



Tecnológico  
de Monterrey

# Resumen Ejecutivo

---

Determinación de la huella hídrica en la  
producción, empaqueo y transporte de  
aguacate para la Asociación de  
Productores y Empacadores  
Exportadores de Aguacate de México

Marzo 2024

---



## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>2</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>2</b>
<b>3. ALCANCE DEL ESTUDIO</b> .....	<b>2</b>
<b>4. METODOLOGÍA</b> .....	<b>3</b>
<b>5. RESULTADOS</b> .....	<b>5</b>
<b>6. EVALUACIÓN SOSTENIBILIDAD</b> .....	<b>8</b>
<b>7. RECOMENDACIONES Y ALTERNATIVAS</b> .....	<b>8</b>
<b>8. CONCLUSIONES</b> .....	<b>10</b>
<b>9. GLOSARIO</b> .....	<b>11</b>
<b>10. AUTORÍA</b> .....	<b>12</b>
<b>11. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>13</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

El sector agrícola es el mayor consumidor de agua a nivel global (**FAO & Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2019**) y en México este sector consume actualmente un 77% del total nacional (**Comisión Nacional del Agua, et al., 2020**). En un contexto actualmente de sequía en varias partes del país (**Banco de México, 2022**) es cada vez más importante que el sector agrícola de México tome medidas para hacer uso eficiente del agua y mejorar la toma de decisiones estratégicas sobre su gestión sostenible. El estado de Michoacán es el principal productor de aguacate del país, que aporta aproximadamente tres cuartas partes de la producción total de aguacate de México (**SIAP, & Gobierno Federal de México, 2021**). Uruapan se localiza en la zona céntrica del estado de Michoacán (**Gobierno Federal de México & Secretaría de Economía, 2023**) y se encuentra en una región estatal conocida como “Zona de Producción de Aguacate de Michoacán”, conformada por una serie de municipios con condiciones climáticas, edafológicas y ecosistémicas semejantes que son propicias para el cultivo de aguacate a escalas comerciales.

## 2. OBJETIVOS

El presente estudio tiene como objetivos determinar la huella hídrica de la cadena de valor del aguacate, evaluar su sostenibilidad y proponer recomendaciones para la reducción.

## 3. ALCANCE DEL ESTUDIO

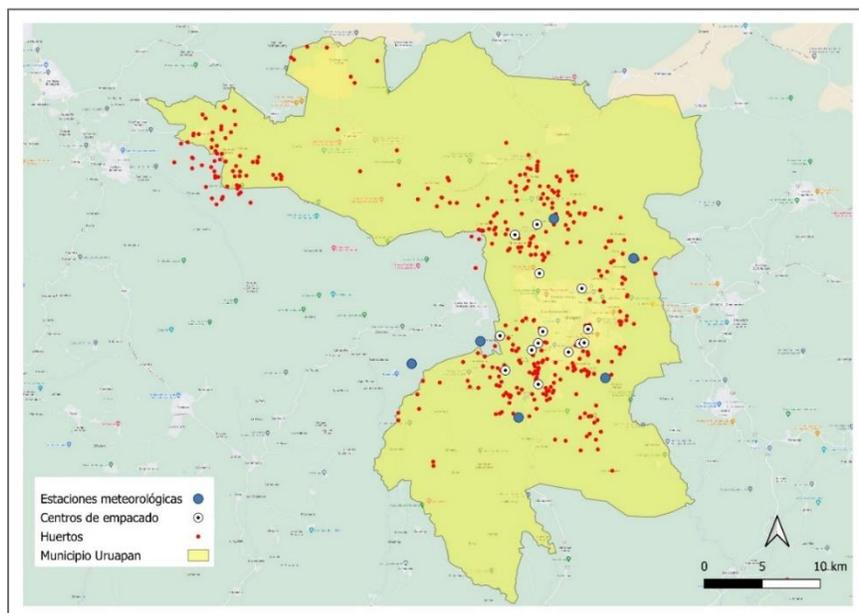
Este estudio ha determinado la huella hídrica verde, azul y gris de la cadena de valor del aguacate en sus tres etapas principales: etapa de producción, etapa de empaquetado y etapa de transporte. En la etapa de producción se ha determinado la huella verde y la azul, en la etapa de empaquetado la huella azul y la huella gris, y en la etapa de transporte la huella azul.

La zona de estudio se limita al municipio de Uruapan, más una franja de dos kilómetros alrededor de la frontera municipal (Figura 1).

