impacto en el uso del agua, clave para evaluar su huella hídrica.

DISTRIBUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN

La producción de leche se concentra en 546 municipios del país.

Solo 15 municipios generan el 52% del valor total de producción nacional.

En 2023, se produjeron 13 millones de litros, lo que representa un incremento del 15% con respecto a 2015.

PRINCIPALES REGIONES PRODUCTORAS

Las entidades con mayor producción de leche son:

Región de La Laguna (Coahuila y Durango): más de 3 millones de litros.

Jalisco: 2.8 millones de litros.

Chihuahua: 1.2 millones de litros.

Veracruz: 0.8 millones de litros.



Estos cinco estados concentran el 61% de la producción nacional.



	Azul	Verde	Gris	Total
Laguna	176.9	1,814.8	158.1	2,149.8
Jalisco	162.8	1,739.2	144.5	2,046.5
Chihuahua	120.3	1,512.3	103.8	1,736.5
Veracruz	127.4	1550.2	110.6	1788.2
Promedio Nacional	124.9	1,590.2	135.6	1,850.6

Tabla 22. Huella hídrica promedio por litro de leche (m³/t)

Huella hídrica promedio por litro de leche en cuatro regiones clave del país: La Laguna, Jalisco, Chihuahua y Veracruz, comparadas con el promedio nacional. Se observa que La Laguna tiene la huella más alta (2,149.8 m³/t), mientras que Veracruz presenta la más baja (1,768.2 m³/t). El promedio nacional es de 1,850.6 m³/t, destacando diferencias regionales en eficiencia hídrica.

	Azul	Verde	Gris	Total
Total	1,714.8	21,829.6	1,861	25,405.4
%	6.7%	85.9%	7.3%	100%

Tabla 23. Huella hídrica de la producción de leche en México (hm³)

Huella hídrica total de la producción de leche en México, que suma 25,405.4 hm³. La mayor parte corresponde al uso de agua verde (85.9%), seguida por agua gris (7.3%) y agua azul (6.7%). Esto indica que la producción depende principalmente de la humedad del suelo por lluvia, con menor presión sobre fuentes superficiales o subterráneas y niveles moderados de contaminación asociada.

La huella hídrica de la leche asciende a 25,405 hm³, distribuida en 86% verde, 7.3% gris y 6.7% azul. Este valor representa el 12.3% de la huella hídrica agropecuaria nacional. La eficiencia depende del tipo de sistema de producción: extensivo, intensivo o mixto, el tipo de alimentación del ganado (pastoreo o forraje), la fuente de agua (temporal o riego) y el nivel tecnológico adoptado.

RETOS HACIA LA SOSTENIBILIDAD

El sector lechero enfrenta desafíos importantes. Los retos incluyen la degradación del suelo, variabilidad climática y disponibilidad de agua, el uso de antibióticos y anabólicos, la ética en los sistemas de producción, necesidad de cerrar brechas tecnológicas que permitan reducir las pérdidas entre sitios de producción y procesos de transformación y consumo final.

La Cámara Nacional de la Industria de la Leche (CANILEC), el principal organismo del sector, ha promovido medidas para aumentar la eficiencia y reducir el impacto ambiental, como:



Uso de prácticas agrícolas sostenibles y regenerativas en la cadena de insumos.



Diseño de envases y empaques que fomentan la economía circular.



Coordinación en campo para optimizar el uso de recursos naturales.



Berries

LOS FRUTOS ROJOS MEXICANOS

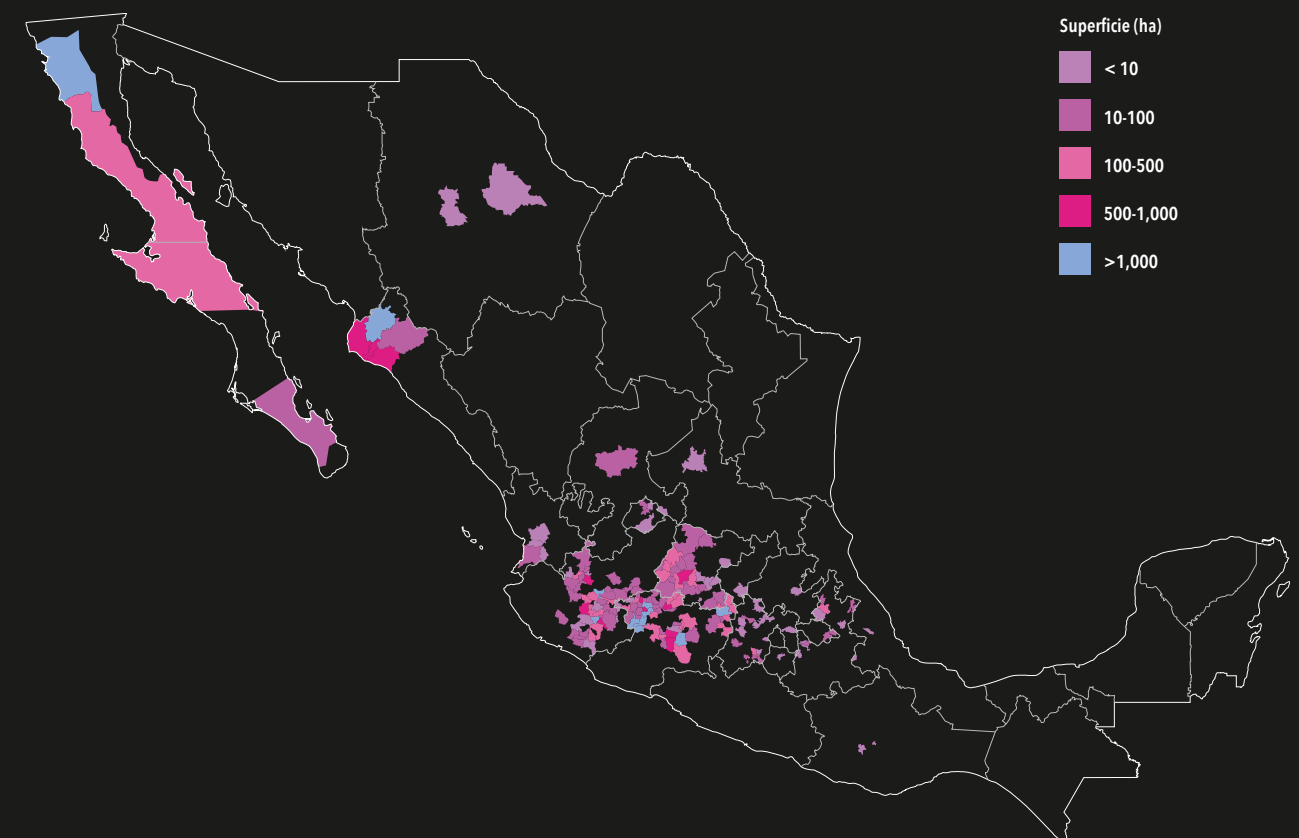
En los últimos siete años, el mercado global de berries ha duplicado su valor, impulsado por condiciones favorables de producción, un aumento sostenido en la demanda internacional, avances tecnológicos y un sólido apoyo institucional. México se ha consolidado como el principal proveedor mundial de estos frutos. En 2022, el valor de sus exportaciones superó los 1,500 millones de dólares, una cifra cinco veces mayor que la registrada en 2015. El 90% de estas exportaciones se dirige a Estados Unidos y el 8% a Canadá.

Para satisfacer esta creciente demanda, México ha incrementado de manera significativa su superficie de cultivo. Actualmente se siembran 41,000 hectáreas de frutos rojos, lo que representa un aumento del 41% en comparación con 2015. A pesar de que estos cultivos se encuentran en 181 municipios del país, la producción está altamente concentrada: cinco estados representan el 97% de la superficie sembrada. Michoacán encabeza la lista con el 48%, seguido por Jalisco con 25%, Baja California con 11%, Guanajuato con 6% y Sinaloa con 5%. Cabe destacar que el 38% de los municipios productores en la actualidad no cultivaban berries en 2015.

Los frutos rojos son cultivos de alto valor comercial, cuyo costo de producción por ciclo puede alcanzar un millón de pesos por hectárea. Son altamente intensivos en mano de obra y especialmente vulnerables a plagas y

enfermedades, lo que incrementa la necesidad de insumos para su protección. Asimismo, dependen casi exclusivamente del riego: el 98% de la superficie se cultiva bajo esta modalidad y solo el 2% en condiciones de temporal.

PRODUCCIÓN DE BERRIES EN 2023



La figura muestra la distribución de la superficie sembrada con berries en México durante 2023, considerando tanto riego como temporal. Se observa que los estados con mayor concentración de superficie, especialmente con más de mil hectáreas, se ubican en el occidente y centro del país. Esta visualización permite identificar las regiones con mayor presencia de este cultivo, clave para analizar su huella hídrica y orientar estrategias sostenibles.

Equivalencias	Arándano	Frambuesa	Fresa	Zarzamora
Producción (t)	79,101	190,367	640,162	221,727
Superficie (ha)	5,710	10,296	15,241	10,685
Rendimiento t/ha	13.8	18.4	42	20.7

Tabla 24. Producción de berries en México

Datos de producción de berries en México, desglosados por tipo: arándano, frambuesa, fresa y zarzamora. La fresa lidera con más de 620 mil toneladas producidas y el mayor rendimiento (42 t/ha), seguida por la zarzamora y la frambuesa. Estos datos reflejan la importancia de cada cultivo en términos de volumen y eficiencia, elementos clave para evaluar su huella hídrica.

FIGURA 18



				
	Arándano	Frambuesa	Fresa	Zarzamora
	323.2	200	200	158.7
	318.5	197	197	156.4
	154.2	95.4	95.4	75.7
	796	492.5	492.5	390.8

Tabla 25. Huella hídrica promedio por cada fruto rojo (m³/t)

Huella hídrica promedio por tonelada para cuatro frutos rojos en México. El arándano registra la huella más alta (796 m³/t), principalmente por el uso de agua azul. En contraste, frambuesa y fresa tienen una huella similar de 492.5 m³/t, mientras que la zarzamora muestra el valor más bajo. Estos datos ayudan a entender el impacto hídrico de cada cultivo y su eficiencia relativa.

En cuanto a su impacto hídrico, las berries presentan una huella significativa. La huella hídrica total de su producción en México asciende a 558.6 hectómetros cúbicos anuales. Esta se distribuye principalmente entre cuatro tipos de berries: la fresa representa el 56% del total, seguida por la frambuesa con 17%, la zarzamora con 16% y el arándano con 11%. A nivel unitario,

el arándano es el fruto con mayor huella hídrica por tonelada producida (796 m³/t), mientras que la zarzamora tiene la menor (390.8 m³/t). Aunque su contribución a nivel nacional es relativamente baja —representan el 0.4% de la huella hídrica agrícola de México—, su impacto en las regiones productoras es considerable debido a la intensidad de uso de agua y suelo.

					
	Arándano	Frambuesa	Fresa	Zarzamora	Total
 Azul	25.6	38.1	128	35.2	226.9
 Verde	25.2	37.5	126.1	34.7	223.5
 Gris	12.2	18.2	61.1	16.8	108.3
Total	63	93.7	315.3	86.7	558.6
% de la HH	11%	17%	56%	16%	
% de la superficie	14%	25%	36%	25%	

Tabla 26. Huella hídrica de la producción de berries en México (hm³)

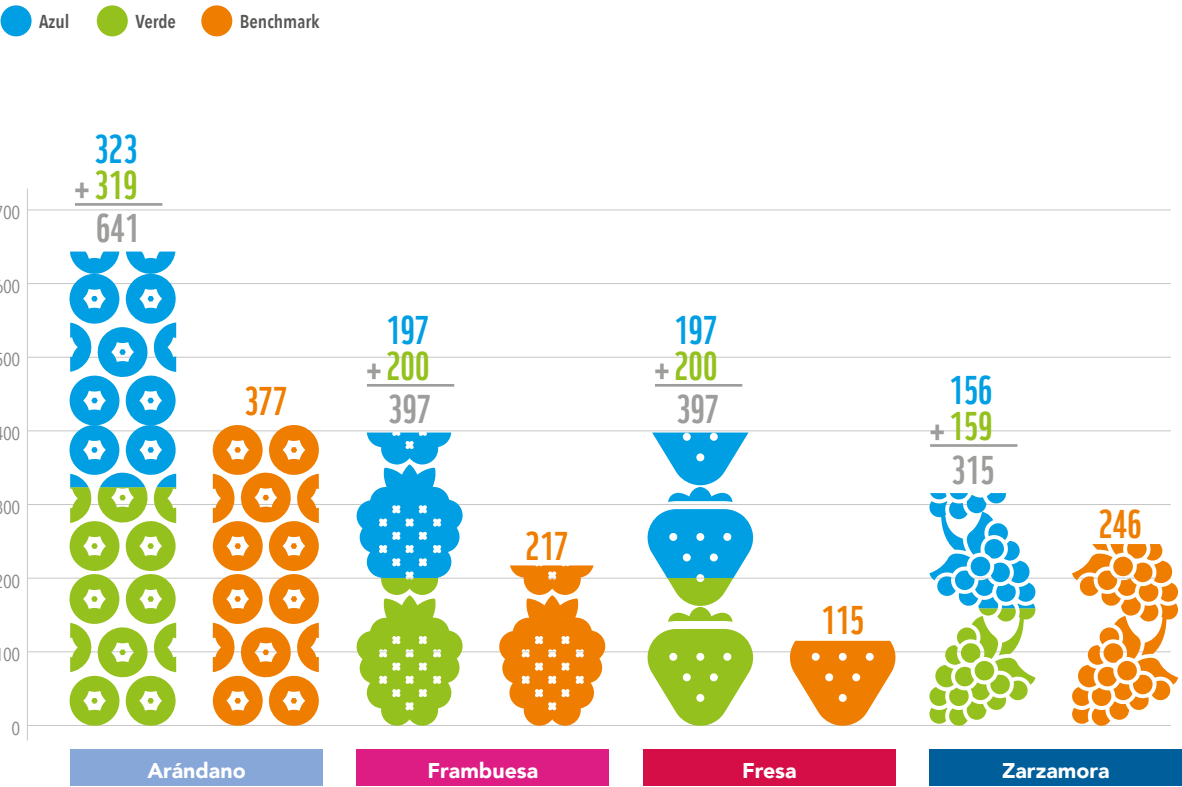
Huella hídrica total de la producción de berries en México, desglosada por tipo de agua y fruto. La fresa es la que más agua consume, representando el 56% del total, a pesar de ocupar solo el 36% de la superficie. En contraste, el arándano y la zarzamora utilizan menos agua, con una menor participación tanto en superficie como en huella hídrica.

PARÁMETROS DE EFICIENCIA

Las berries mexicanas también enfrentan importantes retos en términos de eficiencia hídrica. Todas ellas presentan indicadores su-

periores al benchmark internacional, lo que refleja oportunidades de mejora en la gestión del recurso.

HUELLA HÍDRICA DE LAS BERRIES MEXICANAS VS PARÁMETRO DE REFERENCIA



Comparación de la huella hídrica de berries mexicanas con los valores de referencia internacionales (benchmark), medida en metros cúbicos por tonelada. Se observa que los arándanos mexicanos superan notablemente el benchmark, mientras que frambuesa y fresa están por encima, pero en menor proporción. En contraste, la zarzamora mexicana presenta una huella más baja. Esto refleja áreas de oportunidad para mejorar eficiencia hídrica en algunos cultivos.

RETOS HACIA LA SOSTENIBILIDAD

En materia de sostenibilidad, estos cultivos representan un desafío creciente. A pesar de su bajo peso en la huella hídrica nacional, su expansión acelerada ha transformado los patrones de uso de recursos en muchas regiones. La alta dependencia de riego, los insumos para el control de plagas —muchos de los cuales están ligados a su huella gris—, y la demanda de mano de obra generan presión sobre los sistemas productivos y sociales. En varias zonas, la dificultad para encontrar mano de obra suficiente se ve agravada por la competencia entre mercados legales e ilegales.

Frente a estos desafíos, algunas de las principales asociaciones de productores han comenzado a impulsar la transición hacia una producción más sostenible. Estas acciones, en muchos casos motivadas por las exigencias del mercado internacional, incluyen prácticas más responsables en el uso de químicos y recursos naturales como el suelo y el agua. Sin embargo, la adopción de estas prácticas aún es limitada y su avance depende tanto de la voluntad de los productores como de la presión del mercado.



Carne de bovino, porcino y ave

CONSUMO CRECIENTE E IMPACTO HÍDRICO

En México, el consumo per cápita de carne se ha duplicado desde 1980, alcanzando los 75 kilogramos por persona en 2022. No solo ha crecido la cantidad, también ha cambiado la preferencia: mientras que hace cuatro décadas predominaba el consumo de carne de bovino, hoy la carne de ave es la más demandada.

Durante los últimos 12 años, esta tendencia se ha acentuado. El consumo de carne de ave aumentó un 21%, alcanzando los 38.8 kg por habitante al año. La carne de porcino registró un incremento del 33% en ese mismo periodo, mientras que el consumo de carne de bovino disminuyó un 11%.

	2010	2022	Variación
Ave	32	38.83	0.21
Porcino	16.5	21.96	0.33
Bovino	17.1	15.27	-0.11

Tabla 27. Consumo de carne per cápita en México (kg/habitante/año)

En la evolución del consumo per cápita de carne en México entre 2010 y 2022, destaca un aumento en el consumo de carne de ave y de cerdo, con incrementos de 6.83 kg y 5.36 kg por habitante al año, respectivamente. En contraste, el consumo de carne de res disminuyó en 1.63 kg, reflejando cambios en las preferencias alimentarias de la población.

Para cubrir esta creciente demanda, especialmente en carne de ave y porcino, México depende en gran medida de las importaciones. Estas representan el 48% del consumo nacional aparente en el caso del porcino y el 23% en el de ave.

Tipo de carne	Producción	Exportaciones	Importaciones	Consumo aparente	Relevancia de las importaciones
	3,800	8	1,158	4,950	23%
	1,730	274	1,344	2,800	48%
	2,176	366	138	1,948	7%

Tabla 28. Consumo aparente (miles de toneladas) y participación de las importaciones

En el consumo aparente de carne en México, así como la participación de las importaciones, la carne de ave es la más consumida con 4.95 millones de toneladas, y el 23% proviene del extranjero. La carne porcina presenta la mayor dependencia de importaciones, con un 48% del consumo. En contraste, la carne de res tiene una participación importada mucho menor, representando solo el 7% del total.

Por otro lado, las exportaciones mexicanas de carne de bovino, porcino y ave representan el 22.7% del flujo total de agua virtual que el país destina al comercio exterior. De ese porcentaje, la carne de bovino es la más relevante con un 13.8%, seguida por la de porcino con un 8.8%.

