

El costo de la intensificación sostenible en la producción de aguacate en el Estado de México, México

Horacio Reyes-Gómez¹ (<https://orcid.org/0000-0002-0877-6925>)

Enrique Genaro Martínez-González^{1*} (<https://orcid.org/0000-0001-9312-5002>)

Jorge Aguilar-Ávila¹ (<https://orcid.org/0000-0002-6129-7050>)

Norman Aguilar-Gallegos² (<https://orcid.org/0000-0002-4788-3360>)

Kenia Aurora Reyes-De Jesús¹ (<https://orcid.org/0000-0003-1696-8625>)

¹Universidad Autónoma Chapingo. Centro Académico y de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). Carretera México- Texcoco Km. 38.5, Texcoco, Edo. de México. C.P. 56230. México.

²Universidad Panamericana. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Álvaro del Portillo No. 49, Ciudad Granja, Zapopan, Jalisco. CP 45010. México.

*Autor para correspondencia: enriquemartinez@ciestaam.edu.mx

Resumen

Determinar el costo de los impactos ambientales generados por la producción de bienes representa un desafío. El objetivo de esta investigación fue estimar la viabilidad financiera y económica en dos Unidades Representativas de Producción (URP) de aguacate en el Estado de México (EM) para desarrollar escenarios de competitividad considerando el costo de la Huella Hídrica (HH) en los sistemas de producción actuales. Se recabó información de campo a través de la técnica de paneles

de productores(as), los análisis se complementaron aplicando la Matriz de Política Ampliada (MPA) donde se consideran precios de mercado y precios de eficiencia económica. Se encontró que las dos URP estudiadas mostraron viabilidad financiera y económica al considerar precios de mercado, pero cuando internalizan el costo de la HH dejan de obtener beneficios extraordinarios y pierden sus ventajas comparativas. La adopción y difusión de tecnologías innovadoras ya disponibles permiten una gestión más eficiente del agua para disminuir el volumen y costo de la HH, pero los precios pagados al productor son insuficientes para garantizar su competitividad en el mercado.

Palabras clave: Agua para uso agrícola, competitividad del sector agroalimentario, huella hídrica, innovación tecnológica, sostenibilidad agrícola.

Recibido: 5 junio, 2025

Aceptado: 13 agosto, 2026

Introducción

El aguacate (*Persea americana* Mill.) ha llegado a considerarse como un “superalimento” a nivel mundial (Blaauw et al., 2024) por ser una fuente rica en nutrientes, grasas monoinsaturadas, fibra dietética y fitoquímicos (Probst et al., 2024). La percepción generalizada es que mejora la salud y el bienestar (Gandhi et al., 2023), por lo que su consumo se asocia con la reducción de riesgos de síndrome metabólico y diabetes (Cheng et al., 2024).

En el 2023, la demanda de aguacate se concentró en 48 naciones. Estados Unidos de América lideró las importaciones con más del 41.4 % del total mundial, seguido por los Países Bajos con el 10.0

%, Francia con 7.3 % y 11 países más participaron con importaciones iguales o superiores al 1 % del comercio global (Agronometrics-USDA, 2024; Harvard-University, 2024).

Para satisfacer la demanda mundial, el aguacate se debe exportar desde las principales naciones productoras. De acuerdo con datos de la Base de datos estadísticos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAOSTAT), en 2021 se produjeron en el mundo más de 8.8 millones de toneladas de aguacate en 70 países (FAO, 2024). Para el 2023, la Unidad de Inteligencia Económica Global (UIEG) de la Secretaría de Economía a través de su plataforma oficial EXPORTAMX, reportó que México se consolidó como el principal exportador a nivel mundial, con una participación del 47 %. En segundo lugar, con un 14 % los Países Bajos y Perú, mientras que España y Chile con un 6 % fueron el tercer lugar.

México ha sido el líder mundial indiscutible en la producción y comercialización de aguacate por más de 60 años (Díaz-Castellanos, 2021). Actualmente, este país cuenta con más de 264,598 ha cultivadas y una producción superior a 2.9 millones de toneladas en 28 entidades federativas. Destacan en volumen de producción, Michoacán, Jalisco y el Estado de México (EM) con participaciones del 74 %, 12 % y 4 %, respectivamente (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2024). Las ventajas competitivas y comparativas han sido la justificación para promover el comercio internacional de aguacate en fresco desde que México firmó el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) en 1994, actualmente el Tratado entre México, Estados Unidos de América y Canadá (T-MEC) (Criz-López et al., 2022).