El alcance del estudio es anual con referencia en el año 2022, todos los datos recopilados para determinar la huella hídrica son de ese año.

El estudio ha analizado los consumos de agua de 351 unidades de producción y 14 unidades de empaque de aguacate, que representan con un 95% de nivel de confianza al conjunto total

de unidades en el municipio. Las unidades de producción estudiadas suman 2,400 hectáreas de cultivo, con una producción anual de 27,758 toneladas. En las catorce unidades de empaque analizadas se procesaron 369,779 toneladas, de las que el 80.4% se exportaron y 19.6 % fueron al mercado nacional. A continuación se muestra el mapa de ubicación (**Figura 1**) de las unidades de producción, unidades de empaque y estaciones meteorológicas analizadas.



*Figura 1. Mapa de ubicación de las unidades de producción y empaque analizadas*

## 4. METODOLOGÍA

La metodología seleccionada para el cálculo de la huella hídrica es la propuesta por Water Footprint Network (**M. Mekonnen & Hoekstra, 2011**). Esta metodología permite conocer el consumo unitario de agua por tonelada como sumatorio de todos los procesos a lo largo de la cadena de valor del aguacate. El estudio se ha realizado en cuatro etapas, que incluyen la determinación de objetivos y alcances, la determinación de consumos y huella hídrica, la evaluación de la sostenibilidad y la propuesta de recomendaciones.

En este método la huella hídrica de un producto genérico  $p$  (volumen/masa) se determina como la suma de las huellas hídricas de todos los procesos relevantes de su cadena de valor, dividida por la cantidad de producción  $P$ .

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

La huella hídrica azul se ha determinado por separado para los procesos de producción, empaque y transporte. La huella azul de producción ha considerado cuatro tipos de consumos de agua: por riego, por aplicación de productos de control de plagas, por uso interno de personas que trabajan o residen en la huerta y por evaporación de estanques almacén de agua de lluvia, también llamados ollas. Los consumos de producción y empaque se recopilaron a partir de cuestionarios respondidos durante visitas in situ a las unidades de producción y empaque. Las unidades de empaque presentaron evidencia documental adicional de consumo de agua en forma de facturas o bitácoras de consumo.

La huella azul de empaque ha incluido los consumos directos en la unidad de empaque (agua embotellada para beber, refrigeración, limpieza de pisos, lavado de manos, uso de sanitarios, agua de pozo y lavandería) así como los indirectos por el uso de productos (embalajes de cartón, cajas de plástico y tarimas de madera) cuya fabricación genera consumo de agua.

La huella azul de transporte se ha determinado a partir de distancias promedio de dos tramos, calculados a partir de las coordenadas geográficas de los puntos de origen y destino del producto. El primer tramo va desde el huerto a la unidad de empaque (0.1 m<sup>3</sup>/t) y el segundo desde la unidad a la frontera (0.317m<sup>3</sup>/t) para el aguacate exportado, o al punto de distribución (0.196 m<sup>3</sup>/t) para el aguacate de consumo en México. El transporte ha considerado consumos indirectos de agua por uso de combustible, aceites, llantas y por lavado de vehículos, con parámetros de consumo por kilómetro obtenidos de la bibliografía disponible (**Carmona et al., 2017; Llantas y equipos del noreste, 2024; Monney et al., 2020; Osorno & Salido, 2002; World Business Council for Sustainable Development & Tire Industry Project, 2019**).

La huella hídrica verde de producción ha medido el consumo de agua incorporada por la planta o evaporada a través de sus estomas al ambiente. Para determinar la huella verde durante la producción se ha utilizado el software CROPWAT 8.0, utilizando los parámetros meteorológicos de la zona de estudio, los parámetros de caracterización de los suelos principales de la zona (andosoles, litoles y cambisoles) y los parámetros del árbol del aguacate. Los datos climáticos fueron recopilados diariamente durante el periodo 2019-2022

a partir de estaciones meteorológicas operadas por la Asociación de Productores y Empacadores Exportadores de Aguacate de México, A.C. (APEAM AC) en la zona de estudio y en zonas próximas. Los parámetros de la caracterización de los suelos y del árbol del aguacate se recopilaron de bibliografía académica (**FAO of the United Nations, 1979; Gómez-Tagle et al., 2022; Gregory C. Obiechefu et al., 2020; Osuna Ceja et al., 1998**).