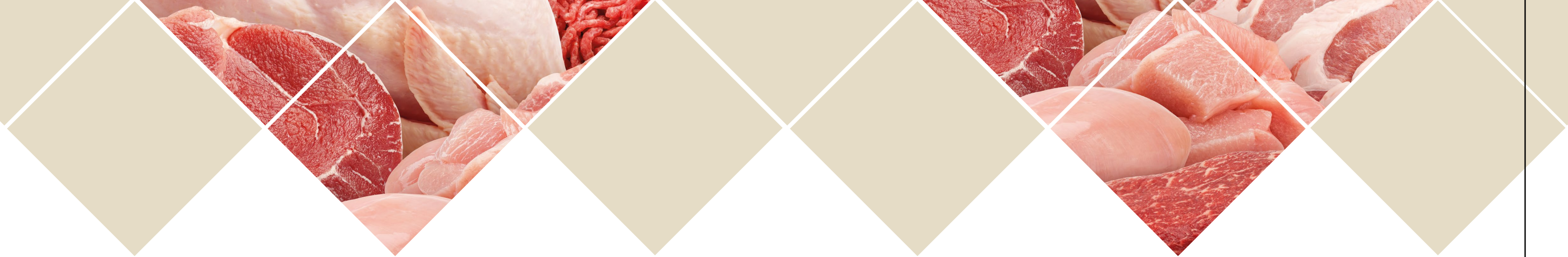
	2.5	33	2.8	38.3	0%
	215.5	2,236.4	195.1	2,647	9%
	240.7	3,746.5	147.7	4,134.9	14%

*% de las exportaciones totales de agua virtual

Tabla 29. Exportaciones de agua virtual

En las exportaciones de agua virtual asociadas a la producción de carne en México, la carne bovina encabeza la lista con 4,134.9 hm³ exportados, seguida por la carne porcina con 2,647 hm³. En contraste, la carne de ave representa una cantidad mínima (38.3 hm³). Estos datos muestran que el 14 % del agua virtual exportada proviene del sector bovino, el 9 % del porcino y 0 % del avícola.

En cuanto al impacto del consumo interno, las proteínas de origen animal son responsables del 56% de la huella hídrica del mexicano, siendo este el componente más significativo del consumo de agua asociado a la dieta. Una parte de esa huella proviene de agua utilizada en otros países, ya que algunas de estas carnes llegan al país a través de importaciones.



	Azul	Verde	Gris	Total
Ave	308	4,130	352	4,790
Porcino	787	8,162	712	9,661
Bovino	658	10,236	404	11,298

Tabla 30. Huella hídrica ponderada (m³/t) de la carne en México

Huella hídrica ponderada por tipo de carne en México, expresada en metros cúbicos por tonelada (m³/t). La carne de res presenta la huella más alta con 11,298 m³/t, seguida por la carne de cerdo con 9,661 m³/t y la carne de ave con 4,790 m³/t. Estos datos reflejan el alto requerimiento de agua, especialmente verde, para la producción de proteína animal.

La producción nacional de carne de estas tres especies también refleja diferencias importantes en su impacto hídrico. A nivel unitario, la carne de bovino tiene la mayor huella hídrica ponderada, con 11,298 metros cúbicos por tonelada, seguida por la carne de porcino con 9,961 m³/t y la de ave con 4,790 m³/t. Aunque México produce más carne de ave (3.8 millones de toneladas al año) que de bovino (2.1 millones) o de porcino (1.7 millones), la carne de bovino sigue teniendo la mayor huella hídrica total, debido a su alta huella por tonelada. La carne de ave ocupa el segundo lugar en huella total, impulsada por su alto volumen de producción, a pesar de tener la menor huella unitaria.

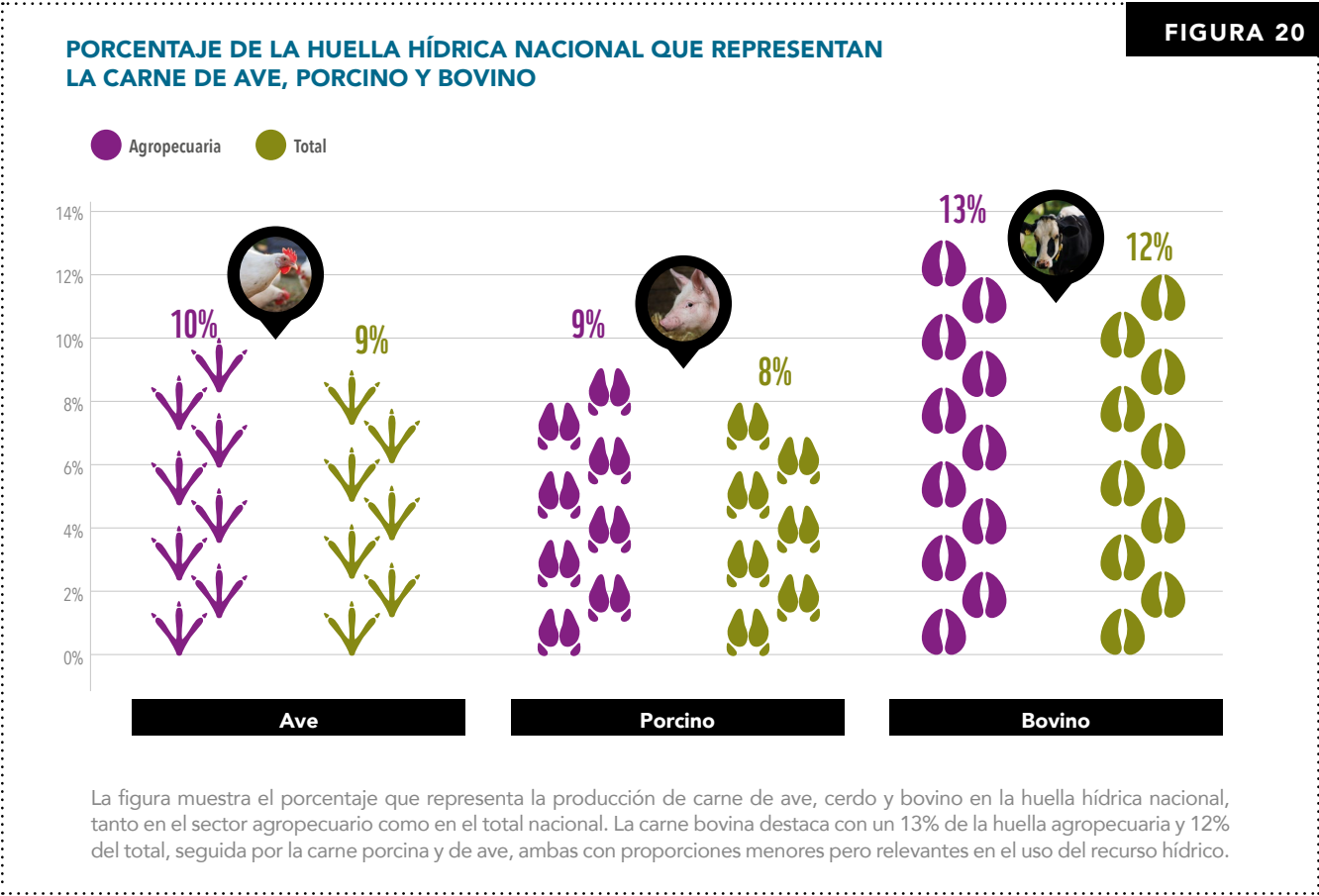
	Producción (miles de toneladas)	Huella hídrica total (hm³)			
		Azul	Verde	Gris	HH Total
Ave	3,800	1,168.8	15,695.3	1,336.2	18,200.3
Porcino	1,730	1,360.9	14,120.4	1,231.8	16,713.1
Bovino	2,176	1,431.3	22,274.3	878	24,583.6

Tabla 31. Huella hídrica de la producción de carne en México

Huella hídrica total asociada a la producción de carne en México, diferenciando por tipo de carne y color de agua. La carne bovina, con una producción menor que la de ave, concentra la mayor huella hídrica total (24,582.6 hm³), debido al alto uso de agua verde. Le siguen la carne de ave y de cerdo, ambas con huellas significativas que también incluyen agua azul y gris.

En conjunto, las tres especies representan una huella hídrica total de 59,497 hectómetros cúbicos al año, lo que equivale al 29% de la huella hídrica total del país y al 32% de la huella del sector primario.

Las proyecciones de consumo indican que la tendencia seguirá en aumento, particularmente para las carnes de ave y porcino. Se espera que gran parte de esta demanda adicional continúe siendo cubierta mediante importaciones, lo que también implica una creciente dependencia de agua de otras regiones del mundo.



RETOS HACIA LA SOSTENIBILIDAD

Los retos en torno a la sostenibilidad de la producción cárnica en México son amplios y complejos. Involucran toda la cadena de valor, desde la forma en que se cultivan los insumos para la alimentación animal —principalmente forrajes y alimento balanceado— hasta los sistemas intensivos y semi-intensivos en los que se cría el ganado. El manejo adecuado durante el confinamiento, el proceso de sacrificio y la transformación en canales y subproductos también debe garantizar el uso responsable de recursos naturales, sin comprometer la inocuidad y calidad de los alimentos destinados al consumo humano.



Nuez en México y Estados Unidos

CONTRASTES EN RENDIMIENTO: EFICIENCIA Y SOSTENIBILIDAD

La nuez es un cultivo de relevancia productiva tanto en México como en Estados Unidos. Aunque se trata del mismo fruto, existen diferencias importantes entre ambos países en cuanto a rendimientos, condiciones comerciales y vulnerabilidad frente al estrés biótico. A estas variables se suma la huella hídrica, cuya comparación revela aspectos clave sobre la eficiencia de sus modelos productivos.

Equivalencias	Chihuahua	California
Superficie (ha)	104,088.2	154,999
Producción (t)	100,190.48	670,000
Rendimiento t/ha	0.96	4.32

Tabla 32. Producción de nuez

La tabla compara la producción de nuez entre Chihuahua y California. Aunque Chihuahua tiene una superficie sembrada considerable (104,088.2 ha), su rendimiento es bajo, con solo 0.96 toneladas por hectárea. En contraste, California produce mucho más (670,000 toneladas) en 154,999 ha, con un rendimiento de 4.32 t/ha. Esto refleja una gran diferencia en eficiencia productiva entre ambas regiones.

Estados Unidos ocupa el segundo lugar como productor mundial de nuez, con una superficie cultivada de 652,000 hectáreas, mientras que México se posiciona en el sexto lugar global, con 161,000 hectáreas sembradas. En ambos países, las principales zonas productoras son California, en el caso de Estados Unidos, y Chihuahua, en el caso de México.

Las diferencias en rendimiento son notables: en promedio, Estados Unidos obtiene 4.32 toneladas por hectárea, lo que equivale a un rendimiento 440% superior al de México, donde la productividad es de 0.96 toneladas por hectárea.

A pesar de los contextos distintos, ambos países enfrentan plagas comunes que afectan al nogal, como el gusano barrenador, el pulgón y los ácaros. En cuanto a enfermedades, el oídio y la antracnosis son las más frecuentes tanto en California como en Chihuahua, y se tratan mediante el uso combinado de controles químicos y biológicos.

HH (m³/t)	Chihuahua	California
Azul	2,578.7	588.3
Verde	3,264.4	952
Total (m³/t)	5,843.2	1,540.3

Tabla 33. Huella hídrica de nuez

En la huella hídrica de la producción de nuez en Chihuahua y California, se observa que Chihuahua utiliza 5,843.2 m³ de agua por tonelada, mientras que California solo 1,540.3 m³. Esta diferencia se debe principalmente al uso más intensivo de agua verde y azul en Chihuahua, lo que indica una menor eficiencia hídrica en comparación con el modelo productivo de California.

La producción nogalera se desarrolla mayoritariamente bajo agricultura de riego. En Estados Unidos, el 85% de la superficie de nuez se cultiva bajo esta modalidad, mientras que en México la cifra asciende al 99%. No obstante, los sistemas de manejo del agua son distintos. En California, se hace mayor uso de agua verde complementada por riegos auxiliares, mientras que en México la producción depende principalmente del uso directo de agua de riego.

Chihuahua	258.4	327.1	0	585.4
California	394.1	637.9	0	1,032

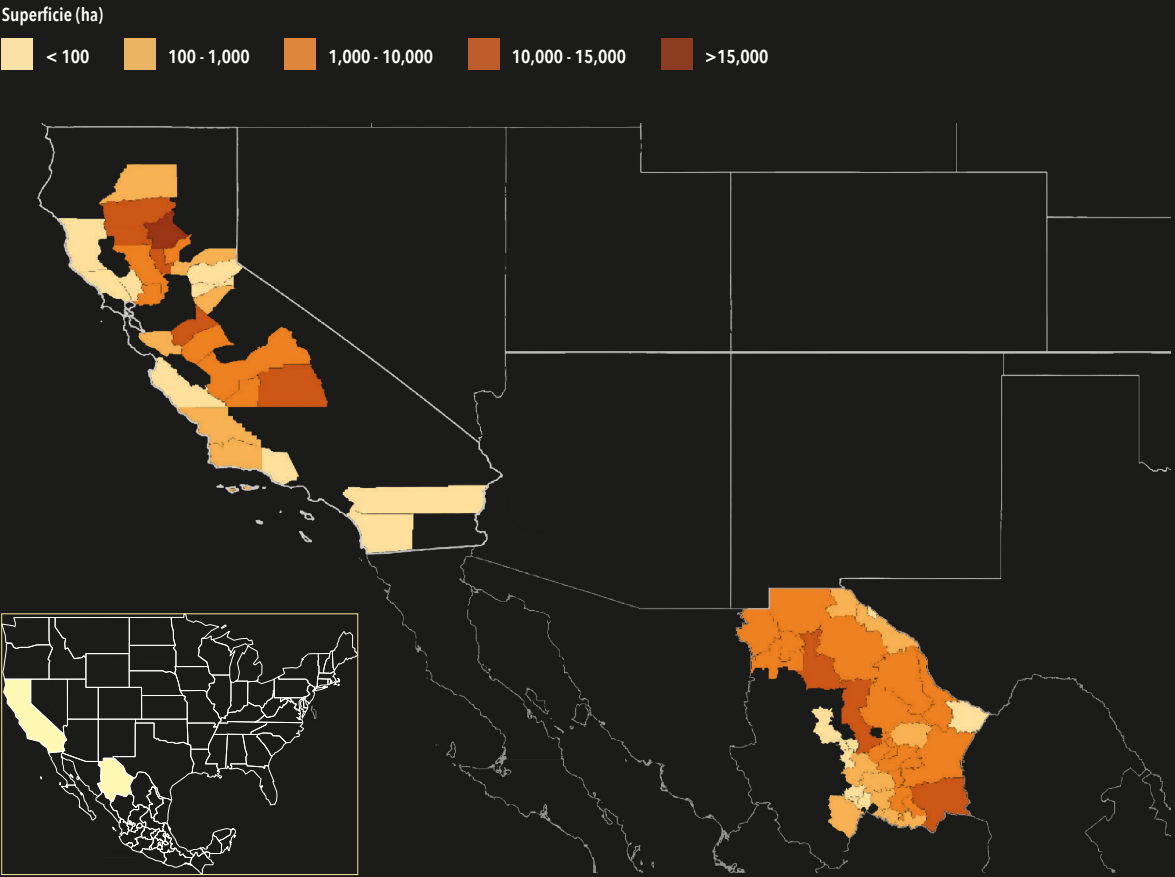
Tabla 34. Huella hídrica de nuez por color

La tabla compara la huella hídrica total de la producción de nuez en Chihuahua y California, expresada en hectómetros cúbicos (hm³). Aunque Chihuahua presenta un menor volumen total (585.4 hm³), California alcanza los 1,032 hm³, con mayores aportes tanto de agua verde como azul. En ambos casos no se registra huella hídrica gris, lo que indica ausencia de contaminación significativa asociada al agua utilizada en la producción.

Estas diferencias en el modelo de producción tienen un impacto directo en la huella hídrica. La producción de nuez en Chihuahua genera una huella total de 585 hectómetros cúbicos, mientras que en California alcanza los 1,032 hectómetros cúbicos. Aunque la cifra de California es 76% mayor, este estado produce 660% más nuez que Chihuahua, lo que refleja una diferencia significativa en términos de eficiencia hídrica. La nuez producida en Chihuahua representa el 0.37% de la huella hídrica agrícola total de México.

SUPERFICIE SEMBRADA DE NUEZ EN CALIFORNIA Y CHIHUAHUA EN 2023

FIGURA 21



La figura muestra la superficie sembrada con nogal en 2023, comparando las regiones productoras de California, Estados Unidos, y Chihuahua, México. Los tonos indican el tamaño de la superficie cultivada: desde menos de 100 hectáreas hasta más de 15,000. Se observa una alta concentración de superficie en zonas específicas de ambos territorios, lo que destaca su importancia en la producción de nuez a nivel binacional.

PARÁMETROS DE EFICIENCIA

En comparación con los estándares internacionales, la nuez mexicana presenta un desafío importante: su huella hídrica se encuentra 133% por encima del benchmark, lo que indica un amplio margen de mejora en términos de eficiencia en el uso del agua. Por el contrario, la nuez californiana se encuentra 39% por debajo de dicho parámetro, lo que la convierte en una de las más eficientes del mundo desde la perspectiva hídrica. 💧



HUELLA HÍDRICA DE LA NUEZ DE CHIHUAHUA Y CALIFORNIA VS PARÁMETRO DE REFERENCIA

FIGURA 22



La figura compara la huella hídrica del cultivo de nuez entre Chihuahua, California y un valor de referencia (benchmark). Se observa que Chihuahua presenta una huella significativamente mayor (5,843 m³/t) en comparación con California (1,540 m³/t) y el benchmark (2,503 m³/t), principalmente por el alto uso de agua verde y azul. Esto evidencia oportunidades de mejora en eficiencia hídrica para la producción mexicana.



CAPÍTULO 4

EL AGUA QUE VIAJA A JAPÓN

Japón ocupa el segundo lugar como destino de agua virtual mexicana, y aunque su papel en el comercio exterior suele pasar desapercibido frente al protagonismo de Estados Unidos, su relevancia va en aumento. Este ascenso va en consonancia con el volumen de agua que implica el flujo comercial de los principales productos agroalimentarios que México exporta al país asiático.

La relación comercial entre México y Japón se remonta al siglo XVII y fue reafirmada formalmente en 1888 con el Tratado de Amistad, Comercio y Navegación. En el siglo XXI, se fortaleció con el Acuerdo de Asociación Económica México-Japón (AAEMJ), firmado en 2004 y en vigor desde abril de 2005.

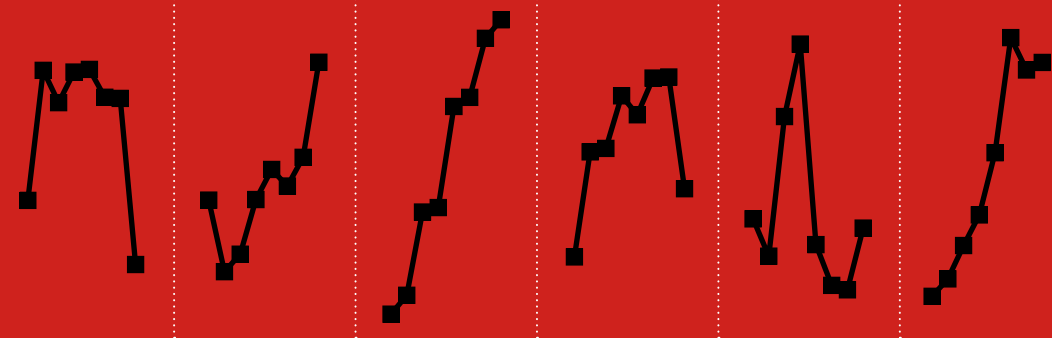
VALOR DE EXPORTACIÓN PARA COMMODITIES SELECCIONADOS

FIGURA 23



Commodity	Aguacate	Carne de bovino	Carne de porcino	Espárrago	Naranja	Plátano
2015	127,148	73,166	325,828	28,267	481	3,386
2016	186,724	47,144	342,993	37,814	255	7,609
2017	171,917	53,504	418,641	38,129	1,101	15,694
2018	185,935	73,373	422,713	42,909	1,540	23,112
2019	187,158	84,312	514,601	41,187	325	38,190
2020	174,399	78,284	522,874	44,523	78	66,089
2021	173,867	88,724	576,531	44,620	51	58,242
2022	97,762	123,292	593,404	34,466	425	60,072

2015-2022



Se muestra la evolución del valor de exportación, en millones de dólares (US\$ millones), de seis commodities mexicanos entre 2015 y 2022 a Japón. El aguacate destaca con cifras crecientes, seguido de la carne de bovino y porcino. Productos como espárrago, plátano y naranja también mantienen aportes relevantes. La información permite identificar tendencias y la importancia económica de estos productos en el comercio exterior de México.