En los diferentes mercados mundiales en los que México ha mantenido el liderazgo, poco o nada se habla sobre los costos ocultos que representa su aparente competitividad internacional (Ortiz-Paniagua & Ruiz-Sevilla, 2024). Entre estos costos, destacan los impactos ambientales y el uso de recursos naturales, especialmente el agua, cuya disponibilidad es cada vez más limitada en las principales zonas productoras (Caro et al., 2021; Fuerte-Velázquez & Gómez-Tagle, 2024). Asignarle un valor económico al uso de los recursos naturales para producir bienes como el aguacate y a los impactos que derivan de esta actividad representa un desafío. Sin embargo, integrar estas externalidades a las investigaciones bajo el concepto de Huella Hídrica (HH) es un buen comienzo.

Introducido en 2002, el concepto de HH es un indicador del impacto ambiental (social y ecológico) asociado a la producción de bienes y sirve para promover la producción sostenible (Ortiz-Paniagua & Ruiz-Sevilla, 2024). Para fines de esta investigación, la HH se define como la cantidad de agua dulce utilizada para producir un producto, medida a lo largo de toda la cadena de suministro (Hoekstra et al., 2011). La HH incluye: i) el agua de lluvia absorbida por el suelo y la vegetación para generar biomasa (HH verde); ii) el agua superficial o subterránea extraída para producir bienes (HH azul); y iii) el agua dulce requerida para asimilar la carga de contaminantes de acuerdo con los estándares de calidad ambiental (HH gris) (Fuerte-Velázquez & Gómez-Tagle, 2024; Gómez-Tagle et al., 2022).

La estimación y costo de la HH es una herramienta para optimizar el uso del agua en la producción a través de la adopción de tecnologías más eficientes (Cruz-Pérez et al., 2023), con estas acciones se apoya el cumplimiento de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) en los que México está comprometido (ONU, 2024). Además, se provee evidencia para orientar la toma de decisiones informadas a empresarios, académicos, responsables de políticas públicas y a la sociedad civil.

Por lo expuesto, esta investigación persigue dos objetivos fundamentales: i) estimar la viabilidad financiera y económica en Unidades Representativas de Producción (URP) de aguacate en el EM; y ii) desarrollar escenarios de competitividad considerando el costo del impacto ambiental, si las URP internalizaran el costo de la HH en los sistemas de producción actuales. La hipótesis de trabajo indica que las URP modeladas en el EM, mantienen su viabilidad financiera y económica, incluso si internalizan el costo de los impactos ambientales de la HH.

Enfoque metodológico

De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], (2024), el EM ocupa el tercer lugar en la producción de aguacate en México. Por lo anterior, el estudio se realizó en los municipios de Donato Guerra y Villa de Allende, ubicados en el EM. Los municipios forman parte del “cinturón aguacatero” en esta entidad federativa (Esparza-Jiménez et al., 2024). En esta región, la presencia de climas adecuados y la disposición de recursos naturales como el agua permiten el desarrollo de la actividad aguacatera (Servicio Meteorológico Nacional [SMN] & Comisión Nacional del Agua [CONAGUA], 2024).

Se recabó información sobre costos de producción anuales durante los meses de junio y julio de 2020, para estimar la viabilidad financiera y económica de dos URP de aguacate en el EM. A partir de estos datos se estimaron la competitividad, eficiencia, ventajas comparativas y se crearon escenarios de competitividad a precios de mercado y precios económicos.

Para estimar la viabilidad financiera y económica de las URP, se utilizó la técnica de paneles de productores(as) descrita por Sagarnaga-Villegas et al. (2018). Los paneles son una adaptación de la técnica Delphi, un método de investigación prospectivo utilizado para construir URP de una escala y un sistema de producción específico de una región. Los paneles se integran por productores expertos con características similares (escala y parámetros técnicos), quienes, a través de la discusión y el consenso, proveen y validan información relacionada con el manejo técnico, costos de producción e ingresos en las URP.