La huella gris de empaqueo se ha analizado en cada unidad de empaque para 24 parámetros de contaminación, incluidos todos en la Norma Oficial Mexicana de límites de descarga de aguas residuales NOM-001-SEMARNAT-2021 (**DOF- Diario Oficial de la Federación, 2021**). Se ha seleccionado en cada unidad el valor de huella gris más grande de entre todos los contaminantes.

## 5. RESULTADOS

La huella hídrica total para este estudio de la cadena de valor del aguacate ha resultado ser de 660.30 m<sup>3</sup>/t, considerando los procesos de Producción, Empacado y Transporte. La mayor componente de la huella hídrica se ha observado en el proceso de producción (642.89 m<sup>3</sup>/t), seguido muy por debajo por el proceso de empaqueo (16.80 m<sup>3</sup>/t) y por último el de transporte, (0.61 m<sup>3</sup>/t). A continuación se muestran los resultados (**Tabla 1**) de la huella hídrica y los porcentajes de cada proceso sobre la huella total (**Figura 2**), donde destaca con 97.36% el proceso de producción.

Etapa	Tipo Huella	Huella (m <sup>3</sup> /t)	Huella (m <sup>3</sup> /t)
Unidad de producción	Verde	582.47	642.89
	Azul	60.42	
	Gris	--	
Transporte de unidad de producción a unidad de empaque	Verde	--	0.10
	Azul	0.10	
	Gris	--	
Unidad de empaque	Verde	--	16.80
	Azul	14.95	
	Gris	1.85	
Transporte de la unidad de empaque al punto distribución	Verde	--	0.51
	Azul	0.51	
	Gris	--	
<b>Huella Hídrica Total</b>			<b>660.30</b>

Tabla1. Huella Hídrica total para la cadena de valor del aguacate.

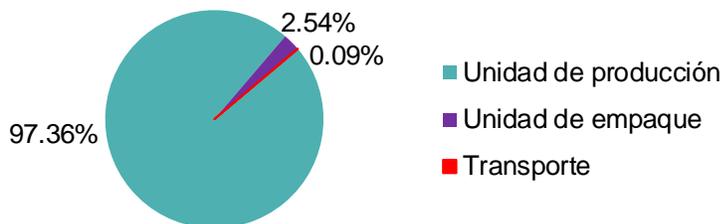


Figura 2. Porcentajes de cada proceso analizado que componen la huella hídrica total.

La huella verde de producción resultó ser el componente principal de este proceso (582.47 m<sup>3</sup>/t), con el consumo de agua evapotranspirada o incorporada por los árboles para crecer y producir la fruta. La huella azul de producción resultó ser de 60.42 m<sup>3</sup>/t, incorporando los cuatro tipos de consumo de agua analizados (Tabla 2). En la Figura 3 se muestran los porcentajes de cada tipo de consumo de agua sobre la huella azul de producción, donde destaca el riego (85.9%), seguido de la evaporación (8.4%) y muy por debajo la fumigación y el consumo doméstico in situ (2.8%).

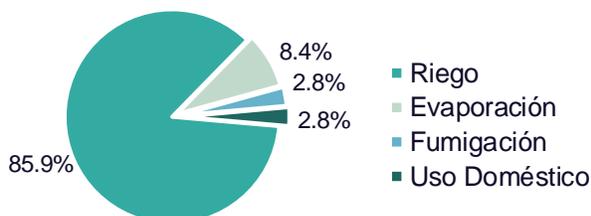


Figura 3. Porcentajes de la huella hídrica azul.

Tipo consumo agua azul proceso producción	Huella azul (m <sup>3</sup> /t)
Riego	51.92
Evaporación	5.08
Fumigación	1.71
Uso Doméstico	1.70

Tabla 2. Componentes de la huella hídrica azul.

El proceso de empaquetado registró una huella azul promedio de 14.95 m<sup>3</sup>/t, con el consumo indirecto de agua por uso de embalajes de cartón no reciclable como componente principal de la huella (94%) (Figura 4), seguido del de uso de embalajes de plástico (4%) y del resto de consumos del proceso (2%), incluidos los consumos directos de agua en la unidad de empaque.



Figura 4. Huella Hídrica Azul por tipo de consumo en el proceso de empacado.