Una relación comercial en expansión

El comercio bilateral entre México y Japón asciende a 4,700 millones de dólares. Japón exporta a México bienes por 2.3 mil millones de dólares, mientras México envía productos por un valor de 2.4 mil millones, de los cuales 1,100 millones corresponden al sector agroalimentario. A cambio, México importa apenas 55.6 millones de dólares en alimentos japoneses, lo que muestra el peso desproporcionado del campo mexicano en esta relación comercial.



Japón importó 43,800 toneladas de aguacate en 2022, de las cuales 30,700 toneladas (el 70%) provinieron de México. Este volumen representa el 3% del total exportado por México, que es el principal proveedor mundial, con 1.1 millones de toneladas. El valor de estas exportaciones a Japón fue de 98 millones de dólares.

CARNE DE BOVINO



Japón es uno de los mayores importadores globales de carne de bovino, con adquisiciones por 667,000 toneladas y un valor de 4,900 millones de dólares. México exporta 19,900 toneladas, equivalentes al 3% del volumen y 123 millones de dólares, posicionándose como el quinto proveedor más importante. Para México, Japón es el segundo mercado de destino más relevante para esta carne.

CARNE DE PORCINO



Las importaciones japonesas de carne de cerdo alcanzan el millón de toneladas, con un valor de 4,900 millones de dólares. México exporta 136,000 toneladas a este país, representando el 13.6% del volumen y 593 millones de dólares, lo que lo convierte en el cuarto mayor proveedor. Japón es, además, el principal destino de las exportaciones mexicanas de carne de porcino, recibiendo el 66% del volumen total.

ESPÁRRAGO



México lidera el suministro de espárrago en Japón, con el 84% del volumen total importado (6,400 toneladas), con un valor de 41 millones de dólares. Este flujo representa el 3.2% de las exportaciones totales de espárrago de México, cuyo principal mercado sigue siendo Estados Unidos (80.5%).

JUGO DE NARANJA



De las 21,700 toneladas de jugo de naranja que importa Japón, México aporta el 32% (7,100 toneladas), por un valor de 18.7 millones de dólares. Aunque este flujo representa apenas el 3.7% de las exportaciones mexicanas de este producto, Japón ocupa el tercer lugar como mercado destino.

PLÁTANO



Japón importa 957 mil toneladas de plátano al año. México aporta el 7.5%, convirtiéndose en su tercer proveedor, después de Filipinas y Ecuador. De las 540,000 toneladas de plátano que exporta México, 71,700 tienen como destino Japón, con un valor de 60 millones de dólares. Japón es el segundo mercado más relevante para esta fruta mexicana, después de Estados Unidos.

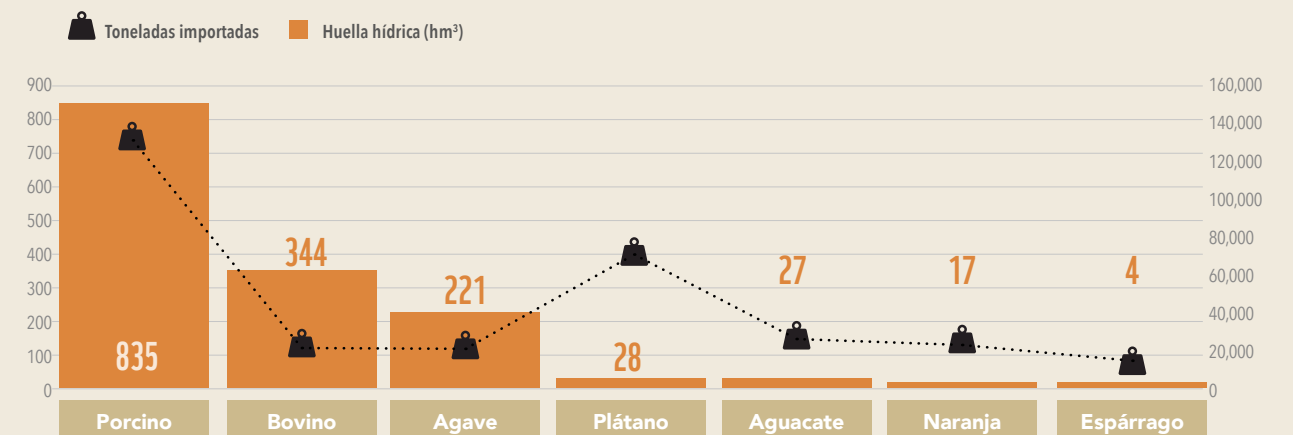
AGAVE (TEQUILA)



El tequila, elaborado a partir de agave y con denominación de origen reconocida en cinco estados mexicanos, es uno de los productos más representativos de la exportación agroalimentaria nacional. Aunque Estados Unidos es el principal mercado con 338 millones de litros, Japón ocupa el décimo lugar, con 2.5 millones de litros al año, equivalentes a 17,500 toneladas de agave.

PRINCIPALES PRODUCTOS EXPORTADOS HACIA JAPÓN: HUELLA HÍDRICA Y VOLUMEN

FIGURA 24



La figura muestra la relación entre la huella hídrica y el volumen de importación de productos mexicanos hacia Japón. El producto con mayor huella hídrica es la carne de cerdo, seguido por la carne de res y el agave. Aunque algunos productos como el plátano tienen menor impacto hídrico, presentan volúmenes altos de exportación, lo que permite observar diferencias entre impacto ambiental y demanda comercial.

Huella hídrica de las exportaciones a Japón

Los siete productos analizados suman una huella hídrica de 1,475.4 hectómetros cúbicos anuales, lo que representa el 72% del agua virtual exportada de México a Japón en 2022. Las cifras más altas corresponden a la carne de porcino (834 hm³), el agave (734 hm³) y la carne de bovino (343.5 hm³).

Commodity	Azul	Verde	Gris	Total m³/t	t	Total hm³
Aguate	524	268.6	97.7	1,128.6	30,700	27.3
Agave	61.4	12,098.9	488.7	12,649	17,500	221.4
Espárrago	245.4	344.5	74.6	664.6	6,400	4.3
Plátano	78.4	280.7	24.8	384	71,700	27.5
Naranja	321.7	382.4	74.7	778.7	21,300	16.6
Porcino	836.8	6,858.9	653.3	8,349	136,000	834.8
Bovino	801.5	15,843.3	617.7	17,262.5	19,900	343.5
Total	2,869.2	36,077.3	2,031.6		303,500	1475.4

Tabla 35. Importaciones de agua virtual de Japón desde México

La tabla muestra las importaciones de agua virtual que realiza Japón desde México, desglosadas por tipo de agua (azul, verde y gris) y por producto. Los principales commodities exportados son carne porcina, bovina y agave, con altos volúmenes de huella hídrica por tonelada. En conjunto, Japón importa más de 1,475 hm³ de agua virtual asociada a productos mexicanos, destacando el impacto ambiental del comercio agroalimentario internacional.

RETOS HACIA LA SOSTENIBILIDAD

La continuidad de estas exportaciones mexicanas está estrechamente vinculada a la disponibilidad y uso sostenible del agua. México es el principal o uno de los principales proveedores de productos clave para la dieta japonesa, como el aguacate, el espárrago, el jugo de naranja, el plátano y el tequila. La carne de cerdo y bovino también representan una fracción importante del consumo japonés.

Por ello, es crucial garantizar la seguridad hídrica en las regiones productoras mexicanas. La carencia de agua en cantidad, calidad o estacionalidad podría traducirse en escasez y encarecimiento para el consumidor japonés. Para evitarlo, se requiere una transición hacia modelos de producción más resilientes, con uso eficiente del agua, menor dependencia del riego intensivo (agua azul) y reducción de la generación de agua gris por contaminantes. Solo así podrá mantenerse, en el mediano y largo plazo, la presencia de productos mexicanos en el exigente mercado japonés. 💧



CAPÍTULO 5

AGUA Y TERRITORIO
HUELLA HÍDRICA EN REGIONES CLAVE DE MÉXICO

Las dinámicas productivas en México no son homogéneas. Existen regiones con un papel protagonista en la producción de alimentos de alto valor comercial, cuya expansión agrícola ha traído consigo un incremento significativo en el uso del recurso hídrico. En este apartado se analizan dos casos emblemáticos: la miel en la península de Yucatán, y los frutos rojos y aguacate en Michoacán. Ambos revelan cómo las decisiones productivas, las prácticas agrícolas y las políticas territoriales afectan la huella hídrica regional, la sostenibilidad de los ecosistemas y la salud económica de las comunidades.

Península de Yucatán: la mirada dulce de la miel

En esta región del sureste mexicano se producen actualmente 16,784 toneladas de miel al año, distribuidas en 125 municipios. Sin embargo, el 80% de esta producción se concentra en apenas 44 municipios. Aunque el volumen de producción nacional ha aumentado ligeramente —un 4% más que en 2010— la tendencia no ha sido lineal. En 2010 se produjeron 55,684 toneladas, alcanzando un pico de 61,881 en 2015, para luego descender a 58,033 toneladas en 2023.

Región geográfica	2023
Nacional	58,033
Campeche	4,605
Quintana Roo	2,728
Yucatán	9,450

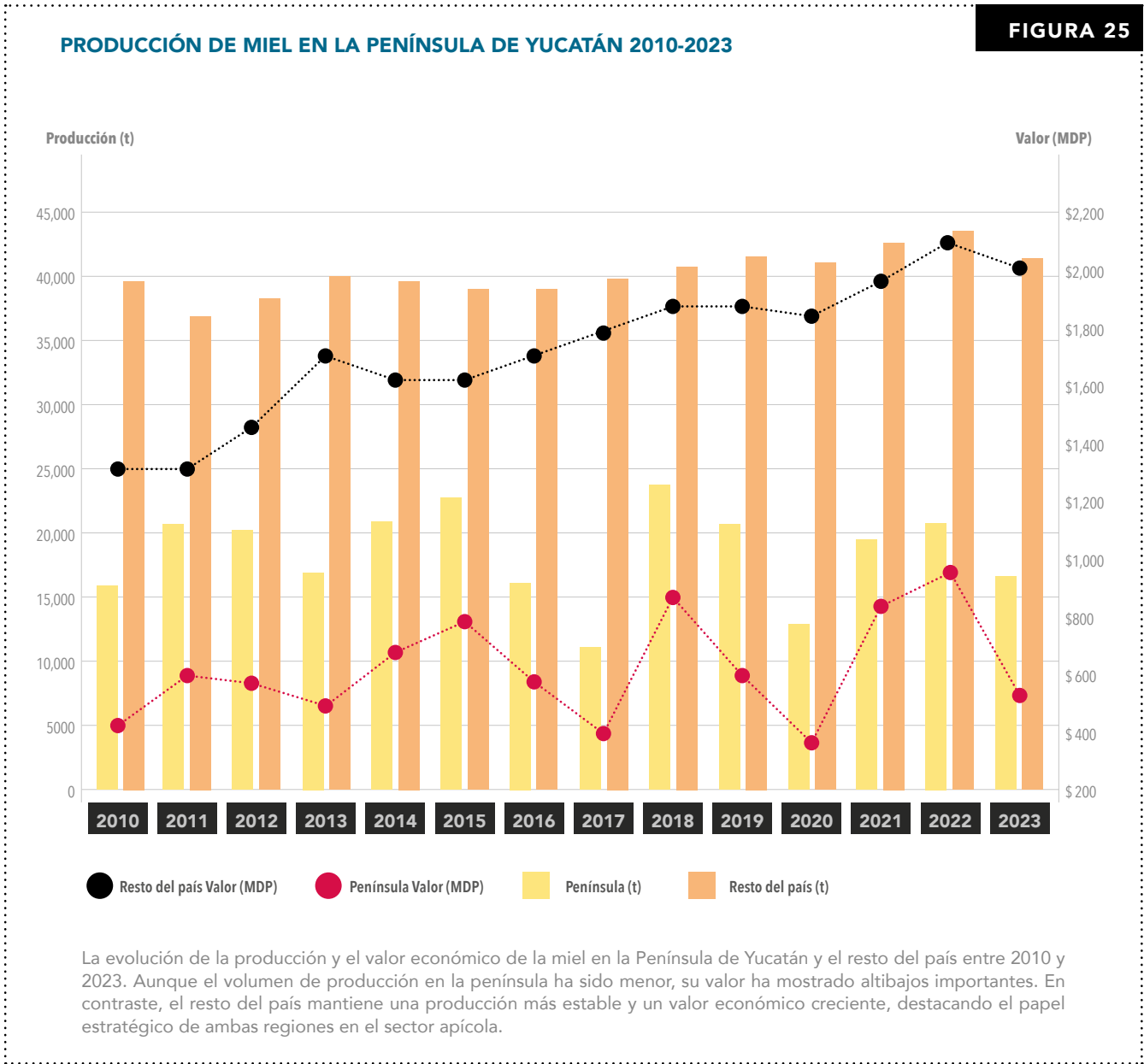
AgroDer, 2024. Con información de SIAP (SADER).

Tabla 36. Volumen de producción de miel en 2023

La tabla presenta el volumen de producción de miel en México durante 2023. A nivel nacional, se produjeron 58,033 toneladas. Los estados de la Península de Yucatán destacan por su aportación: Yucatán con 9,450 toneladas, Campeche con 4,605 y Quintana Roo con 2,728. Esta región es clave para la apicultura nacional, tanto por su volumen productivo como por su relevancia en exportaciones.



Las exportaciones nacionales de miel en 2022 alcanzaron las 31,000 toneladas, con un valor de 127 millones de dólares. No obstante, han enfrentado importantes desafíos. Desde la década de 2010, productores de la península de Yucatán han tenido dificultades para cumplir con las normas del Codex Alimentarius, exigidas por la Unión Europea, debido a la presencia de glifosato en muestras de exportación. Esta contaminación no proviene de los apicultores, que en muchos casos mantienen prácticas orgánicas, sino de la cercanía con cultivos de soya transgénica introducidos en la región desde 2008, cuyo manejo incluye el uso de agroquímicos que se dispersan por aire o por agua subterránea.



En términos de huella hídrica, la miel es uno de los productos pecuarios más eficientes: requiere apenas 0.18 m³ de agua por tonelada producida. De ese total, el 98% es agua verde, 1.5% es azul y solo 0.5% es gris, con mínimas variaciones regionales. La huella hídrica total nacional de la miel es de apenas 0.01 hm³, de los cuales el 31% corresponde a la península de Yucatán (0.003 hm³).

Nacional	0.003	0.176	0.001	0.180
Campeche	0.004	0.230	0.001	0.236
Quintana Roo	0.003	0.204	0.001	0.208
Yucatán	0.003	0.149	0.001	0.153

Tabla 37. Huella hídrica de la miel (m³/t)

La tabla presenta la huella hídrica de la miel en México, desglosada por tipo de agua y por entidad. A nivel nacional, el valor total es de 0.180 m³ por tonelada, siendo la mayor parte agua verde. Campeche registra la huella más alta (0.236 m³/t), mientras que Yucatán tiene la más baja (0.153 m³/t), reflejando diferencias regionales en el uso del recurso hídrico para su producción.

A pesar de su eficiencia y bajo impacto, los productores enfrentan riesgos derivados del uso compartido del agua, el aire y el suelo. Cuando estos bienes comunes se ven comprometidos por actividades agrícolas intensivas cercanas, incluso los sistemas de producción más sostenibles pueden verse afectados.

RETOS HACIA LA SOSTENIBILIDAD

Entre los principales retos del sector apícola se encuentra la necesidad de involucrarse en los procesos de toma de decisiones sobre el uso de recursos compartidos. Es clave establecer sistemas de monitoreo y alerta temprana para detectar la presencia de pesticidas altamente peligrosos, así como fomentar prácticas agrícolas vecinas que no comprometan la pureza de los productos apícolas. Solo así se podrá garantizar la viabilidad del sector apícola, que es motor económico y cultural de la región.



Michoacán: berries y aguacate, tesoros comerciales

Michoacán es uno de los estados con mayor dinamismo agrícola del país. En 2023, su superficie cultivada superó 1.2 millones de hectáreas, distribuidas en 116 cultivos comerciales. El estado cuenta con ocho distritos de riego, siendo los más importantes el 097 Lázaro Cárdenas (51% de la producción) y el 087 Rosario-Mezquite (16%).

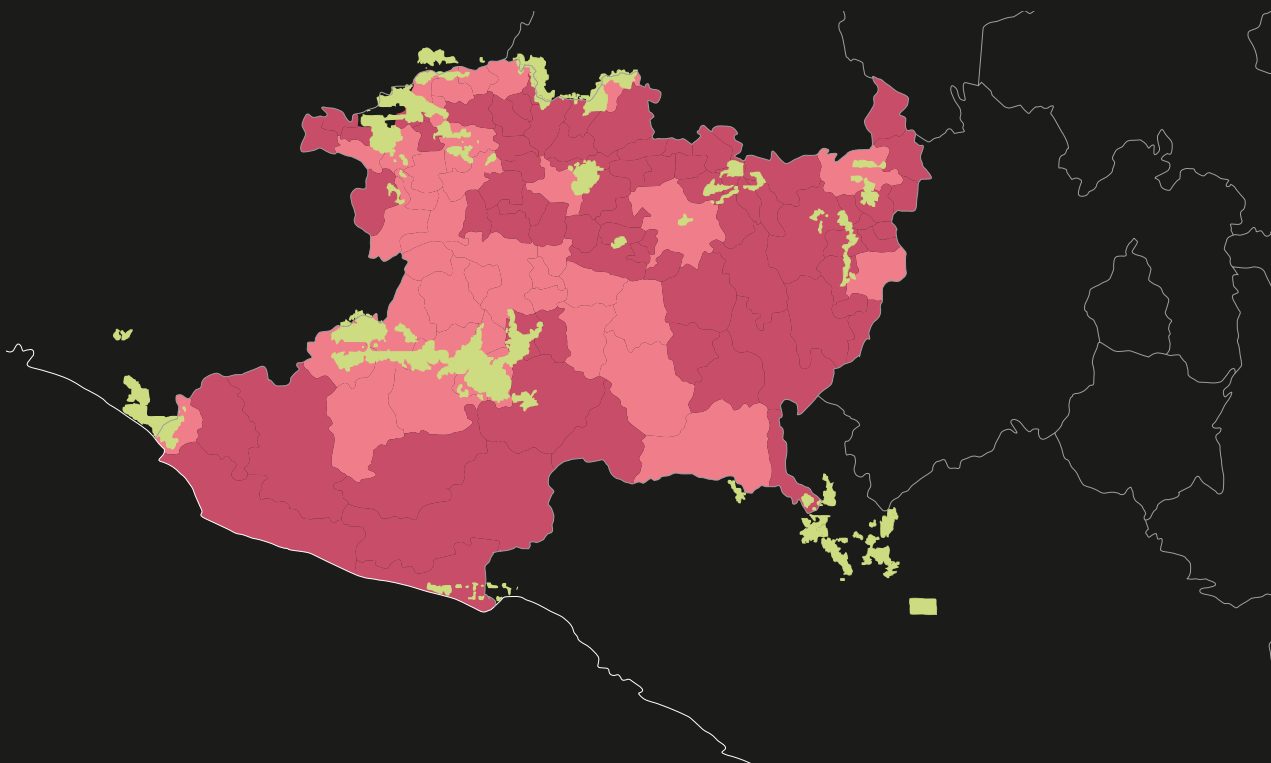
Cinco cultivos concentran el 52% del valor de la producción agrícola estatal: el aguacate (38%) y las berries —arándano, frambuesa, fresa y zarzamora— (14%) son los protagonistas. El valor total del sector agrícola de Michoacán asciende a 115,748 millones de pesos.