La técnica de paneles de productores ha sido utilizada en diversos ámbitos relacionados con el sistema alimentario. En el sector camaronero, para identificar la adopción de prácticas de intensificación sostenible que influyen en la mejora económica-financiera de las URP (Maldonado-Hernández et al., 2023). En la producción de miel, para orientar la toma de decisiones empresariales y aumentar la rentabilidad (Ramírez Mijangos et al., 2023). En la producción y comercialización de jamaica, para identificar ventajas competitivas orientadas a mantener la viabilidad financiera y económica de cooperativas de productores (Esquivel-Marín et al., 2022).

En relación con lo descrito, se realizaron dos paneles de productores(as) en cada municipio elegido, con dos fechas de reunión en cada caso; las personas participaron de manera voluntaria con previo conocimiento informado y se respetó el anonimato antes, durante y después de procesar la información de campo. En la primera reunión se construyeron y modelaron las URP típicas de la

región, a través del consenso, mientras que en la segunda fecha se validó la información y los indicadores obtenidos, asegurando que éstos reflejaran la realidad en la que se desarrolla la actividad.

Para estimar la competitividad, eficiencia y ventaja comparativa en las URP, se utilizó la Matriz de Política Ampliada (MPA), de acuerdo con los aportes desarrollados por Monke & Pearson (1989). En esta fase del análisis, se reorganizó la información obtenida de los paneles para calcular la rentabilidad de la actividad a través de la clasificación en costos de insumos comerciales y no comerciales, factores de la producción e ingresos. Este enfoque permitió complementar y fortalecer los indicadores obtenidos en las URP modeladas. En el Cuadro 1 se muestra un resumen de la MPA.

Cuadro 1. Matriz de Política Ampliada (MPA).

Indicador	Ingresos	Insumos Comerciables	Factores de producción	Rentabilidad
Precios privados:	A	B	C	D
Precios sociales:	E	F	G	H
Divergencias:	I	J	K	L
Rentabilidad privada:				$D = A - B - C$
Rentabilidad social:				$H = E - F - G$
Transferencias a través del producto:				$I = A - E$
Transferencias a través de insumos:				$J = B - F$
Transferencias a través de factores de producción:				$K = C - G$
Transferencias netas:				$L = I - J - K$

A: Ingresos estimados a Precios privados, **B:** Costo de los Insumos Comerciables a Precios privados, **C:** Costo de los Factores de producción a Precios privados, **D:** Rentabilidad Privada, **E:** Ingresos estimados a Precios sociales, **F:** Costo de los Insumos Comerciables a Precios sociales, **G:** Costo de los Factores de producción a Precios sociales; **H:** Rentabilidad Social, **I:** Transferencias a través del producto, **J:** Transferencias a través de insumos, **K:** Transferencias a través de factores de producción; **L:** Transferencias netas.

Fuente: Monke & Pearson (1989).

Para aplicar la MPA, la información de los paneles de productores(as) se complementó con datos de precios de venta internacionales sugeridos para el aguacate en huerto, que está disponible en la página de CONAPA & CONASIPRO (2024). Las barreras legales y fitosanitarias condicionan el acceso a los mercados internacionales (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social-Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [CONEVAL-SADER], 2021; Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria [SENASICA-SADER] & United States Department of Agriculture-Animal and Plant Health Inspection Service-Plant Protection and Quarantine [USDA-APHIS-PPQ], 2020), por lo que el análisis es específico del mercado destino (**Cuadro 5**).

Finalmente, se construyeron dos escenarios de competitividad: i) el primero sin considerar la internalización del costo del impacto ambiental en las URP modeladas y, ii) un escenario hipotético considerando el costo del impacto ambiental, si las URP internalizaran el costo de la HH. Los coeficientes técnicos relacionados con la HH del cultivo de aguacate se tomaron de los estudios realizados por Fuerte-Velázquez & Gómez-Tagle (2024) y Ortiz-Paniagua & Ruiz-Sevilla (2024).

Para analizar los escenarios con la MPA, se consideraron precios de mercado y precios de eficiencia económica; es decir, los precios de los bienes comerciales se ajustaron a sus equivalentes internacionales (este elemento no se considera en la metodología de paneles); mientras que los costos de oportunidad de los factores de producción se mantuvieron constantes. Se asumieron dos variaciones importantes: la primera se relaciona con el volumen y costo de la HH de acuerdo con el régimen de producción; y la segunda, asume que, aun internalizando los costos de la HH en las URP, los rendimientos (toneladas / hectárea / ciclo) se mantienen sin cambios.