La huella gris de empacado se analizó para 24 parámetros de contaminación, incluidos en la Norma Oficial Mexicana de límites de descarga de aguas residuales NOM-001-SEMARNAT-2021 (**DOF- Diario Oficial de la Federación, 2021**), con un resultado promedio de 1.85 m<sup>3</sup>/t. Todos los valores de la huella gris de las unidades analizadas se registraron dentro de un rango aproximado de 0 a 2 m<sup>3</sup>/t, para el contaminante que resultó con mayor huella gris en cada unidad.

Durante el transporte del aguacate la huella azul generada resultó ser de 0.614 m<sup>3</sup>/t, considerando consumos indirectos por uso de combustible, aceites, llantas y por lavado de vehículos. La distancia promedio de transporte se dividió en dos tramos: desde el huerto a la unidad de empaque (0.100 m<sup>3</sup>/t) y desde la unidad a la frontera (0.317 m<sup>3</sup>/t) para el aguacate exportado a Estados Unidos, o al punto de distribución (0.196 m<sup>3</sup>/t) para el aguacate consumido en México.

Se realizó un análisis comparativo de otros estudios de huella hídrica de producción de aguacate, y se ofrece más detalle en la versión completa del estudio. En la comparación se observó que la huella verde y azul de este análisis en Uruapan es significativamente menor (44%) que la del promedio mundial de producción de aguacate (**Sommaruga & Eldridge, 2021**). Esta es hasta un 86% menor comparada con regiones productoras con condiciones climatológicas no favorables y menor calidad de suelo para el cultivo como en Beja, Portugal, pero mayor que en algunas zonas tropicales muy húmedas como Santa Lucía o Granada (**Sommaruga & Eldridge, 2021**), donde el riego no es necesario en absoluto. La huella hídrica de producción en este estudio ha resultado ser también menor que la observada en al menos otro estudio realizado en el estado de Michoacán (**Fuerte Velázquez, 2022**).

## 6. EVALUACIÓN SOSTENIBILIDAD

La sostenibilidad de la huella hídrica se ha evaluado con el criterio del factor de estrés hídrico definido por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (**FAO & Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2019**), presentado como el consumo de agua total de una región dividido por el total de agua disponible anual, menos el caudal ecológico necesario para evitar impactos ambientales en la zona. De acuerdo con esta definición, el criterio de sostenibilidad la producción de aguacate en el municipio consume un 42.4 % del total de recursos hídricos disponible en la zona. Este es un valor superior al límite (17 puntos porcentuales superior) a partir del cual se considera una zona con estrés hídrico significativo (factor de estrés hídrico > 25%) (**FAO & Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2019**).

Se ha observado un considerable nivel de estrés hídrico en la zona de estudio debido en parte a la nula disponibilidad de las cuencas hidrológicas ubicadas dentro del municipio de Uruapan (**Sistema Nacional de Información del Agua / SINA, s. f.**). Esto indica la necesidad de crear un plan de gestión hídrica para la que ayude a transitar hacia la sostenibilidad en el consumo de agua del municipio, en coordinación con las autoridades locales, estatales y el sector productivo.

## 7. RECOMENDACIONES Y ALTERNATIVAS

Para mejorar la sostenibilidad del cultivo de aguacate a partir de los hallazgos de este estudio se proponen las siguientes recomendaciones:

- Realizar un estudio más detallado para generar una estrategia integral que garantice la sostenibilidad futura de la actividad productiva, tomando en consideración no solo el manejo de los recursos hídricos, sino también el manejo de otros recursos como es el suelo, los ecosistemas forestales y los impactos socioeconómicos de la cadena productiva. Existen diferentes metodologías en la materia como puede ser la de la FAO (**FAO, 2024**) y del Colegio de Posgraduados (**Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, 2024**).
- Iniciar una estrategia de reconversión productiva gradual, de la superficie actualmente cultivada de aguacate hacia cultivos con menor huella hídrica y con requerimientos bioclimáticos acordes a las condiciones climáticas y de suelo presentes en la región.

Existen diferentes metodologías en la materia de cómo puede ejecutarse este proceso **(FAO, 2024; CIMMYT, 2024)**.