FIGURA 26

MICHOACÁN: VALOR DE LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA Y DISTRITOS DE RIEGO EN 2023

Valor de producción (millones de pesos)

< 1,000 1,000 - 10,000 Distritos de riego



La figura muestra el valor de la producción agropecuaria en Michoacán durante 2023, junto con la ubicación de los Distritos de Riego. Se observa una concentración importante de valor en municipios del occidente y sur del estado, donde también se localizan los principales distritos de riego. Esto refleja la estrecha relación entre infraestructura hídrica y productividad agrícola en la región.

AGUACATE

En 2023, Michoacán produjo 2,253,783 toneladas de aguacate en 66 municipios, de los cuales 11 generan el 82% de la producción. Las exportaciones de aguacate en ese año alcanzaron los 3,385 millones de dólares, 349% más que en 2010. En la última década, la superficie sembrada aumentó 74%.

Equivalencias	Riego	Temporal	Total
ha	70,496	116,218	186,713
t	929,114	1,323,669	2,252,783
Rendimiento t/ha	13.2	11.4	24.6

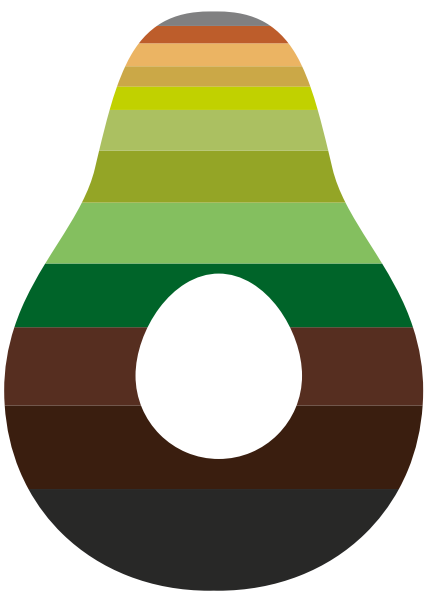
Tabla 38. Producción de aguacate en Michoacán

Producción de aguacate en Michoacán durante 2023, diferenciando entre superficie de riego y temporal. Se sembraron 186,713 hectáreas en total, con una producción que superó los 2.25 millones de toneladas. El rendimiento fue mayor en zonas de riego, con 13.2 toneladas por hectárea, frente a 11.4 en temporal, lo que resalta la importancia del acceso al agua para mejorar la productividad.

Actualmente, el 38% del aguacate michoacano se cultiva bajo riego y el 62% en temporal. La huella hídrica unitaria es de 874 m³/t para riego (inferior al promedio nacional) y 884 m³/t para temporal (ligeramente superior). La huella hídrica total en el estado es de 1,938 hm³, de los cuales el 61% es agua verde, 28% azul y 11% gris. Esta cifra representa el 74.9% de la huella hídrica total del aguacate producido en todo México.

FIGURA 27

PRODUCTOS DE AGUACATE EN MICHOACÁN POR MUNICIPIO EN 2023



58,263 Ziracuaretiro
67,796 Tingüidín
72,443 Turicato
79,173 Los reyes
94,582 Nuevo Parangaricutiro
158,513 Peribán
219,011 Uruapan
239,966 Ario
249,975 Salvador Escalante
303,620 Tancítaro
311,143 Tacámbaro
398,299 55 Municipios restantes

En la producción de aguacate por municipio en Michoacán durante 2023, destacan Tacámbaro, Tancítaro y Salvador Escalante como los principales productores, con más de 300 mil toneladas cada uno. En conjunto, estos municipios lideran la actividad aguacatera del estado. Además, otros 55 municipios aportan una parte importante, reflejando la amplia distribución territorial de esta actividad agrícola clave en la región.

	Michoacán		Nacional	
	Riego	Temporal	Riego	Temporal
	328.4	186	345.7	202.2
	448.4	601.8	467.1	573.1
	97.8	97	95	100
	874.7	884.8	907.8	875.3

Tabla 39. Huella hídrica del aguacate michoacano (m³/t) y nacional

La tabla compara la huella hídrica del aguacate producido en Michoacán con el promedio nacional, diferenciando entre sistemas de riego y temporal. En ambos casos, el agua verde representa la mayor proporción. Michoacán presenta valores similares al promedio nacional, aunque con ligeras variaciones según el tipo de agua y sistema de producción, lo que refleja un uso hídrico relativamente eficiente en este importante estado productor.

Huella hídrica de la producción de aguacate en Michoacán (hm³)			
	Michoacán		Nacional
	Riego	Temporal	Total
	305.1	246.2	551.3
	416.7	796.5	1,213.2
	90.9	128.4	219.3
	812.7	1,171.2	1,983.8

Tabla 40. Huella hídrica de la producción de aguacate en Michoacán (hm³)

La tabla muestra la huella hídrica total de la producción de aguacate en Michoacán, desglosada por tipo de agua y sistema de cultivo (riego y temporal). La mayor parte del uso hídrico corresponde al agua verde, seguida por la azul y la gris. En total, se utilizaron 1,983.8 hm³, siendo el temporal el sistema que más agua demandó en términos generales.



BERRIES

La producción de berries en Michoacán alcanzó 658,969 toneladas en 2023, concentradas en 51 municipios, de los cuales 12 representan el 80% del total. Del total sembrado, el 46.2% es zarzamora, el 45.5% fresa, el 5.6% frambuesa y el 2.6% arándano.

Equivalencias	Arándano	Frambuesa	Fresa	Zarzamora
t	12,110	30,354	401,800	214,706
ha	557	1,185	9,572	9,711
Rendimiento t/ha	21.8	25.6	42	22.1

Tabla 41. Producción de berries en Michoacán

La tabla presenta la producción de berries en Michoacán durante 2023, detallando el volumen cosechado, la superficie sembrada y el rendimiento por hectárea. La fresa destaca como el fruto con mayor producción (401,800 toneladas) y el mejor rendimiento (42 t/ha), seguida por la zarzamora. Aunque el arándano tiene menor volumen, su productividad por hectárea también es significativa, reflejando un aprovechamiento eficiente del terreno.

Comparando con los promedios nacionales, la huella hídrica por tonelada en Michoacán muestra variaciones:



Cultivo	Arándano		Frambuesa		Fresa		Zarzamora	
Región	Michoacán	Nacional	Michoacán	Nacional	Michoacán	Nacional	Michoacán	Nacional
Azul	273.9	318.5	204.9	197	193.1	197	142.3	15-
Verde	300.6	323.2	198	200	208	200.6	169.8	15-
Gris	165.5	154	102.1	95.4	102.4	94.5	78.8	-
Total	739.5	796	504.1	492.5	503.2	492.1	390.9	39-
La huella hídrica total de la producción de berries en Michoacán representa 310 Hm³, de los cuales 65% corresponde a fresa, 27% a zarzamora, 5% a frambuesa y 3% a arándano.								

Tabla 42. Huella hídrica promedio para cada fruto en Michoacán y promedio nacional (m³/t)

La tabla muestra la huella hídrica promedio de berries producidas en Michoacán y la compara con el promedio nacional. Se observa que los valores son similares, aunque ligeramente menores en Michoacán. La fresa concentra el 65% de la huella hídrica total de berries en el estado, seguida por la zarzamora (27%), la frambuesa (5%) y el arándano (3%), sumando un total de 310 hm³.



	 Arándano	 Frambuesa	 Fresa	 Zarzamora	 Total
	3.6	6	83.6	36.5	129.7
	3.3	6.2	77.6	30.6	117.7
	2	3.1	41	16.9	63
	9	15.3	202.2	83.9	310.4
% de la HH	3%	5%	65%	27%	100%
% de la superficie	14%	25%	36%	25%	100%

Tabla 43. Huella hídrica de la producción de berries en Michoacán (hm³)

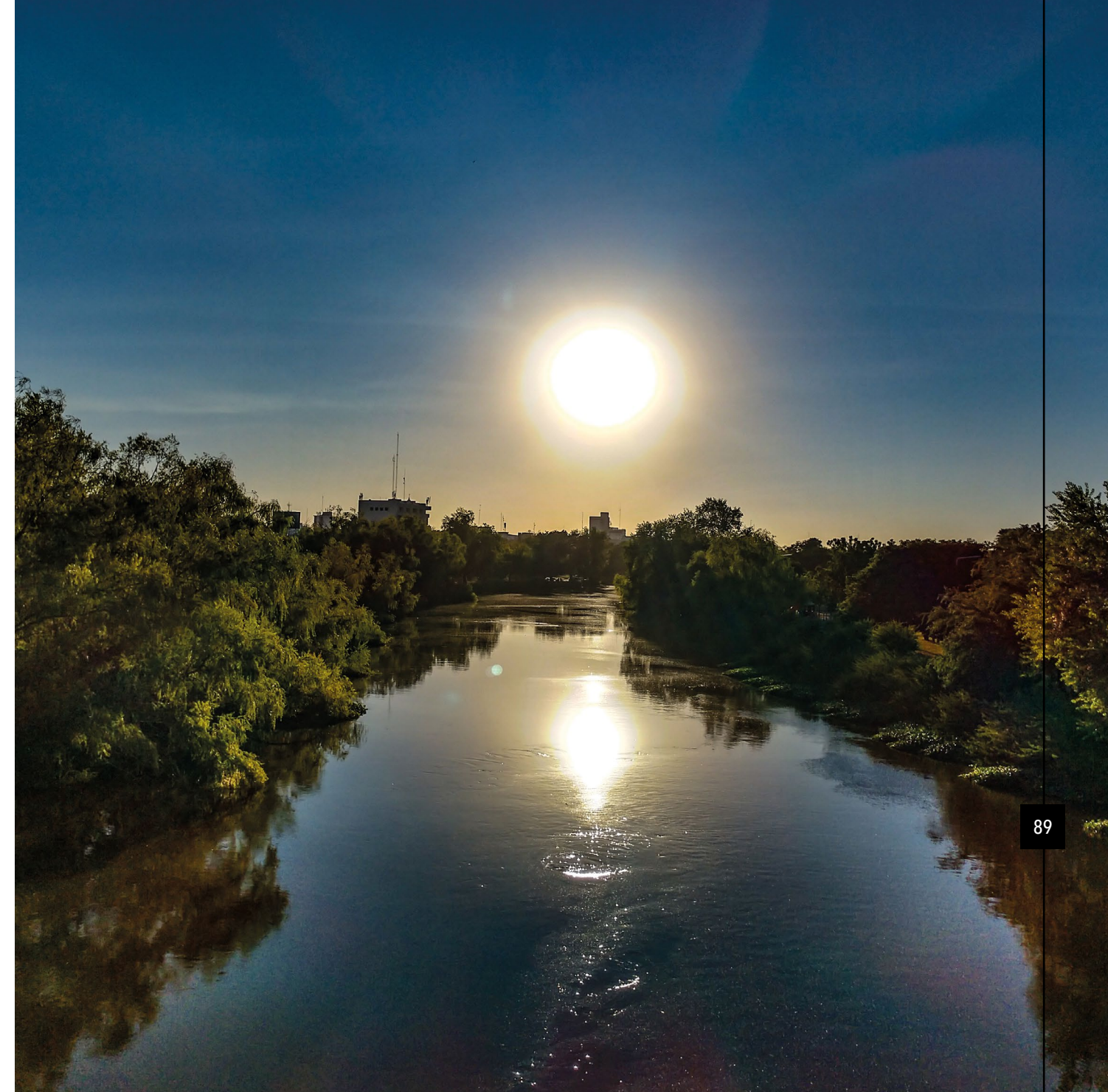
La huella hídrica total de la producción de berries en Michoacán asciende a 310.4 hm³. La fresa concentra la mayor parte (65%), seguida por zarzamora (27%), frambuesa (5%) y arándano (3%). Además, se observa que el uso de agua azul es el más alto, con 129.7 hm³. En superficie, la fresa representa el 36% del total sembrado en el estado.

La huella hídrica total de berries en Michoacán asciende a 310 hm³, equivalente al 56% de la huella hídrica total de berries en el país. Fresa (65%) y zarzamora (27%) lideran en participación.

RETOS HACIA LA SOSTENIBILIDAD

El crecimiento acelerado de la agricultura en Michoacán —un aumento del 21% en superficie agrícola entre 2020 y 2023— ha traído beneficios económicos, pero también desafíos ambientales. Solo en superficie de riego, se pasó de 454,192 hectáreas a 509,880 en ese mismo periodo.

Dado que gran parte de esta producción está destinada a mercados internacionales exigentes en estándares de sostenibilidad, es indispensable migrar hacia modelos agrícolas más responsables. Esto implica sustituir insumos químicos por alternativas biológicas, reducir la huella hídrica gris, proteger los suelos frente al estrés abiótico, y mejorar la eficiencia del uso del agua. También se requiere una planeación territorial que considere la vocación productiva y la disponibilidad hídrica real de las regiones, evitando presionar aún más los ecosistemas locales.



Agriculturas intensivas y sostenibles: casos en Culiacán y el Bajío

La agricultura en México presenta grandes contrastes, con regiones que han alcanzado altos niveles de productividad y tecnificación, enfrentando al mismo tiempo desafíos importantes en el uso sostenible del recurso hídrico. A continuación, se presentan dos casos representativos: Culiacán, como referente de agricultura a campo abierto, y el Bajío (Guanajuato y Querétaro), como líder en agricultura protegida.



CULIACÁN: POTENCIA AGRÍCOLA CON RETOS HÍDRICOS

Culiacán es uno de los epicentros de la agricultura mexicana. No solo abastece una parte importante del mercado nacional, sino que también exporta una amplia variedad de productos, principalmente a Estados Unidos. Esta agricultura no solo es tecnificada, también tiene un fuerte componente social, impulsando el bienestar de las familias que forman parte de su cadena productiva.

En 2023, la superficie sembrada en Culiacán alcanzó las 252,800 hectáreas. De esa extensión, el maíz representa el 78%, mientras que las hortalizas más destacadas, como el tomate rojo y el chile verde, ocupan el 1% cada una. En esta región se ubica el Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, el segundo más importante del estado en términos de volumen de producción.

Superficie sembrada en Culiacán		
Cultivo	Superficie	% del total
Maíz grano	196,162	78%
Caña de azúcar	7,822	3%
Garbanzo grano	7,196	3%
Cacahuete	6,195	2%
Sorgo grano	5,842	2%
Tomate rojo (jitomate)	3,609	1%
Frijol	3,237	1%
Semilla de maíz grano	3,178	1%
Cártamo	2,383	1%
Chile verde	2,469	1%
Otros 34 cultivos	14,771	6%

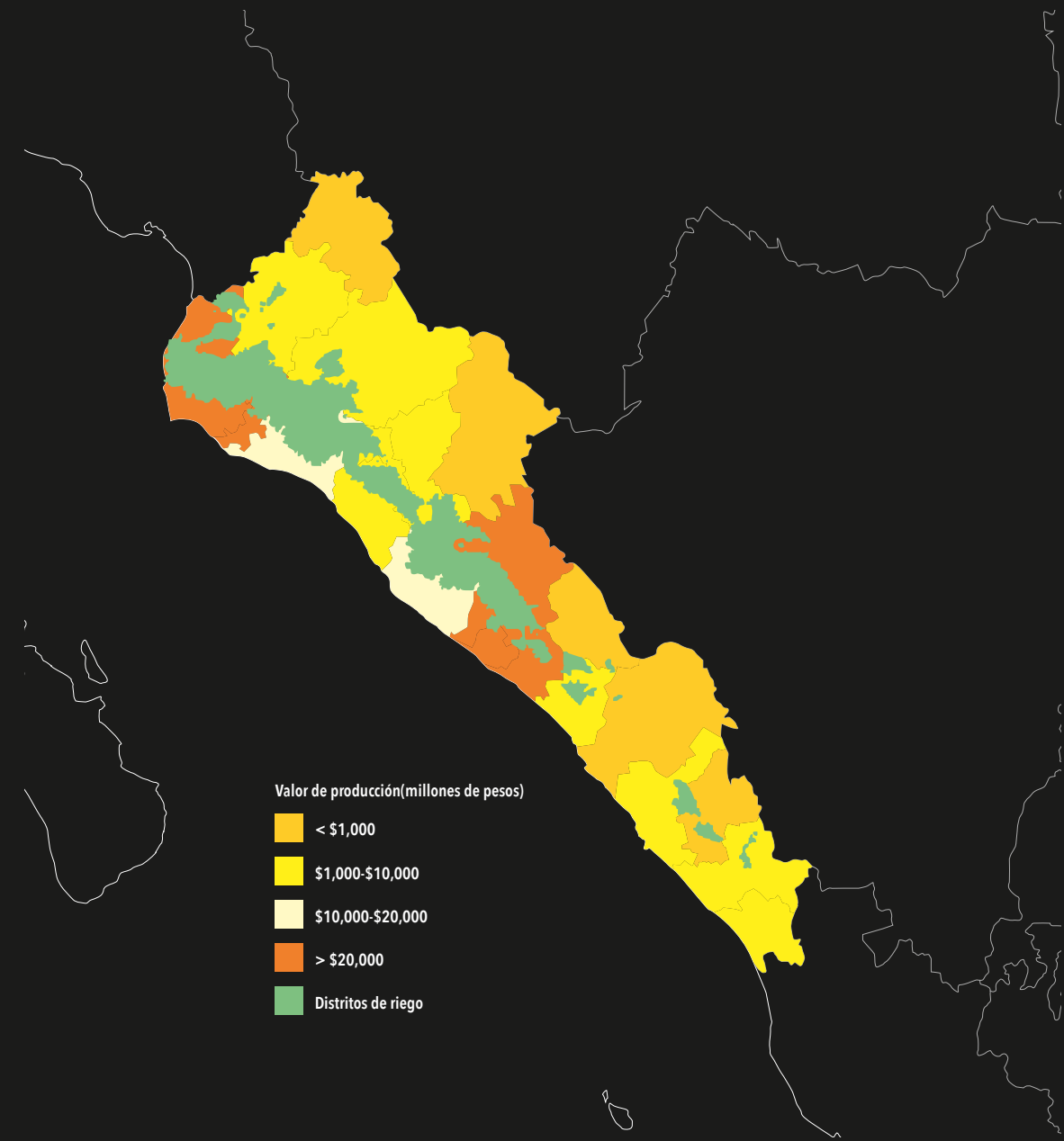
(Considera los municipios de Mocorito, Navolato y Culiacán)

Tabla 44. Superficie sembrada en Culiacán

La tabla muestra la distribución de la superficie sembrada en Culiacán, incluyendo los municipios de Mocorito, Navolato y Culiacán. El maíz grano destaca ampliamente, ocupando el 78% del total. Le siguen cultivos como caña de azúcar, garbanzo y cacahuete, con participaciones menores. En conjunto, 34 cultivos adicionales representan solo el 6% del área sembrada, lo que refleja una fuerte concentración productiva en maíz.

SINALOA: VALOR DE LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA Y DISTRITOS DE RIEGO EN 2023

FIGURA 28



La figura expone el valor de la producción agropecuaria en Sinaloa durante 2023, junto con la ubicación de los distritos de riego. Se observa que las zonas con mayor valor de producción, superiores a 20 mil millones de pesos, se concentran en el centro del estado, especialmente en áreas con infraestructura de riego. Esto refleja la alta productividad vinculada al acceso al agua para uso agrícola.