Contar con diferentes fuentes de información permitió utilizar diferentes herramientas analíticas y enfoques metodológicos complementarios, para lograr estimar en primer lugar, la viabilidad financiera y económica de las URP y, en segundo lugar, construir los escenarios de competitividad de ambas URP considerando los impactos ambientales medidos por el costo de la HH (**Cuadro 2**).

Cuadro 2. Origen de la información y herramienta analítica utilizada.

Fuente	Información / Variables	Metodología aplicada o herramienta analítica
Productores(as) de aguacate ubicados en los municipios de Donato Guerra y Villa de Allende	Construcción de URP	
	Parámetros técnicos	
	Precios de insumos y productos	
	Costos de operación	
	Costos generales	
	Costos desembolsados y no desembolsados	Fórmulas, procesos y estimaciones descritas en la técnica de paneles de productores(as)
	Ingresos totales	
	Ingresos netos	(Sagarnaga-Villegas et al., 2018)
	Flujo de efectivo	
	Costos financieros	
	Costos económicos	
	Precios de equilibrio	
	Precios objetivo	

	Construcción de escenarios	
	Costos de insumos comerciables	
	Costo de los factores de producción	Matriz de Política Ampliada (MAP) para analizar fallas de mercado ambientales
Monke & Pearson (1989)	Ingresos	
	Rentabilidad privada	
	Rentabilidad social	
	Competitividad	
	Ventaja comparativa	
	Precios de venta sugeridos para los mercados nacionales e internacionales	Precios de venta de aguacate en fresco para estimar competitividad
CONAPA & CONASIPRO (2024).	Calibres comerciales por mercado destino	
	Estimaciones de la HH para producir una tonelada de aguacate en:	Coeficientes para estimar el costo de la HH en la producción por hectárea de aguacate
Fuerte-Velázquez & Gómez-Tagle (2024) y Ortiz-Paniagua & Ruiz- Sevilla (2024).	Temporal	
	Riego	
	Promedio nacional de la HH	

Fuente: elaboración propia con información de campo (2020) y complementado con las fuentes citadas dentro del cuadro.

Resultados y discusión

Para desarrollar esta sección, primero se describen las características de las URP modeladas, de acuerdo con los elementos mencionados en el Cuadro 2. Posteriormente se muestra el análisis financiero y económico, y finalmente se incluyen los resultados de la MPA.

Caracterización de las URP

Se contó con la participación de ocho productores(as) expertos(as) en la producción de aguacate (panelistas) ubicados en los municipios de interés, quienes, con base en su experiencia, consensuaron la información requerida para construir y modelar dos URP: EMAG02-1 y EMAG02-2. La nomenclatura utilizada para las URP es la siguiente: las primeras dos siglas hacen referencia a la entidad federativa (EM=Estado de México), las dos siguientes a la especie producida (AG=Aguacate), las dos cifras antes del guion representan el tamaño de las URP (02 hectáreas) y el número consecutivo identifica cada URP modelada (Cuadro 3).

Cuadro 3. Características de las URP modeladas.

Característica	URP
----------------	-----

EMAG02-1

EMAG02-2

Número de panelistas	5	3
Educación de los panelistas	Licenciatura (2)	Licenciatura (1)
	Primaria (3)	Primaria (2)
Experiencia en la actividad (años)	8-29	9-13
Tecnología de producción	Tradicional (baja)	Transición (media – alta)
Régimen de producción	Temporal	Riego
Variedad / cultivar producido	Hass	Hass y Méndez
Diseño de plantación	Tres bolillo	Marco real
Distancia entre plantas (metros)	6 X 7	6 X 8
Número de árboles por hectárea	250	180
Número de cortes al año	3	2
Meses de corte	Junio, octubre y diciembre	Julio y diciembre
Producción (kg / planta / año)	48	133
Rendimiento (t/ha)	12	24
Edad del huerto modelado (años)	7	8
Huella hídrica (m ³ / tonelada)	839.03*	1,012.00**

* Coeficiente tomado de Fuerte-Velázquez y Gómez-Tagle (2024).