- Implementar prácticas agrícolas para incrementar rendimientos que contribuyan a la reducción de la huella hídrica, y migrar hacia agricultura de conservación para mantener la fertilidad del suelo y mejorar su infiltración. Existen diferentes metodologías de buenas prácticas agrícolas como la de la FAO **(FAO, 2024)**, o la del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura ([www.iica.int](http://www.iica.int)) y de la organización “Acción contra el Hambre ACF International **(Fundación, 2024)**.”
- Realizar un estudio detallado para evaluar el impacto de introducir el riego tecnificado.
- Realizar un balance hídrico más exhaustivo del cultivo en toda la región productora de aguacate, con el fin de evaluar con mayor precisión el impacto que esta actividad productiva ha tenido y tendrá en el comportamiento hidrológico de la región: (intercepción de la precipitación, infiltración, alteración de patrones de escurrimientos medios anuales, escurrimientos extraordinarios o avenidas, caudal ecológico, etc.); y la disponibilidad futura del recurso hídrico, superficial y subterráneo (recarga y extracciones) si continua la expansión de la superficie de cultivo.

Adicionalmente a la implementación de estas recomendaciones, se sugieren como alternativas de acción la evaluación de la implantación de sistemas agroforestales y del acceso a los mercados de carbono.

Los sistemas agroforestales o sistemas productivos biodiversos ofrecen importantes oportunidades para cambiar por completo el perfil tradicional de sistema-producto del aguacate. Estos son sistemas biodiversos en donde se combina la producción de árboles y otros cultivos de sombra, de manera simultánea y en el mismo espacio. Los cultivos de sombra cubren el terreno, contribuyendo a la retención de la humedad del suelo, la disminución de la erosión, el reciclaje de nutrientes y el incremento de materia orgánica y carbono en el suelo. En una unidad de producción de aguacate, los árboles y los cultivos asociados al sistema agroforestal podrían llegar a sustituir en parte las funciones de los árboles del bosque promoviendo la infiltración de agua al suelo y manteniendo la humedad del mismo. Con esto se estaría proporcionando además sombra, creando microclimas favorables, creando hábitat para la biodiversidad y absorbiendo una importante cantidad del CO<sub>2</sub> atmosférico que de otra manera se quedaría en el espacio incrementando el calentamiento global y el cambio climático.

En México las evidencias son mínimas, y aunque existen proyectos piloto bien documentados de sistemas agroforestales de aguacate y otros cultivos (**Montiel-Aguirre et al., 2008; Universidad Autónoma de Chapingo & CONAFOR, 2013**), predomina la práctica del monocultivo.

Las unidades de producción de aguacate podrían presentar oportunidades significativas para participar en los mercados de carbono, ya que pueden alcanzar una captura neta de hasta 9.7 toneladas de carbono por hectárea (**Kuyah et al., 2024**), buscando mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero y promover prácticas agrícolas sostenibles. Participar en programas de compensación de carbono podría permitir a las unidades de producción ser reconocidos y recompensados por su capacidad de absorción de carbono. Convendría evaluar el potencial que las unidades de producción de aguacate tienen de incursionar en los mercados nacionales e internacionales de carbono, y de conseguir opciones de compensación ambiental, al adoptar prácticas productivas sostenibles.

Por último, como sugerencias de primeros pasos a dar para implementar las recomendaciones mencionadas, se proponen las siguientes:

- Capacitar a productores y propietarios sobre los beneficios de las alternativas propuestas.
- Investigar casos de éxito en contextos similares.
- Implementar proyectos piloto a pequeña escala.
- Crear red de vinculación con instituciones públicas y privadas para buscar una respuesta coordinada a la situación y para conocer procedimientos y requisitos para la certificación de productos agrícolas sostenibles/orgánicos (**Santiago Gowland & Adriana Cortes, 2024**).

## 8. CONCLUSIONES

- La actividad productiva del cultivo del aguacate ha tenido un impacto importante en los recursos hídricos. Sin embargo, ha traído beneficios económicos y sociales muy importantes en la región.
- El cultivo del aguacate en la región de Uruapan se ha convertido en un alto porcentaje en un monocultivo cuya expansión tiene que frenarse y la superficie de cultivo tiene que contraerse para reducir el impacto a los recursos hídricos.

- Para mantener la actividad productiva y no afectar el beneficio social y económico de la población, y alcanzar la sostenibilidad, se requiere primeramente incrementar la productividad del cultivo y reducir su huella hídrica.
- La huella azul de la producción de aguacate representa solo el 9.1% de la huella hídrica total. Dicha huella se puede reducir tecnificando el riego e incrementando la productividad del cultivo bajo condiciones de riego; sin embargo, el impacto de realizar estas acciones puede ser no significativo en el contexto global, porque la mayoría de las plantaciones son de temporal. Entonces, el esfuerzo debe enfocarse en mejorar la productividad de estas áreas y así reducir la huella hídrica. Ahora bien, incrementar la productividad de las áreas de temporal implicará, además de buenas prácticas agrícolas, introducir el riego tecnificado.
- La huella hídrica asociada al transporte del fruto a los centros de distribución tanto internacionales como nacionales no es significativo por lo que su impacto en los recursos hídricos de la región es mínimo; además el consumo de agua en sus insumos se realiza en otras áreas geográficas.