Desde la perspectiva de huella hídrica, Culiacán presenta algunos cultivos con indicadores particularmente elevados. El ajonjolí tiene la huella hídrica unitaria más alta, con 8,675 m³/tonelada, seguido por el frijol (4,688 m³/t) y el cártamo (4,584 m³/t). Sin embargo, el ma-

yor impacto acumulado recae en el maíz, que representa el 81% de la huella hídrica total de la región. El chile verde, a pesar de ocupar solo el 0.9% de la superficie, concentra el 13% de la huella hídrica debido a su alta demanda de agua.

Huella hídrica de los principales cultivos en Culiacán (m³/t)				
	Azul	Verde	Gris	Total
 Maíz	272	1,287	325	1,884
 Chile y pimiento	1,113	2,845	192	4,150
 Caña Fruta	73	54	10	138
 Tomate	64	46	33	143
 Semilla Maiz	367	1,613	403	2,384
 Ejote	296	1,792	285	2,373
 Frijol	488	3,743	457	4,688
 Pepino	15	69	45	128
 Garbanzo	61	1,096	165	1,323
 Sorgo	226	334	25	585
 Mango	523	759	98	1,380
 Cártamo	699	3,850	35	4,584
 Berenjena	25	135	28	187
 Naranja	189	414	79	682
 Sorgo forrajero en verde	160	434	26	619
 Cacahuete	-	2,185	34	2,219
 Cebolla	126	207	62	395
 Limón	157	355	74	586
 Ajonjolí	623	7,952	99	8,675
 Calabacita	16	56	36	108
 Espinaca	55	196	62	314
 Tomate verde	62	34	35	130
 Aguacate	368	640	80	1,088

Tabla 45. Huella hídrica de los principales cultivos en Culiacán (m³/t)

La tabla presenta la huella hídrica de los principales cultivos en Culiacán, expresada en metros cúbicos de agua por tonelada producida. Se observa que cultivos como chile, frijol y cártamo tienen una alta demanda de agua, superando los 4,000 m³/t. En contraste, otros como tomate, pepino y calabacita muestran un uso mucho menor. Esta información es clave para planear una gestión hídrica más eficiente.

La huella hídrica total de la producción agrícola en Culiacán es de 5,605 hectómetros cúbicos (hm³), lo que equivale al 3.6% de la huella hídrica nacional del sector agrícola.

Huella hídrica de la agricultura en Culiacán (hm³)					
Cultivo	Toneladas	Azul	Verde	Gris	Total
 Maíz grano	2,398,442	651	3,087	780	4,519
 Chile verde	178,729	199	509	34	742
 Caña de azúcar	478,130	35	26	5	66
 Tomate rojo (jitomate)	296,844	19	14	10	42
 Semilla de maíz grano	14,300	5	23	6	34
 Ejote	13,863	4	25	4	33
 Frijol	6,543	3	24	3	31
 Pepino	155,871	2	11	7	20
 Resto de cultivos	240,286	28	73	17	118

Tabla 46. Huella hídrica de la agricultura en Culiacán (hm³)

En la huella hídrica total de algunos cultivos en Culiacán, la semilla de maíz grano, ejote y frijol presentan valores similares, entre 31 y 34 hm³, a pesar de sus menores volúmenes de producción. En contraste, el pepino, con más de 155 mil toneladas, tiene una huella total menor (20 hm³), lo que refleja una mayor eficiencia hídrica en su producción.

RETOS HACIA LA SOSTENIBILIDAD

Culiacán ha comenzado a dar pasos hacia una agricultura más sostenible. Se han incorporado tecnologías y buenas prácticas en el manejo del agua y del suelo, aunque todavía estas acciones no han permeado a todos los productores. Uno de los principales desafíos es reducir el uso de agroquímicos nocivos y fomentar prácticas más amigables con el ambiente, tanto a nivel de parcela como de planificación regional. La clave será escalar estas iniciativas y consolidar una cultura de producción que mantenga el liderazgo económico de la región sin comprometer sus recursos naturales.



AGRICULTURA EN EL BAJÍO: INNOVACIÓN BAJO TECHO

En la región del Bajío, que abarca principalmente Guanajuato y Querétaro, se ha consolidado un modelo de agricultura protegida altamente tecnificado. Este tipo de producción se realiza en estructuras cerradas como invernaderos, macro-túneles o mallas sombra, lo que permite un control preciso del ambiente, protege contra fenómenos climáticos y minimiza riesgos por plagas y enfermedades.

Esta zona es una de las más avanzadas del país en términos de infraestructura agrícola. Se utilizan sensores, sistemas de riego de alta precisión, drones, tratamientos de agua y software especializado para el manejo de cultivos. Además, se han desarrollado instalaciones de postcosecha como cámaras de frío, centros de empaque y plataformas logísticas que fortalecen su competitividad.

La infraestructura predominante en la región es el invernadero (51% del área), seguido por los macrotúneles (40%) y, en menor medida, la malla sombra (9%). En total, la superficie protegida suma 4,024 hectáreas, lo que representa un crecimiento del 600% desde 2010 y del 175% desde 2015.

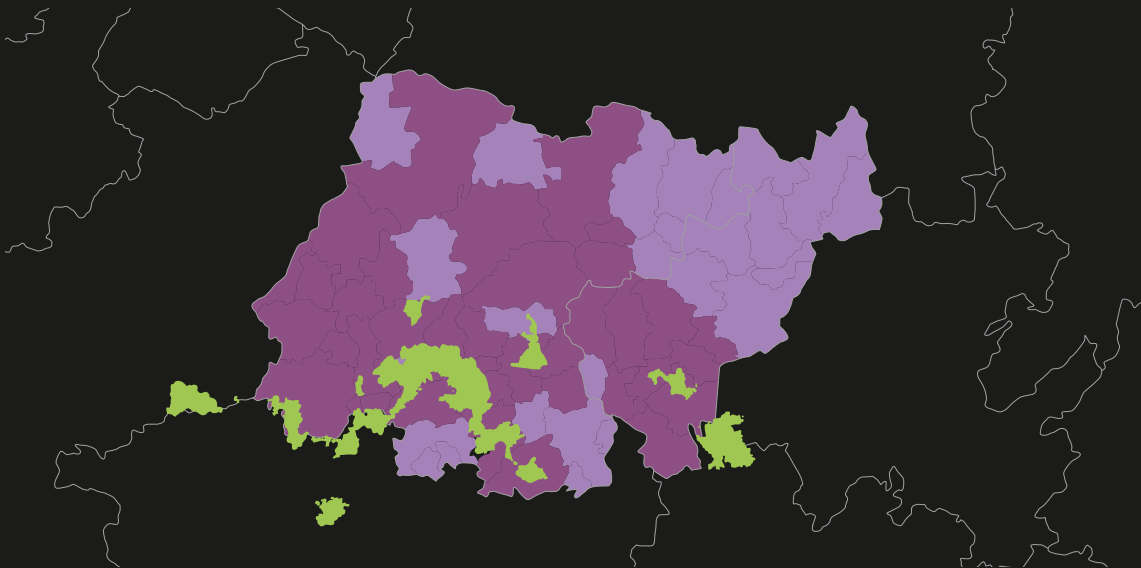


BAJÍO: VALOR DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIO Y DISTRITOS DE RIEGO EN 2023

FIGURA 29

Valor de producción(millones de pesos)

< \$1,000 \$1,000-\$10,000 Distritos de riego

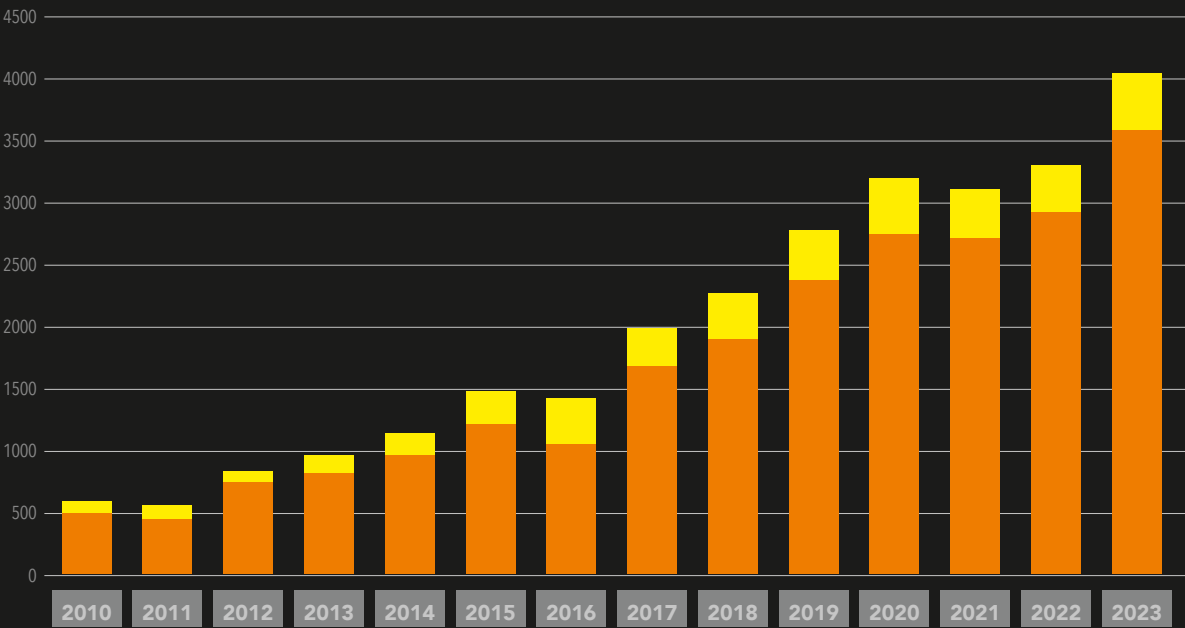


La figura muestra el valor de la producción agropecuaria en el Bajío, abarcando Guanajuato y Querétaro, durante 2023. Las zonas con mayores ingresos, que superan los 20 mil millones de pesos, se concentran en regiones con distritos de riego como Alto Río Lerma, La Begoña y San Juan del Río. Esto resalta la estrecha relación entre infraestructura hídrica y productividad agrícola en la región.

SUPERFICIE PROTEGIDA EN EL BAJÍO (2010-2023)

FIGURA 31

Guanajuato Querétaro



La figura muestra el crecimiento constante de la superficie protegida en el Bajío (Guanajuato y Querétaro) entre 2010 y 2023, destinada al uso de invernaderos, macro túneles y malla sombra. Este tipo de infraestructura pasó de menos de 500 hectáreas en 2010 a más de 4,000 hectáreas en 2023, destacando un fuerte impulso a la agricultura tecnificada y de mayor eficiencia hídrica en la región.

“El chile verde es el cultivo que más contribuye a la huella hídrica dentro de la agricultura protegida en la región del Bajío, concentrando el 81% del total registrado para este tipo de producción.”

En 2023, se cultivaron 11 productos bajo agricultura protegida. Cuatro de ellos concentran el 87% del total de la superficie: fresa (39%), tomate rojo (21%), chile verde (18%) y arándano (10%). Estos cultivos generaron un valor conjunto de 5,674 millones de pesos.

Superficie protegida (Guanajuato y Querétaro), 2023			
Cultivo	Superficie	Toneladas	Valor (millones MXN)
 Fresa	1,550	90,964	\$1,272
 Tomate rojo (jitomate)	830	190,278	\$1,802
 Chile verde	719	96,610	\$1,733
 Arándano	386	2,878	\$181
 Frambuesa	240	4,320	\$211
 Pepino	209	31,913	\$341
 Lechuga	42	4,800	\$30
 Calabacita	27	1,902	\$9
 Zarzamora	9	138	\$5
 Hongos, setas y champiñones	8	3,182	\$89
 Aguacate	4	60	\$1
Total	4024.1	427,046	\$5,674

Tabla 47. Superficie protegida en 2023 (Guanajuato y Querétaro)

Entre los principales cultivos en superficie protegida en Guanajuato y Querétaro durante 2023, destacan la fresa, el jitomate y el chile verde, que concentran la mayor parte del valor económico y volumen de producción. En total, se cultivaron más de 427 mil toneladas en 4,024 hectáreas, generando un valor estimado de 5,674 millones de pesos, reflejando la importancia de esta modalidad productiva.

Desde la perspectiva hídrica, el chile verde tiene la mayor huella hídrica unitaria (4,076 m³/t), seguido del arándano (1,310 m³/t) y el aguacate (1,192 m³/t). El arándano es también el único cultivo donde predomina el uso de agua azul, representando el 52% de su huella total.

Huella hídrica de los cultivos protegidos en Bajío (m³/t)				
Cultivo	Azul	Verde	Gris	Total
 Chile verde	313	3,501	262	4,076
 Arándano	680	372	257	1,310
 Aguacate	374	713	104	1,192
 Zarzamora	312	171	128	612
 Tomate rojo (jitomate)	0	207	84	291
 Fresa	87	169	35	291
 Hongos, setas y champiñones	70	106	45	221
 Pepino	49	103	55	199
 Calabacita	37	96	66	199
 Lechuga	8	134	48	190
 Frambuesa	87	53	40	179

Tabla 48. Huella hídrica de los cultivos protegidos en el Bajío (m³/t)

La tabla muestra la huella hídrica de cultivos protegidos en la región del Bajío, expresada en metros cúbicos por tonelada. El chile verde presenta el mayor consumo de agua con 4,076 m³/t, seguido por el arándano y el aguacate. En contraste, cultivos como la frambuesa, lechuga y calabacita tienen una huella significativamente menor, lo que permite identificar oportunidades para una producción más eficiente en el uso del agua.

Cultivo	Tonelada	azul	Verde	Gris	Total
 Chile verde	96,610	30.22	338.26	25.33	393.8
 Tomate rojo (jitomate)	190,278	0	39.37	16.03	55.4
 Fresa	90,964	7.93	15.49	3.65	27.1
 Pepino	31,913	1.56	3.29	1.17	5.8
 Arándano	2,878	1.95	1.07	0.74	3.8
 Lechuga	4,800	0.04	0.64	0.23	0.9
 Frambuesa	4,320	0.38	0.23	0.18	0.8
 Hongos, setas y champiñones	3,182	0.22	0.34	0.14	0.7
 Calabacita	1,902	0.07	0.18	0.12	0.4
 Zarzamora	138	0.04	0.04	0.01	0.1
 Aguacate	60	0.02	0.04	0.01	0.1
Total	427,046	42	399	48	489

Tabla 49. Huella hídrica de los cultivos protegidos en el Bajío (m³/t)

La tabla presenta la huella hídrica total de los cultivos protegidos en el Bajío, considerando el volumen de producción y el tipo de agua utilizada. El chile verde destaca por su alta huella hídrica total, seguido del jitomate y la fresa. En contraste, cultivos como la calabacita, aguacate y hongos presentan un impacto mucho menor, lo que puede orientar decisiones hacia una producción más eficiente y sostenible.

En conjunto, la huella hídrica total de la agricultura protegida en el Bajío es de 489 hm³, compuesta por un 81.6% de agua verde, 9.8% de agua gris y 8.6% de agua azul. El cultivo que más contribuye a esta cifra es el chile verde, con el 81% del total, seguido por el tomate rojo (11%) y la fresa (5%). El resto de los cultivos representa apenas el 3%.

FIGURA 31

HUELLA HÍDRICA MEXICANA: INDICADORES CLAVE



En el resumen de la huella hídrica mexicana, cada habitante consume en promedio 1,849 m³ de agua al año. Del total nacional, el 63% proviene del agua interna y el 37% es externa. El sector agropecuario concentra el 92% del uso, seguido del doméstico con 6% y el industrial con 2%. La huella total anual asciende a 206,717 hectómetros cúbicos.

RETOS HACIA LA SOSTENIBILIDAD

Aunque el Bajío ha demostrado que es posible combinar rentabilidad con innovación, aún enfrenta desafíos importantes para lograr un modelo plenamente sostenible. La región ya cuenta con condiciones tecnológicas ideales para fomentar el tratamiento y reúso del agua. Sin embargo, es necesario ir más allá de la infraestructura: se requiere una adopción generalizada de insumos biológicos y prácticas de manejo regenerativo que reduzcan la huella hídrica gris y mejoren la salud del suelo.

Dado que esta forma de agricultura continuará creciendo mientras el mercado lo permita, es imprescindible establecer límites claros en función de la capacidad hídrica regional, la vocación de uso del suelo y la presión actual sobre los acuíferos. Solo así se podrá garantizar que el auge de la agricultura protegida no comprometa el equilibrio ecológico de la región.

Reflexiones

Crecimiento, consumo y desafíos en la huella hídrica de México

La huella hídrica en México ha crecido en comparación con mediciones anteriores, tanto a nivel nacional como sectorial. Este aumento responde a diversos factores interrelacionados que conviene analizar para comprender su impacto.

HUELLA HÍDRICA DE PRODUCCIÓN

Entre los elementos más importantes que explican este crecimiento se encuentran:

- La expansión de la agricultura de riego, que pasó de 5.6 millones de hectáreas en 2010 a 6.2 millones en 2023.
- El aumento en el volumen de agua concesionada para uso agrícola, de 57,381 hectómetros cúbicos (hm³) en 2012 a 61,308 hm³ en 2023.
- Las nuevas superficies agrícolas están destinadas en su mayoría a cultivos con alta demanda de agua y elevada huella hídrica.
- Un crecimiento en las actividades industriales y en los volúmenes de agua concesionados para este sector: de 2,019 hm³ en 2012 a 2,786 hm³ en 2024.

Estos cambios no han sido acompañados de forma suficiente por prácticas que promuevan un manejo eficiente de la huella hídrica en los distintos sectores.

EXPORTACIONES DE AGUA VIRTUAL

El crecimiento en las exportaciones mexicanas también ha influido. El volumen total de productos exportados aumentó de 120 millones de toneladas a 160 millones en 2022.

En particular, las exportaciones agropecuarias —que implican una huella hídrica unitaria elevada— han crecido considerablemente. En 2010 se exportaron 11.4 millones de toneladas de productos del sector primario, y en 2024 esta cifra superó los 18 millones (Chatham House, 2024).

Este incremento refleja la creciente presencia del campo mexicano en los mercados internacionales.

CONSUMO

Otro factor clave es el crecimiento demográfico del país. La población aumentó de 112 millones de personas en 2010 a 134 millones en 2023 (INEGI), lo cual naturalmente incrementa la demanda hídrica.

CONSUMO PER CÁPITA

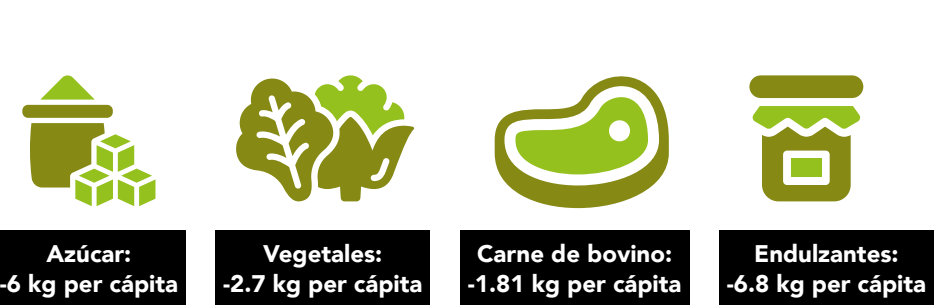
El consumo de agua por habitante se redujo ligeramente: de 1,978 m³ por persona al año (AgroDer, 2012) a 1,849 m³ en años recientes.