** Coeficiente tomado de Ortiz-Paniagua y Ruiz-Sevilla (2024).

Fuente: Elaboración propia con información de paneles de productores(as) (2020) y complementada con información bibliográfica.

De acuerdo con el **Cuadro 3**, la tecnología y el régimen de producción condicionan el rendimiento en las URP. Para el caso específico del aguacate, el diseño de plantación y la distancia entre plantas, son elementos que influyen en la densidad de árboles por hectárea, afectando en el uso eficiente del suelo. Un huerto bien manejado, debe evitar la competencia de los árboles por luz y nutrientes, lo que permite optimizar su crecimiento y producción. Por lo que, un mayor número de plantas por hectárea no siempre implica directamente mayores rendimientos.

Respecto a la tecnología de producción, Lilli et al. (2024) encontraron que la aplicación de enmiendas orgánicas mejora la estructura y fertilidad del suelo y reduce significativamente las necesidades de agua en árboles de aguacate. Esto es efectivo cuando se combinan con sistemas de riego más eficientes como el de goteo y microaspersión (Arslan & Kartal, 2023). La adopción de estas tecnologías ha permitido rendimientos superiores a $45 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ en variedades como el Hass (Quispe-Rodríguez et al., 2024). Por lo descrito, seleccionar la variedad más “adecuada”, es relevante familiarizarse con su fenología y los ciclos de cultivo, debido a su influencia en la floración, el número posible de cortes, frecuencia de cosechas y finalmente en el rendimiento total (Ahsan et al., 2023).

La adopción de las tecnologías descritas en las URP modeladas implican opciones de acceso a financiamiento oportuno para sostener las inversiones durante los primeros años de desarrollo del huerto (Anacona-Mopan et al., 2023). Sin embargo, la información recabada en los paneles indicó la dificultad que enfrentan los productores(as) para acceder al crédito de capital de trabajo y para realizar inversiones fijas de largo plazo; las causas pueden variar, pero una generalidad es la ausencia de garantías, lo que dificulta la implementación de tecnologías que podrían mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la producción.

Lo expuesto fortalece las recomendaciones planteadas por Díaz-Castellanos (2021), quien destaca que, para planear mejoras en el futuro del sector aguacatero es necesario contar con fuentes de financiamiento, y como lo identificaron Maldonado-Hernández et al. (2023), la necesidad de una mayor difusión y adopción de tecnologías más eficientes en todos los procesos al interior de las URP.

En resumen, las condiciones climáticas de la región donde se desarrolla el huerto establecen las fechas de corte, aunque estas pueden cambiar de acuerdo con las variedades producidas. Factores como el clima, las variedades, la disponibilidad de agua, la calidad del suelo, la edad del huerto y el manejo nutricional en conjunto, influyen directamente en el número de floraciones, en la periodicidad y número de cortes, por lo que, mejorar la eficiencia productiva es uno de los principales retos del sector aguacatero en el EM. La optimización de estos factores impactará en los rendimientos, contribuirá a la sostenibilidad y competitividad de la producción en el mediano y largo plazo.

Mejorar la eficiencia productiva es necesario para contribuir con el cumplimiento de las metas de los ODS a los que México se comprometió, en especial con la meta tres del objetivo dos (ONU, 2024), donde se reconoce que el sector aguacatero a través del aumento de la productividad ha mejorado los ingresos de productores(as) de pequeña escala, contribuyendo de esta manera a la seguridad alimentaria regional. Sin embargo, este crecimiento también ha impactado en el uso y disponibilidad de recursos naturales como el agua (Alexander & Pinza, 2024). Por ello, es necesario equilibrar la productividad con estrategias de gestión sostenible que permitan mitigar los efectos ambientales y garantizar la viabilidad del sector a largo plazo.

Estimación de costos

En el **Cuadro 4** se muestra la estimación de costos, estos se agruparon en los principales conceptos por cada una de las URP modeladas. A partir de esta información, se calculó la viabilidad financiera y económica, así como los precios objetivo-unitarios. Los resultados se integraron de acuerdo con los dos escenarios descritos en el enfoque metodológico e incluyeron los parámetros previamente establecidos en el **Cuadro 2**.