## 9. GLOSARIO

**Huella Hídrica Azul:** Volumen de agua dulce superficial y subterránea que se utiliza en la producción de un bien o servicio. Incluye el agua de ríos, lagos y acuíferos.

**Huella Hídrica Verde:** Volumen de agua de lluvia que se utiliza en la producción de un bien o servicio y que no se transforma en escorrentía.

**Huella Hídrica Gris:** Volumen de agua dulce necesario para diluir los contaminantes que se generan durante la producción de un bien o servicio. Se calcula dividiendo la carga contaminante entre la diferencia de la concentración natural en agua del contaminante y su límite máximo permisible agua.

**Consumo directo de agua:** El consumo directo de agua se refiere al uso de agua para el consumo humano, para la agricultura, la industria, el riego y otros usos directos.

**Consumo indirecto de agua:** El consumo indirecto de agua se refiere a la cantidad de agua utilizada en la producción de bienes y servicios, como la producción de alimentos y productos manufacturados, y que no se ve directamente en el uso final del producto.

**Evapotranspiración:** La evapotranspiración es la cantidad de agua que se evapora de la superficie del suelo y las plantas, y que se pierde en la atmósfera. La evapotranspiración se considera una parte importante del ciclo del agua y de la regulación del clima.

**Unidad de Empaque:** Establecimiento de manejo post cosecha en donde se realiza el conjunto de acciones aplicadas durante el proceso de empacado de vegetales de manera inocua.

**Unidad de Producción:** Conjunto de superficie de terreno, cultivo, infraestructura, maquinaria y equipo, así como otros bienes utilizados para las actividades agropecuarias.

## 10. AUTORÍA

Este resumen ejecutivo ha sido elaborado por el Instituto Tecnológico y de estudios superiores de Monterrey como parte estudio más amplio realizado para la Asociación de Productores y Empacadores Exportadores de Aguacate de México, A.C. (APEAM AC).

Este documento ha sido elaborado por:

- Dra. Thalía Turrén Cruz  
Profesora-investigadora del centro del agua del Tecnológico de Monterrey, México.
- Dra. Fátima Jessica Milagros Borja Maldonado  
Investigadora postdoctoral del centro del agua del Tecnológico de Monterrey, México.
- Dr. Miguel Ángel López Zavala  
Profesor-investigador del centro del agua del Tecnológico de Monterrey, México.
- Dr. Mario Guadalupe Francisco Manzano Camarillo  
Profesor-investigador del centro del agua del Tecnológico de Monterrey, México.
- Dr. Raúl Yusta García  
Profesor-consultor en el Tecnológico de Monterrey, México.

Este reporte ha sido coordinado por:

- Dr. Raúl Yusta García  
Profesor-consultor en el Tecnológico de Monterrey, México.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

Banco de México. (2022). Sequía en México y su Potencial Impacto en la Actividad Económica. *Reporte Trimestral de Sequía*, 30-35.

<https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/informes-trimestrales/recuadros/%7B3A0127A1-D0C9-7D61-C9AE-E57E127FB39B%7D.pdf>

Carmona, L., Whiting, K., & Carrasco, A. (2017). The Water Footprint of Heavy Oil Extraction in Colombia: A Case Study. *Water*, 9(5), 340. <https://doi.org/10.3390/w9050340>

CIMMYT. (2024, febrero 9). CIMMYT. CIMMYT. <https://www.cimmyt.org>

Comisión Nacional del Agua, Subdirección General Técnica, & Gerencia de Aguas Subterráneas. (2020). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el Acuífero Uruapan (1614), Estado de Michoacán* (p. 29).

[https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos\\_Acuiferos\\_18/michoacan/DR\\_1614.pdf](https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/michoacan/DR_1614.pdf)

DOF- Diario Oficial de la Federación. (2021). NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021 [Gubernamental]. SEGOB.