Sin embargo, se detectan cambios importantes en el patrón de consumo de alimentos:

Aumentaron los consumos de productos con alta huella hídrica:



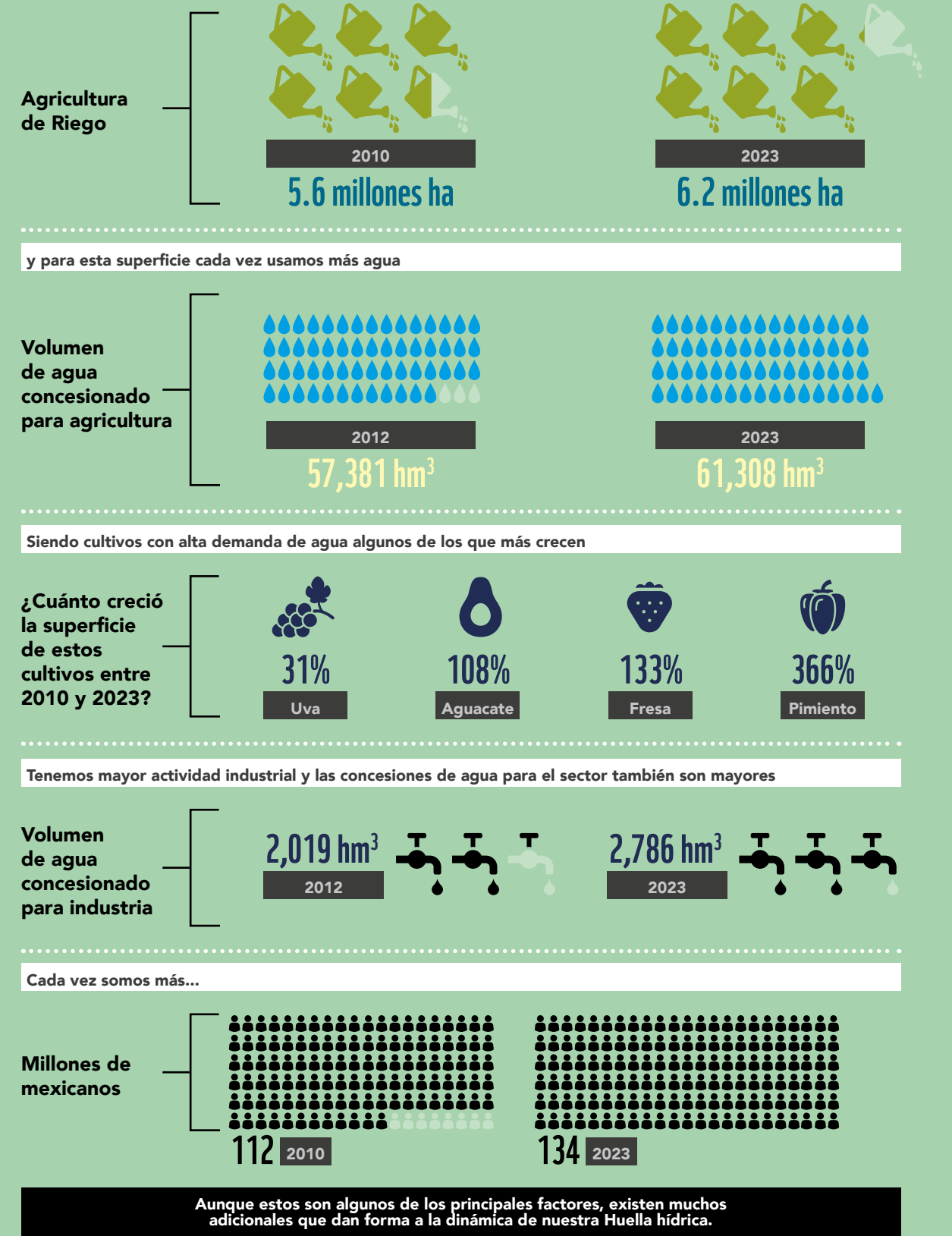
Disminuyeron los consumos de:



Estos datos reflejan una transformación en los hábitos de consumo que también impacta la huella hídrica total del país. 💧

FIGURA 32

¿POR QUÉ HA CRECIDO NUESTRA HUELLA HÍDRICA?



La figura explica por qué ha crecido la huella hídrica en México. Destaca el aumento de la agricultura de riego, que pasó de 5.6 a 6.2 millones de hectáreas entre 2010 y 2023, así como el incremento del volumen de agua concesionado. También crecieron cultivos de alta demanda hídrica como el pimiento y el aguacate. Además, se suma el aumento poblacional y la expansión del sector industrial.



CAPÍTULO 6

ROLES, INTERESES Y RESPONSABILIDADES
DEL SECTOR: EL PAPEL CLAVE DE LOS
CONSUMIDORES EN LA HUELLA HÍDRICA

Consumidores Decisiones que transforman

Los consumidores desempeñan un papel fundamental en la reducción de la huella hídrica, tanto a través de sus hábitos diarios como de sus decisiones de compra. En general, hay un creciente interés por prácticas que favorezcan la sostenibilidad y la conservación del agua, especialmente ante la creciente escasez hídrica a nivel global.

Cada vez más personas muestran una mayor responsabilidad social al preferir productos agrícolas sostenibles y aquellos que minimizan el uso de agua en su producción. Esta conciencia también se relaciona con la salud, ya que optar por dietas más sostenibles —por ejemplo, con mayor presencia de vegetales en lugar de carne— puede contribuir significativamente a reducir el impacto ambiental.

Algunas prácticas recomendadas para los consumidores son:

REDUCCIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DIRECTA:



Ahorro de agua en el hogar: Tomar duchas más cortas, reparar fugas, y usar electrodomésticos (como lavadoras o lavavajillas) solo cuando estén completamente llenos.



Recolección de agua de lluvia: Utilizarla para el riego u otras actividades no potables.

REDUCCIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA INDIRECTA:



Sustitución de productos: Elegir productos que tengan una menor huella hídrica, ya sea porque son de distinta naturaleza, de origen más eficiente o porque se elaboran en cuencas con menor presión sobre el agua.



Reducción del desperdicio de alimentos: Disminuir el desperdicio alimentario no solo ahorra agua, sino también suelo, insumos, mano de obra y recursos financieros.



Evitar productos provenientes de cuencas no sostenibles: Esto requiere transparencia por parte de las empresas y una ciudadanía informada sobre la situación hídrica de las regiones de origen.



Exigir información: Reclamar a empresas y gobiernos transparencia sobre la huella hídrica de los productos y las regulaciones que los afectan.



Cambios en la dieta: Adoptar dietas con mayor proporción de frutas y verduras, que demandan menos agua que la producción de carne.



Elegir marcas responsables: Optar por productos de empresas que implementen prácticas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.



Informarse y medir: Usar simuladores y otras herramientas para conocer la huella hídrica de los productos que se consumen y tomar decisiones informadas.

El mayor poder del consumidor radica en su capacidad para influir en las decisiones de las marcas. Cuando las personas optan por productos sostenibles, motivan a las empresas a integrar estas prácticas a lo largo de toda su cadena de suministro.

Empresas

Innovación y compromiso para una gestión responsable del agua

Contar con un enfoque eficiente y sostenible en el uso del agua es clave para las empresas, no solo desde una perspectiva ambiental, sino también para su viabilidad económica y su impacto social. Cada vez más, las empresas reconocen la importancia de adoptar prácticas que minimicen su huella hídrica, no solo por motivos reputacionales, sino también para reducir riesgos operativos y costos.

En todo el país, numerosas empresas están adoptando con mayor firmeza estándares internacionales, certificaciones y estrategias para mejorar su eficiencia hídrica. Esta gestión responsable no solo fortalece su reputación frente a consumidores y autoridades, sino que también mejora su competitividad en el mercado.

REDUCCIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA OPERACIONAL

Entre las acciones más comunes y recomendadas se encuentran:



Evaluación y monitoreo: Realizar diagnósticos integrales del uso del agua en todas las áreas operativas, con sistemas de monitoreo continuo que detecten fugas e ineficiencias.



Ahorro de agua en operaciones: Incorporar tecnologías eficientes, como grifos aireados y sistemas de riego optimizados.



Reúso y tratamiento de aguas grises: Implementar sistemas de reciclaje de agua en procesos industriales, promoviendo un modelo de economía circular.



Mejores prácticas y tecnologías: Usar tecnologías avanzadas para optimizar procesos, controlar temperatura, tratar aguas antes de su descarga y mejorar la eficiencia en la extracción y retorno del agua, tanto superficial como subterránea.



Educación e involucramiento del personal: Promover una cultura interna de uso responsable del agua, motivando a los colaboradores a aplicar buenas prácticas tanto en el trabajo como en su vida cotidiana.



Acciones con impacto comunitario: Desarrollar proyectos que mejoren las condiciones del entorno, incluyendo la restauración de ecosistemas y el fortalecimiento de servicios ecosistémicos como el abastecimiento de agua.

REDUCCIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA EN LA CADENA DE SUMINISTRO

Cada actor dentro de una cadena de suministro tiene la posibilidad de reducir su huella hídrica, especialmente en actividades no sostenibles o ineficientes. Esto implica:



Evaluar el uso del agua no solo dentro de la empresa, sino también en los procesos de proveedores y en el origen de los insumos y materias primas.



Influir positivamente en proveedores para que adopten prácticas eficientes, asegurando así el abasto futuro de agua para toda la cadena.

TRANSPARENCIA EN PRODUCTOS Y PROCESOS



Reportes y divulgación: Publicar informes sobre el uso del agua y los avances en la reducción de la huella hídrica. Esto refuerza la transparencia y fortalece la confianza de consumidores, reguladores e inversionistas.



Certificaciones: Participar en iniciativas nacionales e internacionales que exigen compromisos con una gestión hídrica responsable. Las certificaciones aportan valor agregado a los productos, lo que mejora su acceso y permanencia en mercados cada vez más exigentes y conscientes.

Gobiernos

Política pública para una gestión sostenible del agua

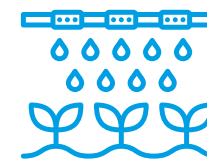
El sector gubernamental tiene un papel clave en la protección de los recursos hídricos. Es su responsabilidad establecer un marco normativo sólido que regule el uso del agua, limite el consumo excesivo y promueva prácticas sostenibles en todos los sectores, desde la agricultura hasta la industria.

REGULACIÓN Y NORMATIVIDAD

Los gobiernos deben actualizar y aplicar normativas como la **NMX-AA-184-SC-FI-2021**, dándole un enfoque más riguroso en cuanto a huella hídrica. Es fundamental incorporar este concepto en las políticas hídricas nacionales y garantizar su coherencia con otras políticas públicas (ambientales, agrícolas, energéticas, comerciales y exteriores).

INFRAESTRUCTURA Y EDUCACIÓN

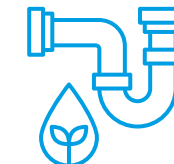
También es crucial invertir en infraestructura para el abastecimiento, distribución y tratamiento del agua, a través de:



Sistemas de riego eficientes



Plantas de tratamiento de aguas residuales



Redes de distribución que reduzcan fugas y pérdidas

Además, los gobiernos deben fomentar la educación en el uso responsable del agua, tanto en la ciudadanía como en los grandes usuarios. Esto incluye campañas públicas para promover prácticas sostenibles en los hogares y las empresas.

EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA Y PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA

Aprovechar el poder comunicativo de la huella hídrica es esencial. Se recomienda:

Incluirla como herramienta base en la planeación hídrica y toma de decisiones.

Evaluar estratégicamente la ubicación de servicios públicos con alta demanda de agua, promoviendo el uso de fuentes alternativas o su relocalización si fuera necesario.

Aplicar criterios de **circularidad** y reúso del agua en servicios públicos para reducir su propia huella hídrica.





CAUDAL ECOLÓGICO Y ASIGNACIÓN DE AGUA

Debe garantizarse primero el agua para el ambiente. Integrar los análisis de caudal ecológico con la evaluación de huella hídrica es clave para una asignación justa y sostenible de concesiones. En este contexto, instrumentos como las Reservas de Agua cobran especial relevancia.

TRANSPARENCIA E INFORMACIÓN AL CONSUMIDOR

Se debe impulsar la transparencia en torno a los productos de consumo, permitiendo que los ciudadanos tomen decisiones informadas. Aunque sería ideal etiquetar todos los productos intensivos en agua, una vía más factible es destacar aquellos que demuestren eficiencia hídrica y sostenibilidad local, incentivando su consumo.

ORDENAMIENTO POR CUENCAS Y LÍMITES DE USO

Es necesario establecer límites de uso del agua por cuenca, no solo en términos numéricos, sino evaluando la sostenibilidad del uso con base en:

El régimen hidrológico

El caudal ecológico

La eficiencia y sostenibilidad local en los sitios de producción

Esto incluye fomentar el uso de insumos que provengan de regiones donde el uso del agua sea verdaderamente sostenible.

GESTIÓN INTEGRADA Y CIENCIA APLICADA

Una Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) debe coordinar a todos los sectores y niveles de gobierno, considerando la calidad, cantidad y distribución del agua.

Finalmente, el Estado debe apoyar activamente la investigación científica y el desarrollo de tecnologías que mejoren la eficiencia y reduzcan el desperdicio en todos los sectores.

ONG Aliadas estratégicas para una gestión hídrica justa y sostenible

Las organizaciones no gubernamentales (ONG) juegan un papel crucial en la promoción de la sostenibilidad hídrica y en la reducción de la huella hídrica a través de múltiples acciones en diversos sectores.

Estas organizaciones:

Educación y sensibilización
a la población sobre la gestión sostenible del agua, mediante campañas, talleres y programas educativos.

Realizan proyectos para restaurar ecosistemas acuáticos y cuencas, contribuyendo a la resiliencia hídrica local y regional.

Promueven tecnologías de captación y tratamiento de agua, como sistemas de recolección de lluvia o procesos de purificación accesibles para comunidades.

Inciden en políticas públicas, tanto a nivel local como internacional, para fomentar leyes que protejan los recursos hídricos y promuevan prácticas responsables en empresas y comunidades.



DERECHO AL AGUA

Las ONG abogan por el reconocimiento del acceso al agua como un derecho humano fundamental, trabajando para garantizar que todas las personas tengan acceso a agua potable y a servicios de saneamiento, conforme a los marcos regulatorios vigentes.

CERTIFICACIÓN DE HUELLA HÍDRICA

Acompañan a empresas e industrias en procesos de certificación de su huella hídrica, brindándoles asesoría en eficiencia, cumplimiento de estándares y mejora continua.

ETIQUETADO RESPONSABLE

Impulsan el uso de etiquetas para productos eficientes en el uso del agua, provenientes de cuencas sostenibles. Estas etiquetas permiten al consumidor tomar decisiones informadas, fomentando buenas prácticas de producción y consumo basadas en herramientas como la huella hídrica.

CIENCIA AL SERVICIO DE LA POLÍTICA

Desarrollan estudios técnicos y científicos —en temas como huella hídrica, caudal ecológico o hidrografía— que generan información sólida para sustentar políticas públicas y decisiones en torno a la gestión del agua.

CONSERVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD PRODUCTIVA

Promueven prácticas de conservación de ecosistemas y producción sostenible, especialmente en zonas con alta presión o escasez hídrica (hot spots), contribuyendo a un uso más equilibrado de los recursos.

FINANCIAMIENTO Y FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES

Proveen esquemas de financiamiento y capacitación para facilitar la adopción tecnológica entre productores y empresas, fomentando la innovación y el uso eficiente del agua.

Acciones concretas por sector Claves para reducir la huella hídrica en México

Con base en la información presentada, se pueden recomendar acciones específicas para reducir la huella hídrica en distintos sectores y tipos de agua (azul, verde y gris), tanto en volumen como en impacto local, con miras a una mayor sostenibilidad.

SECTOR DOMÉSTICO



Agua azul: Disminuir el uso en actividades cotidianas como el baño, la limpieza y la preparación de alimentos. Reducir el consumo indirecto evitando el desperdicio y eligiendo productos con menor huella hídrica, preferentemente de origen local.



Agua verde: No es relevante, salvo mediante el consumo de productos agrícolas.



Agua gris: Mejorar el manejo de residuos domésticos. Evitar verter aceites, químicos o sustancias tóxicas. Promover un manejo sanitario más eficiente.

SECTOR INDUSTRIAL



Agua azul: Avanzar hacia una huella azul cero. Esto implica eliminar pérdidas por evaporación y reutilizar el agua al máximo, salvo la que se incorpora directamente a los productos.



Agua verde: No es relevante, excepto por insumos del sector primario.



Agua gris: Transitar hacia una huella gris cero, mediante el tratamiento completo de aguas residuales, su reúso y control térmico de descargas.

SECTOR AGROPECUARIO



Agua azul: Disminuir la huella por tonelada producida, aumentando los rendimientos a través de riego tecnificado (como el goteo) y reduciendo la proporción de agua azul en relación con la verde.



Agua verde: Mejorar la productividad del agua verde en agricultura de temporal y pastizales, aprovechando los patrones locales de lluvia.



Agua gris: Minimizar el uso de agroquímicos y aplicar insumos con eficiencia. Migrar hacia modelos agrícolas regenerativos y biológicos.

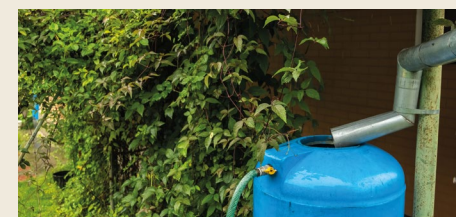
ACCIONES TRANSVERSALES PARA LA SOSTENIBILIDAD HÍDRICA



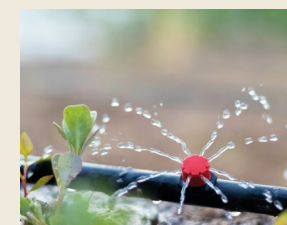
Evitar la expansión agrícola innecesaria, apostando por mejores rendimientos en las parcelas ya existentes mediante prácticas regenerativas y tecnologías de riego eficiente.



Difundir el concepto de huella hídrica, adaptado a cada sector y tipo de público, para fomentar decisiones informadas y colaborativas entre consumidores, empresas, gobiernos y comunidades.



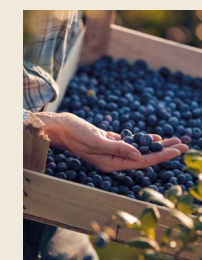
Fomentar la captación de agua de lluvia, tanto en entornos urbanos como rurales. En ciudades, reduce el agua gris y mejora la eficiencia hídrica. En el campo, potencia la productividad del agua verde. Se debe considerar su impacto en la expansión urbana y agrícola.



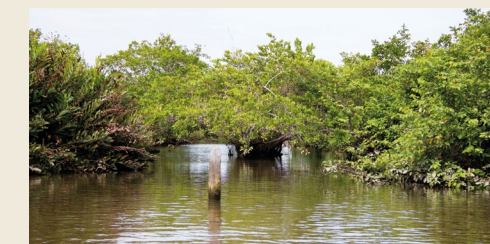
Invertir en tecnología, como sensores de humedad, sistemas de riego por goteo, gestión inteligente del agua (IoT), medidores inteligentes, y tratamientos avanzados (membranas, oxidación) para reutilización de agua.



Respetar la vocación productiva regional, adecuando las actividades a las condiciones hídricas y ecológicas locales, con regulaciones claras sobre concesiones y mecanismos para transferir agua entre sectores.



Promover buenas prácticas en todos los sectores, vinculando la producción sostenible con incentivos de mercado.



Aumentar la inversión en infraestructura verde, como áreas naturales que favorezcan la recarga de acuíferos, reduzcan la erosión, y ayuden a mitigar el calor urbano.



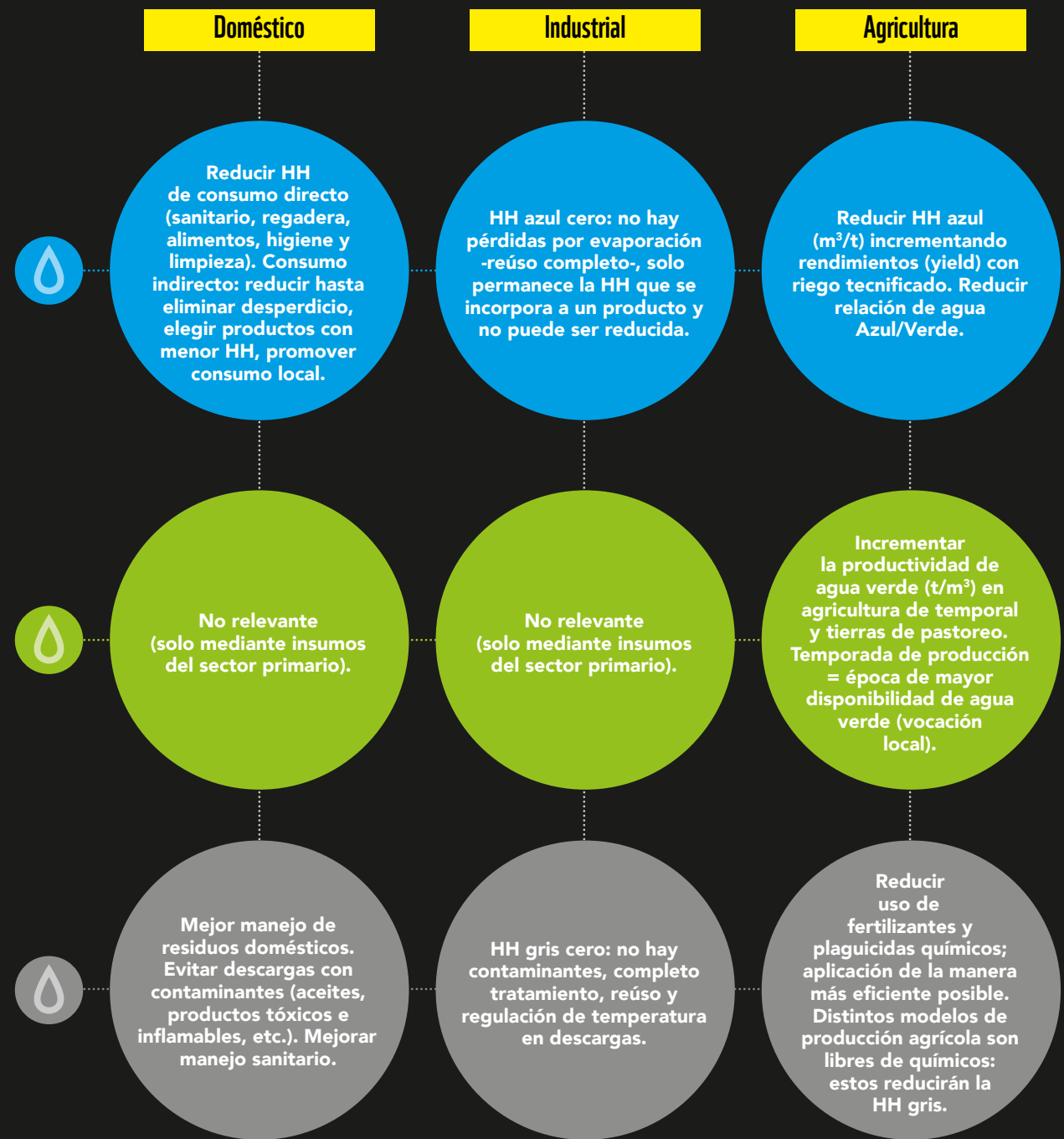
Reutilizar, tratar y aprovechar el agua en todos los sectores, reduciendo la huella gris y asegurando nuevas fuentes mediante tecnologías que permiten el uso de agua reciclada en agricultura, industria y ciudades.



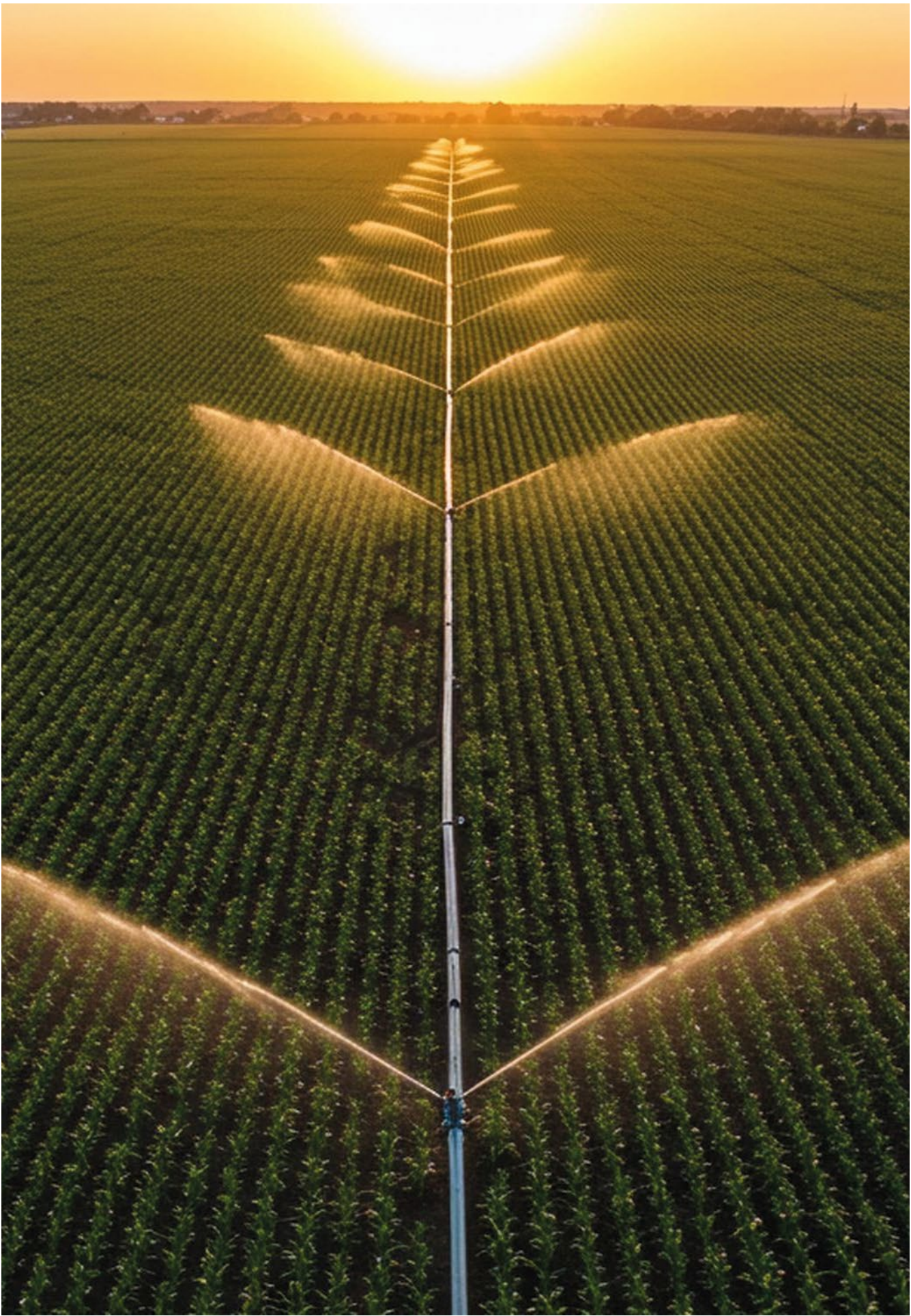
Impulsar ciencia para política pública, combinando herramientas como el caudal ecológico y la huella hídrica para diseñar políticas innovadoras y sostenibles.

**ACCIONES CONCRETAS PARA MEJORAR LA HUELLA HÍDRICA
POR SECTOR Y TIPO DE AGUA**

FIGURA 33



La figura presenta acciones concretas para mejorar la huella hídrica (HH) en los sectores doméstico, industrial y agrícola. Propone reducir el consumo de agua azul y el desperdicio, así como mejorar el manejo de residuos que afectan la HH gris. En agricultura, sugiere tecnificación del riego y mejor uso de fertilizantes. También destaca que la HH verde solo puede reducirse desde el sector primario.





CAPÍTULO 7

RETOS HACIA LA SOSTENIBILIDAD
CAMINOS REGULATORIOS, RIESGOS,
INCENTIVOS Y BENEFICIOS PARA
UN FUTURO HÍDRICO RESPONSABLE

“Es importante fomentar prácticas de consumo responsable, impulsar la educación y concientización pública, y generar un entorno propicio para la innovación mediante políticas e incentivos.”

La sostenibilidad en el uso del agua debe considerar de forma integral los aspectos ambientales, sociales y económicos, buscando minimizar las externalidades negativas y asegurar beneficios reales en los distintos niveles de la sociedad.

Una transición efectiva hacia modelos sostenibles implica adoptar enfoques que dependan más del agua verde —como la agricultura extensiva u orgánica— y que reduzcan la presión sobre el agua azul. A su vez, minimizar o eliminar el uso de químicos en la agricultura y ganadería puede reducir significativamente la huella gris, especialmente en un contexto de creciente consumo de proteína animal.



Cuatro detonantes clave para avanzar hacia la sostenibilidad

1. REGULACIONES

Las regulaciones juegan un papel central al establecer estándares obligatorios que guían a industrias y comunidades hacia prácticas más sostenibles. Estas normativas:

- Establecen límites para extracción, calidad y tratamiento del agua.
- Exigen tecnologías de ahorro y reúso.
- Generan responsabilidad compartida entre sectores.
- Fomentan innovación, al impulsar a las empresas a desarrollar nuevas soluciones tecnológicas.
- Protegen los ecosistemas y garantizan disponibilidad para las futuras generaciones.
- Promueven prácticas responsables en toda la cadena productiva.

Además, pueden incorporar herramientas como indicadores de desempeño o métricas como la huella hídrica, que permiten evaluar con mayor precisión el impacto real del uso humano sobre los recursos hídricos. Esto se puede fortalecer mediante políticas basadas en benchmarking (comparación con referentes) y análisis de etapas críticas en procesos productivos.

2. OBJETIVOS CUANTITATIVOS Y HERRAMIENTAS PARA LA EVALUACIÓN

- La huella hídrica permite identificar los puntos de mayor vulnerabilidad, ya sea por insumos con origen en zonas insostenibles (huella indirecta), o por procesos propios ineficientes (huella directa).
- En términos de huella gris, se recomienda implementar estándares internos más exigentes que los establecidos en las normas vigentes, priorizando siempre el mayor nivel tecnológico posible.
- La aplicación combinada de conceptos como huella hídrica y caudal ecológico permite construir políticas públicas más robustas y adaptadas al contexto hidrológico.

3. RIESGOS

Los riesgos hídricos, como sequías, inundaciones y contaminación, obligan a gobiernos, industrias y comunidades a tomar medidas urgentes:

- **Sequías:** Reducen la disponibilidad y ponen en riesgo el suministro agrícola, urbano e industrial.
- **Inundaciones:** Afectan infraestructuras y contaminan fuentes de agua potable.
- **Contaminación:** Por desechos industriales, agrícolas y urbanos, obliga a tratar y reutilizar el agua para mantener su disponibilidad.

Frente a estos riesgos, se requiere planificación hídrica adaptativa, tecnologías de monitoreo, infraestructura resiliente y estrategias para conservar y reutilizar el recurso. Además, el crecimiento poblacional y el desarrollo económico exigen aumentar la eficiencia en todos los sectores para garantizar el abasto futuro.

4. INCENTIVOS

Los incentivos económicos y regulatorios son herramientas fundamentales para motivar la acción:

- 🕒 **Incentivos financieros:** Subsidios, tarifas diferenciadas y apoyos fiscales para la adopción de tecnologías eficientes en agricultura, industria y hogares.
- 🕒 **Incentivos regulatorios:** Reconocimiento y certificación para empresas que reduzcan su huella, trabajen en cuencas sostenibles o implementen buenas prácticas.
- 🕒 **Certificaciones ecológicas:** Mejoran la reputación y competitividad de las empresas, siempre que haya coordinación interinstitucional para evitar confusión por exceso de sellos.
- 🕒 **Premios a la innovación:** Estimulan la investigación y desarrollo de tecnologías como reciclaje, reúso, riego de precisión o tratamiento avanzado de aguas.

5. VENTAJAS

La sostenibilidad hídrica no solo es necesaria, también ofrece beneficios tangibles:

- 🕒 **Ambientales:** Se reducen las presiones sobre acuíferos, ríos y lagos; se protege la biodiversidad y se conservan servicios ecosistémicos.
- 🕒 **Económicos:** Se minimizan costos de extracción, tratamiento y distribución; se optimizan procesos y se accede a nuevos mercados y financiamiento.
- 🕒 **Sociales:** Se mejora la equidad en el acceso al agua, la salud pública y la resiliencia de comunidades ante el cambio climático.

Una gestión eficiente del agua no solo protege los ecosistemas, sino que también impulsa la rentabilidad, la equidad social y la seguridad hídrica a largo plazo.



Hacia una sostenibilidad hídrica real: eficiencia, gobernanza y política para el cambio

La transición hacia la sostenibilidad requiere metas claras, parámetros de eficiencia adaptados a cada contexto, y un enfoque que sea participativo e incluyente. Para lograrlo, es fundamental establecer políticas coordinadas que impulsen acciones efectivas en todos los sectores involucrados.

EFICIENCIA

Promover un uso sostenible del agua es esencial para garantizar su disponibilidad futura. Esto implica fomentar prácticas de consumo responsable, impulsar la educación y concientización pública, y generar un entorno propicio para la innovación mediante políticas e incentivos.

Comprender los principales detonantes del uso y la expansión del agua —como prácticas agrícolas intensivas, procesos industriales o patrones de consumo doméstico— permite diseñar estrategias específicas, más efectivas y con menor margen de error.

Trabajar con los sectores más intensivos en el consumo de agua es clave. Medir su uso, identificar áreas de mejora y adoptar tecnologías como riego tecnificado o reutilización industrial puede reducir de forma significativa la huella hídrica azul y gris.

La inversión en tecnologías y el desarrollo de capacidades fortalecen esta ruta. Desde sistemas de riego por goteo hasta el reciclaje de agua industrial, pasando por la capacitación continua del personal, estas medidas permiten una mejor adaptación a los desafíos hídricos.

Los proyectos deben considerar el contexto local: vocación productiva, clima, disponibilidad de agua y características del suelo. Así, se evita comprometer los recursos hídricos y se impulsa un desarrollo verdaderamente sostenible.

No basta con aumentar la productividad; es indispensable considerar los impactos ambientales y sociales del uso del agua. Evaluar estos

efectos permite promover prácticas que beneficien tanto a la economía como a los ecosistemas y comunidades.

La reducción de la huella hídrica gris, en particular en agricultura e industria, contribuye a mejorar la calidad del agua. La sustitución de agroquímicos por insumos biológicos, y el tratamiento adecuado de aguas residuales, son pasos indispensables para este fin.

GOBERNANZA

La sostenibilidad hídrica exige la participación activa de gobiernos, empresas, comunidades, agricultores y organizaciones civiles. Cada actor aporta conocimientos valiosos y puede fortalecer las políticas públicas si se integra desde el diseño hasta la implementación.

Es igualmente importante involucrar a la ciudadanía. Las decisiones de consumo y el comportamiento cotidiano en hogares y centros de trabajo pueden tener un gran impacto sobre la huella hídrica.

Incorporar los intereses económicos, sociales y ambientales en la toma de decisiones es esencial. Mientras que los primeros se enfocan en la productividad, los segundos exigen equidad en el acceso al agua, y los terceros buscan conservar los ecosistemas.

Reconocer que la naturaleza tiene un papel central implica respetar los ciclos ecológicos y restaurar los sistemas hídricos —ríos, humedales, cuencas— como medida preventiva y correctiva frente al cambio climático.

“La sostenibilidad hídrica exige la participación activa de gobiernos, empresas, comunidades, agricultores y organizaciones civiles.”

La gestión sostenible debe proteger el agua como un bien común. Esto requiere garantizar caudales ecológicos y exigir medidas de eficiencia como condición para nuevas concesiones, evitando así que el crecimiento comprometa el equilibrio ambiental.

Educar a la población y aplicar análisis multicriterio para la toma de decisiones son prácticas fundamentales. Considerar variables económicas, sociales y ecológicas permite desarrollar políticas más justas y duraderas.

El uso de escalas de acuerdo —como consenso, consentimiento o respaldo— ayuda a construir políticas más sólidas, al asegurar que reflejan una base de apoyo amplia entre los actores involucrados.

POLÍTICAS

La sostenibilidad debe ser el objetivo central de toda política hídrica. Esto implica no extraer más agua de la que los ecosistemas pueden regenerar y mantener el equilibrio entre caudal, escurrimiento y uso humano.

Fomentar el ahorro, el uso eficiente y la adopción de nuevas tecnologías es fundamental. Al mismo tiempo, educar a la población en el uso responsable del agua permite cambiar hábitos de manera duradera.

En cuencas con estrés hídrico, toda nueva concesión debe condicionarse a medidas de ahorro por parte de los usuarios existentes. Esto asegura un crecimiento compatible con la disponibilidad del recurso.

Reducir la huella hídrica gris hasta niveles mínimos, o incluso eliminarla, debe ser una meta realista en todos los sectores. Esto requiere políticas que impulsen el reúso, el tratamiento de aguas y la mejora de procesos industriales y agrícolas.

Garantizar caudales ambientales y reservar agua para el ecosistema debe ser parte estructural de toda política hídrica. Especialmente en épocas de escasez, esta medida protege la biodiversidad y la capacidad regenerativa de los cuerpos de agua.

Al definir políticas de caudal, se deben considerar proyecciones de crecimiento, uso sectorial y variables climáticas. Esto permitirá anticipar demandas futuras y asegurar un abasto sostenible.

La gestión del agua es multidisciplinaria. Involucra ciencia, economía, justicia social, ingeniería y gobernanza. Por eso, las políticas deben promover la colaboración entre saberes y sectores para lograr soluciones integrales.

La ciencia debe guiar las decisiones. Solo con datos confiables y análisis rigurosos es posible diseñar políticas adaptativas, efectivas y resilientes. Este enfoque permite ajustarse al cambio y proteger el recurso para las próximas generaciones.

Equilibrar los intereses económicos (productividad), sociales (equidad y acceso) y ambientales (conservación) es imprescindible. Solo así se puede construir una política de agua que sea justa, eficiente y sostenible en el tiempo.

Sostenibilidad equilibrada: integrando economía, equidad social y salud ambiental en la gestión del agua

“Las políticas diferenciadas por sector, región y tipo de uso deben sustentarse en evidencia científica, priorizando actividades con mayor eficiencia hídrica (en agua azul y verde) y menor presión contaminante (agua gris).”

Para que una política de gestión del agua sea verdaderamente exitosa, debe integrar de forma equilibrada los intereses económicos, sociales y ambientales. Esto implica garantizar que las industrias y la agricultura tengan acceso suficiente al agua para operar de forma eficiente, asegurar que toda la población cuente con agua potable y saneamiento adecuado, y proteger los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad. La sostenibilidad a largo plazo solo es posible si se consideran estos tres pilares al mismo nivel.