[https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5645374&fecha=11/03/2022#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5645374&fecha=11/03/2022#gsc.tab=0)

FAO & Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2019*.

<https://www.fao.org/3/ca6030es/ca6030es.pdf>

FAO of the United Nations. (1979). *Yield Response to Water* (Vol. 33).

Fundación. (2024, febrero). *Acción contra el Hambre | ONG que lucha contra la desnutrición* [Organización]. Acción contra el Hambre.

<https://www.accioncontraelhambre.org/es>

Gobierno Federal de México & Secretaría de Economía. (2023). *Uruapan: Economía, empleo, equidad, calidad de vida, educación, salud y seguridad pública*. Data México.

<https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/uruapan>

Gómez-Tagle, A. F., Gómez-Tagle, A., Fuerte-Velázquez, D. J., Barajas-Alcalá, A. G., Quiroz-Rivera, F., Alarcón-Chaires, P. E., & Guerrero-García-Rojas, H. (2022). Blue and Green Water Footprint of Agro-Industrial Avocado Production in Central Mexico. *Sustainability*, 14(15), 9664. <https://doi.org/10.3390/su14159664>

Gregory C. Obiechefu, Kodak U. Emerson, & Precious N. Egbuikwem. (2020). Prediction of Soil Erosion of Imo State Soils by Their Infiltration Rates. *ASABE International Meeting*, 3. <https://doi.org/10.13031/aim.201900428>

Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. (2024, febrero). *Colegio de Postgraduados* [Gubernamental]. Co. <https://www.colpos.mx/cp/>

Kuyah, S., Muthuri, C., Wakaba, D., Cyamweshi, A. R., Kiprotich, P., & Mukuralinda, A. (2024). Allometric equations and carbon sequestration potential of mango (*Mangifera indica*) and avocado (*Persea americana*) in Kenya. *Trees, Forests and People*, 15, 100467. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2023.100467>

Llantas y Equipos del Noreste (2024, Febrero) <https://www.llantasyequipos.com.mx/guia-estimacion-dimensiones-peso-llantas.htm>

Mekonnen, M., & Hoekstra, A. Y. (2011). National water footprint accounts: The green, blue and grey water footprint of production and consumption. *UNESCO-IHE Institute for Water Education*, 1(50), 51.

Monney, I., Donkor, E. A., & Buamah, R. (2020). Clean vehicles, polluted waters: Empirical estimates of water consumption and pollution loads of the carwash industry. *Heliyon*, 6(5), e03952. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03952>

Montiel-Aguirre, G., Krishnamurthy, L., & Vázquez-Alarcón, A. (2008). *Opciones agroforestales para productores de aguacate*.

Osorno, J. A. A., & Salido, R. A. (2002). Estado superficial y costos de operación en carreteras. *SCT*, 202.

Osuna Ceja, Esteban S, & Padilla Ramirez, J. S. (1998). Estimación de la sorbilidad e infiltración usando datos de simulación de lluvia para tres tipos de suelos de la zona semiárida de México. *Terra Latinoamericana*, 16(4), 293-302.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57316401>

Santiago Gowland & Adriana Cortes. (2024, febrero). *Home | Rainforest Alliance | Para empresas* [Organizacional]. <https://www.rainforest-alliance.org/es/>

SIAP, & Gobierno Federal de México. (2021). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera | Gobierno | gob.mx* [Gubernamental]. <https://www.gob.mx/siap>

*Sistema Nacional de Información del Agua | SINA*. (s. f.). Recuperado 23 de marzo de 2022, de <http://sina.conagua.gob.mx/sina/index.php>

*Sistema Nacional de Información del Agua | SINA*. (s. f.). Recuperado 23 de marzo de 2022, de <http://sina.conagua.gob.mx/sina/index.php>

Universidad Autónoma de Chapingo & CONAFOR. (2013). *Sistemas Agroforestales Maderables en México*.

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/126296/Sistemas\\_agroforestales\\_maderables\\_en\\_Mexico.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/126296/Sistemas_agroforestales_maderables_en_Mexico.pdf)

World Business Council for Sustainable Development & Tire Industry Project. (2019). *Environmental Key Performance Indicators for Tire Manufacturing 2009-2019*.

[https://docs.wbcسد.org/2020/11/WBCSD\\_TIP\\_Environmental-KPIs-Report-2020.pdf](https://docs.wbcسد.org/2020/11/WBCSD_TIP_Environmental-KPIs-Report-2020.pdf)