Reconocer que la naturaleza tiene la llave es esencial para construir políticas hídricas sostenibles. Este principio parte de comprender los ciclos naturales del agua y respetar sus límites ecológicos. Aplicar soluciones basadas en la naturaleza —como restaurar cuencas, conservar humedales y proteger zonas de recarga de acuíferos— mejora la resiliencia frente a eventos extremos y asegura el equilibrio de los ecosistemas. Incluir estos enfoques ecológicos en las políticas permite mantener la capacidad de los ecosistemas de brindar servicios esenciales.

Proteger el recurso común implica reducir la huella hídrica en todos los sectores —agrícola, industrial y doméstico— y asegurar el caudal ecológico necesario para mantener la salud de los ecosistemas acuáticos. Cuando el uso no es sostenible, la relocalización de ciertas actividades puede ser una alternativa eficiente para aliviar la presión sobre determinadas regiones. Garantizar el caudal ecológico permite conservar hábitats naturales y proteger la biodiversidad, beneficiando tanto a las personas como al medio ambiente.

Cualquier nuevo proyecto de aprovechamiento del agua debe estar condicionado a la implementación previa de medidas de ahorro por parte de los usuarios actuales. Esta estrategia evita comprometer la disponibilidad futura del recurso y promueve la eficiencia antes de autorizar nuevas extracciones. De este modo, el crecimiento y el desarrollo económico no ponen en riesgo la sostenibilidad hídrica.

“Aplicar soluciones basadas en la naturaleza —como restaurar cuencas, conservar humedales y proteger zonas de recarga de acuíferos— mejora la resiliencia frente a eventos extremos y asegura el equilibrio de los ecosistemas.”

La concienciación pública y los análisis multicriterio son herramientas fundamentales para el desarrollo de políticas efectivas. La educación permite modificar hábitos de consumo y fomentar prácticas sostenibles, mientras que los análisis multicriterio proporcionan bases sólidas para tomar decisiones informadas, al considerar de manera simultánea impactos económicos, sociales y ambientales.

Contar con una nueva métrica basada en huella hídrica es clave para una gestión eficiente. Esta métrica debe considerar todo el uso de agua en la producción y el consumo, incluyendo extracciones, concesiones, uso de lluvia y descarga de contaminantes. Debe reflejar el impacto de toda la cadena productiva —desde materias primas hasta exportaciones— y evaluar el volumen, tipo de agua, contaminantes y efectos según región, tiempo y calidad.

La estandarización metodológica en el cálculo de la huella hídrica (agua azul, verde y gris) permitirá rastrear el origen del agua y evaluar la sostenibilidad de cada concesión, uso o actividad en función de su contexto. Es fundamental establecer mecanismos que aseguren transparencia, eficiencia y responsabilidad en el uso del recurso.

Esta métrica debe integrar, además, dos elementos esenciales: el régimen hidrológico natural (RHN) y el caudal ecológico (CE). Ambos son premisas básicas para determinar la sostenibilidad de uso del agua en cada actividad o proyecto. Incorporar la huella hídrica en la gestión integrada de los recursos hídricos permite usarla como criterio técnico para tomar decisiones basadas en el impacto y la magnitud del uso.

Finalmente, las políticas diferenciadas por sector, región y tipo de uso deben sustentarse en evidencia científica, priorizando actividades con mayor eficiencia hídrica (en agua azul y verde) y menor presión contaminante (agua gris). Estas decisiones deben considerar la vocación productiva de las regiones, para garantizar un uso responsable y sostenible del agua a nivel nacional. 💧



CAPÍTULO 8

UNA NUEVA MIRADA HACIA LA
SOSTENIBILIDAD HÍDRICA: CONTEXTO,
DECISIONES Y CORRESPONSABILIDAD

Mejorar los mecanismos de medición es esencial para una gestión eficiente y sostenible del agua. Disponer de datos actualizados y confiables permite identificar áreas críticas, monitorear avances y ajustar políticas con base en evidencia. Herramientas tecnológicas como sensores de monitoreo y análisis de big data ofrecen información detallada sobre el uso del agua y la huella hídrica, fortaleciendo la toma de decisiones.

Diseñar políticas económicas que consideren escenarios de caudal y huella hídrica en el mediano y largo plazo es crucial para anticipar riesgos y fomentar resiliencia. Estas políticas deben basarse en tendencias actuales y proyecciones futuras, incentivando prácticas sostenibles e impulsando la inversión en tecnologías de ahorro, reúso y tratamiento.

Todo plan de uso sostenible del agua debe estar acompañado de un sistema de seguimiento riguroso. Este debe contemplar metas claras, acciones concretas, actores responsables y mecanismos para evaluar el progreso. La evaluación continua permite hacer correcciones oportunas y asegurar que las metas de sostenibilidad se cumplan.



“Aunque el uso insostenible del agua ha marcado muchos de los desafíos actuales, aún estamos a tiempo de hacer cambios significativos.”

La participación activa de los usuarios del agua —agricultores, industrias y comunidades— es fundamental para una gestión responsable. Informar, capacitar y acompañar a los actores locales sobre cómo reducir su huella hídrica contribuye directamente a la protección del recurso y mejora las prácticas de uso a nivel cuenca.

Lograr una verdadera sostenibilidad exige alinear el bienestar humano, la viabilidad económica y las prioridades ecológicas. Las políticas deben lograr equilibrio entre desarrollo, conservación ambiental y equidad social, con una distribución justa de beneficios y responsabilidades.

Establecer umbrales de alerta para el uso y calidad del agua posibilita el prevenir impactos antes de que se vuelvan irreversibles. Estos límites permiten anticipar crisis y canalizar recursos hacia las zonas con mayor urgencia, facilitando respuestas eficaces y oportunas.

Integrar la huella hídrica en la política pública es una estrategia clave para promover un uso más equitativo y consciente del agua. Esta métrica debe ser utilizada no solo para identificar oportunidades de mejora, sino también para orientar incentivos, normativas y estrategias de desarrollo sostenible.

EL CONTEXTO PESA MÁS QUE LOS NÚMEROS

Si bien la huella hídrica de un producto puede ofrecer datos valiosos, no siempre es suficiente para tomar decisiones por sí sola. Un mismo producto puede tener huellas distintas en distintas cuencas, y su impacto dependerá de variables como la disponibilidad del recurso, la presión local, las capacidades de recuperación ecológica y los patrones de uso.

Por ello, antes de tomar decisiones basadas únicamente en indicadores, es necesario considerar factores adicionales: el entorno local, la sostenibilidad del uso, la capacidad de carga de los ecosistemas y las alternativas de producción. Solo así se podrán identificar las mejores opciones desde una perspectiva verdaderamente integral.

Si existen condiciones más favorables en otras regiones para producir lo mismo, es importante evaluarlas. Esto no significa cancelar actividades en automático, sino redirigir esfuerzos para que la producción tenga lugar en escenarios más sostenibles y menos vulnerables.

Aunque el uso insostenible del agua ha marcado muchos de los desafíos actuales, aún estamos a tiempo de hacer cambios significativos. Las herramientas existen y la información está disponible. Lo que se necesita es voluntad, cooperación y una visión compartida. La huella hídrica no debe verse como un juicio final, sino como una brújula que oriente las acciones hacia escenarios viables y responsables.

HACIA UN CAMBIO GRADUAL CON NUEVO RUMBO

Las decisiones deben adaptarse a contextos distintos, con umbrales y ritmos diferenciados. En muchos casos, los beneficios de un manejo responsable no serán inmediatos ni tendrán retorno económico directo, pero generarán importantes beneficios ambientales, sociales y reputacionales.

El cambio será gradual, pero debe comenzar de inmediato. La sostenibilidad es una construcción colectiva que se alcanza mediante acciones concretas, realistas y progresivas. Si actuamos desde ahora, podremos trazar un nuevo rumbo para el agua, dejando una huella que marque el camino correcto. 💧

REFERENCIAS

AgroDer (2012). Huella hídrica en México en el contexto de Norteamérica. WWF México y AgroDer. México. Recuperado el 11 de junio, 2024, desde: <https://www.agroder.com/publicaciones/Huella%20Hidrica%20en%20Mexico%202012.pdf>

Burek, et al. 2016. Water Futures and Solution - Fast Track Initiative (Final Report). IIASA Working Paper. IIASA, Laxenburg, Austria: WP-16-006.

Chatham House (s.f.). Resource trade. Earth. Chatham House, The Royal Institute of International Affairs. Recuperado el 16 de julio, 2024, desde: <https://resource.trade.earth/>

Conabio (2024). Portal de información Geoespacial (Conabio, 2024). Recuperado el 03 de septiembre, 2024, desde: http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/pobla/asgral/pobcloc10gw

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2021a). Programa Hídrico Regional 2021-2024 Región Hidrológico-Administrativa VI Río Bravo. Recuperado el 19 de julio, 2024, desde: https://files.conagua.gob.mx/conagua/generico/PNH/PHR_2021-2024_RHA_VI_R_o_Bravo_.pdf

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2021b). Programa Hídrico Regional 2021-2024 Región Hidrológico-Administrativa VIII Lerma Santiago Pacífico. Recuperado el 18 de julio, 2024, desde: https://files.conagua.gob.mx/conagua/generico/PNH/PHR_2021-2024_RHA_VIII_LSP.pdf

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (agosto, 2015). Programa de medidas preventivas y de mitigación de la sequía en la cuenca Lerma – Chapala. Conagua. Recuperado el 18 de julio, 2024, desde: <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/programas-de-medidas-preven>

tivas-y-de-mitigacion-a-la-sequia-pmpms-por-consejo-de-cuenca

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (s.f). Sistema Nacional de Información del Agua. SINA. Recuperado el 17 de julio, 2024, desde: <https://sinav30.conagua.gob.mx:8080/>

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (s.f.) Consulta a la base de datos del REPDA. Recuperado el 19 de julio, 2024, desde: <https://app.conagua.gob.mx/consultarepda.aspx>

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (s.f.) Estadísticas agrícolas por distrito de riego de 1998 a 2022 [Conjunto de datos]. Gobierno de México. Recuperado el 17 de julio, 2024, desde: <https://www.gob.mx/conagua/documentos/estadisticas-agricolas-de-los-distritos-de-riego>

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2020). Informe Anual 2020. Recuperado desde: <https://www.gob.mx/conagua/documentos/informe-anual-2020>

Conapo (2023). Población a inicio de año, 1950-2070 [Conjunto de datos]. Datos Abiertos. Recuperado el 16 de julio, 2024, desde: <https://datos.gob.mx/busca/dataset/proyecciones-de-la-poblacion-de-mexico-y-de-las-entidades-federativas-2020-2070/resource/cbd55e18-b166-4af9-854e-08927107e5bd>

Consejo de Cuenca del Río Bravo (1999). Acta Constitutiva y de instalación de la Comisión de Cuenca del Río Conchos. Recuperado el 18 de julio, 2024, desde: https://static.s123-cdn-static-d.com/uploads/690147/normal_5ae73ad24e061.pdf

Consejo de Cuenca del Río Bravo (s/f). [SIG Bravo 2.0]. Recuperado el 19 de julio, 2024, desde: <https://www.arcgis.com/apps/View/index.html?appid=e9a764929e8c47349520c4fa44889794>

Consejo de Cuenca del Río Bravo (s/f). Documentos de Interés General. Consejo de Cuenca del Río Bravo. Recuperado el 18 de julio, 2024, desde: <https://www.cuencariobravo.org/documentos-de-inter%C3%A9s-general>

Consejo de Cuenca Lerma - Chapala (s/f). Usos del agua. Consejo de Cuenca Lerma - Chapala. Recuperado el 16 de julio, 2024, de: <https://www.consejodecuenca-lermachapala.com/home/usos-del-agua/>

Consejo del Río Santiago (s/f). La Cuenca del del Río Santiago. Recuperado el 19 de julio, 2024, desde: [https://www.cocurs.mx/?articulo=248#:~:text=En%20la%20cuenca%20se%20localizan%20m%C3%B3dulos%20de%20cuatro%20distritos%20de,%20\(CONAGUA%2C%202021\).](https://www.cocurs.mx/?articulo=248#:~:text=En%20la%20cuenca%20se%20localizan%20m%C3%B3dulos%20de%20cuatro%20distritos%20de,%20(CONAGUA%2C%202021).)

Cotler-Ávalos, H., Mazari-Hiria & de Anda-Sánchez, J. (Eds.). (2006). Atlas de la Cuenca Lerma – Chapala construyendo una visión conjunta. UNAM- INE SEMARNAT. Recuperado el 19 de julio, 2024, desde: <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001972.pdf>

DOF (02/06/2011). ACUERDO por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de la Región Hidrológica número 24 Bravo-Conchos. Diario Federal de la Nación. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5192916&fecha=02/06/2011#gsc.tab=0

Food and Agriculture Organization (FAO) y ONU-Agua. 2021. Progresos en el nivel de estrés hídrico. Estado mundial y necesidades de aceleración del indicador 6.4.2 de los ODS, 2021. Roma, FAO y ONU-Agua. Recuperado desde: <https://www.fao.org/3/cb6241es/cb6241es.pdf>

Food and Agriculture Organization (FAO) (2024). FAOSTAT Database [Con-

junto de datos]. Gobierno de México. Recuperado el 07 de julio, 2024.

Food and Agriculture Organization (FAO). 2024. The State of Agricultural Commodity Markets 2024 -- Trade and nutrition: Policy coherence for healthy diets. Rome.

Food and Agriculture Organization (FAO). (2021). Water-Energy-Food Nexus and Sustainable Agriculture: The case of Mexico. Recuperado desde: <https://www.fao.org/>

Hoekstra, et al. 2011. Manual de Evaluación de la Huella Hídrica. Establecimiento del Estándar Mundial.

INIFAP. (2020). Desarrolla INIFAP cebada para elaborar whisky mexicano 100% de malta. Recuperado desde: <https://www.mexicampo.com.mx/developa-inifap-cebada-para-elaborar-whisky-mexicano-100-de-malta/>

Mialyk, O. y Su, H. (14 de enero, 2024). Global gridded crop model ACEA. Version 2.0. Recuperado el 17 de julio, 2024, desde: <https://zenodo.org/records/10510934>

Mialyk, O, Schyns-Joep, F, Booi-Martijn, J.; Su, H., Hogeboom, Rick, J., et. al. (2024): Data underlying the publication: Water footprints and crop water use of 175 individual crops for 1990–2019 simulated with a global crop model. Version 2. 4TU. ResearchData. dataset. <https://doi.org/10.4121/7b45bcc6-686b-404d-a910-13c87156716a.v2>. Recuperado el 03 de septiembre, 2024, desde: <https://data.4tu.nl/datasets/7b45bcc6-686b-404d-a910-13c87156716a>

Motero-Martínez, M.J. y Ibáñez-Hernández, O.F. (coord.) (2017). La Cuenca del Río Conchos: Una mirada desde las Ciencias antes del Cambio Climático.

IMTA. Recuperado el 18 de julio, 2024, desde: https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/rio-conchos/files/assets/basic-html/page1.html

ONU. (2018). The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water. Recuperado desde: <https://en.unesco.org/water/worldwaterreport>

SAGARPA. 2017. Planeación Agrícola Nacional 2017 - 2030. Maíz grano Blanco y Amarillo Mexicano. Recuperado el 03 de septiembre, 2024, desde: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/data/file/256429/B_si-co-Ma_z_Grano_Blanco_y_Amarillo.pdf

Salinas-Rodríguez S.A. y Martínez Pacheco A.I. (2024). Water Reserves for the Environment: A Strategic and Temporal Analysis (2012–2022) for the Implementation of Environmental Flows in Mexico. Diversity. 16(3):190. Recuperado el 16 de julio, 2024, desde: <https://doi.org/10.3390/d16030190>

Secretaría de Economía (18 de enero, 2021). Relación comercial entre Japón y México. Gobierno de México. Recuperado el 18 de julio, 2024, desde: <https://www.gob.mx/se/acciones-y-programas/relacion-comercial-entre-japon-y-mexico?state=published>

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). 2023. Agriculture, livestock farmers and industry promote consumption of domestically produced milk. Recuperado desde: <https://www.gob.mx/senasica/documentos/agriculture-livestock-farmers-and-industry-promote-consumption-of-domestically-produced-milk>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2021). Programa Nacional Hídrico 2020-2024. Recuperado desde: <https://www.gob.mx/semarnat>

SIAP (2024a). SIACON [Software]. Siap. <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430>

SIAP (2024b). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola [Conjunto de datos interactivos]. Recuperado el 17 de julio, 2024, desde: <https://nube.siap.gob.mx/cierre-agricola/>

SIAP (2024c). Anuario Estadístico de la Producción Ganadera [Conjunto de datos interactivos]. Recuperado el 17 de julio, 2024, desde: <https://nube.siap.gob.mx/cierre-pecuario/>

UNESCO (2024). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2024: agua para la prosperidad y la paz. Recuperado desde: <https://www.unesco.org/es/articles/informe-mundial-de-las-naciones-unidas-sobre-el-desarrollo-de-los-recursos-hidricos-2024-agua-para>

UNESCO, 2010. La cocina tradicional mexicana: Una cultura comunitaria, ancestral y viva y el paradigma de Michoacán. UNESCO - ONU. <https://ich.unesco.org/es/RL/cocina-tradicional-mexicana-una-cultura-comunitaria-ancestral-y-viva-y-el-paradigma-de-michoacan-00400>

USDA. Quick Stats. USDA [Conjunto de datos interactivos]. Recuperado el 19 de julio, 2024, desde: <https://quickstats.nass.usda.gov/>

WFN (s.f.). Water Footprint Network. Recuperado el 11 de junio, 2024, desde: <https://www.waterfootprint.org/>

NOTA METODOLÓGICA

El presente documento se desarrolló considerando como base fundamental el Manual de Evaluación de Huella Hídrica (Hoekstra, 2011) para la contabilización de huellas verde, azul y gris.

Para su desarrollo, se consideraron series de tiempo 2016-2023, en diversas fuentes incluidas en la sección de referencias. Las posibles discrepancias en los totales entre flujos de agua virtual obedecen a la naturaleza multitemporal del análisis y la dinámica en los patrones de disponibilidad y uso de agua, patrones de producción y comercio en las series interanuales.

En los estudios de caso se utilizó información local, proveniente de organizaciones, productores y cadenas productivas de cada estudio de caso referido.

Los parámetros o *benchmarks* referidos son los utilizados por la Alianza de Investigación en Huella Hídrica (Water Footprint Research Alliance) y el Water Footprint Assessment Tool.

¿PARA QUÉ ES ÚTIL ESTA INFORMACIÓN?

Esta herramienta es parte de las innovaciones que permiten acercarnos a la sostenibilidad de uso de los recursos hídricos. La huella hídrica es una herramienta muy poderosa en la toma de decisiones, misma que no debe ser vista como un conjunto de indicadores aislados: adquiere valor y perspectiva dotándola de un contexto.

Los parámetros indicados deben servir como referencia para la toma de decisiones, siempre considerando los diversos factores endógenos y exógenos que permiten comprender la dinámica particular de cada región, cuenca o acuífero, cadena productiva o producto, y contexto social. Entre otros, la presión de uso, las necesidades ecosistémicas (caudal ecológico), dinámica demográfica y los patrones de desarrollo económico. Las alternativas de producción o sustitución y los parámetros de eficiencia son parte del consorcio latente de indicadores y variables contextuales de consideración necesaria.

Este documento es parte de nuestra aportación a la continuidad del legado de Arjen Y. Hoekstra, quien generosamente compartió su sabiduría con nosotros en incontables ocasiones, proveyendo una fuente adicional de información a todos los entusiastas que encuentran en su lectura y análisis un incentivo para despertar la creatividad y curiosidad que nos lleva a encontrar propuestas y soluciones hacia el mejor manejo del recurso hídrico. 💧