Cuadro 4. Estimación de la viabilidad financiera y económica (pesos mexicanos [MXN] / hectárea / año) por cada URP modelada.

Concepto	EMAG02-1		EMAG02-2	
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 1	Escenario 2
Costos de operación				
Limpieza general del huerto	1,890.00	1,890.00	2,382.00	2,382.00
Formación de cajetes	4,560.00	4,560.00	1,400.00	1,400.00
Podas	4,060.00	4,060.00	2,650.00	2,650.00
Control de plagas y enfermedades	31,620.00	31,620.00	48,770.00	48,770.00
Fertilización	9,470.00	9,470.00	14,500.00	14,500.00
Aplicaciones de estiércol / materia orgánica	14,400.00	14,400.00	27,800.00	27,800.00
Riegos	3,300.00	1,211,503.20 ¹	1,600.00	1,458,880.00 ¹
Replante	510.00	510.00	850.00	850.00
Imprevistos ²	3,490.00	63,900.66	4,995.10	77,859.10
Total Costos variables	73,300.50	1,341,913.86	104,897.10	1,635,041.10
Costos generales				
Depreciaciones de construcciones, maquinaria y equipo	22,458.33	22,458.33	14,174.00	14,174.00
Depreciación del huerto	4,300.00	42,359.32	3,770.25	43,116.81
Gastos de mantenimiento	7,000.00	7,000.00	7,000.00	7,000.00
Mano de obra contratada (certificador)	-	-	13,000.00	13,000.00
Mano de obra indirecta	15,00.00	15,00.00	3,852.00	3,852.00
Total Costos Generales	48,759.25	86,817.65	41,796.25	81,142.81
Costos de oportunidad				

De la tierra	8,000.00	8,000.00	12,000.00	12,000.00
Del capital invertido en mejoras extraordinarias	-	-	1,698.11	1,698.11
Del capital invertido en huerto	35,831.80	210,756.83	36,878.40	247,865.05
Del capital de trabajo propio	8,464.13	154,953.07	12,112.65	188,800.97
De la mano de obra del productor / familiar	5,700.00	5,700.00	-	-
De la gestión empresarial	86,400.00	86,400.00	120,000.00	120,000.00
Total costos de oportunidad	144,395.93	465,809.90	182,689.16	570,364.13
Costos Totales Finales	266,455.68	1,894,541.41	329,382.51	2,286,548.04
Precios objetivo unitarios (MXN / Kg)				
Precio de punto de cierre	6.11	111.83	4.37	68.13
Precio para cubrir costos totales desembolsados	7.94	113.66	5.36	69.12
Precio para cubrir costos totales desembolsados más depreciaciones	10.17	119.06	6.11	71.51
Precio para cubrir costos totales desembolsados más depreciaciones y pagar abono a principal	10.17 ³	119.06 ³	6.11 ³	71.51 ³
Precio para cubrir costos económicos totales	22.20	157.88	13.72	92.27
Precio para cubrir el riesgo asumido por operar la empresa productora de aguacate	>=23.83⁴	>=157.88⁴	>=23.50⁴	>=92.27⁴

¹Para su estimación se utilizaron los coeficientes de la HH citados en el Cuadro 3, convertido en su equivalente en litros por el total de toneladas producidas por hectárea, posteriormente este volumen se dividió entre 10,000 litros (volumen de un contenedor de agua móvil en la región), y el resultado se multiplicó por \$1,200.00 MXN (costo de un viaje en la zona).

²Representa el 5 % de los costos variables, por ejemplo, para reponer árboles dañados o enfermos, se necesita mano de obra, fertilizantes, insumos y manejo agronómico adicional a los costos estimados.

³Todas las estimaciones se hicieron sin considerar costos de financiamiento de avío ni refaccionarios.

⁴Estas estimaciones consideran la venta del producto en huerto.

Fuente: elaboración propia a partir de información de paneles de productores(as) (2020).

PUBLICACIÓN
EN AVANZADA

235 De acuerdo con la clasificación de costos del Cuadro 4, en el Escenario 1, el control de plagas y
236 enfermedades, junto con las aplicaciones de estiércol, representan el 63 % del total de costos
237 variables para EMAG02-1; mientras que estos mismos conceptos aumentan a 73 % en EMAG02-
238 2. En este escenario el costo del riego representa apenas el 5 % y 2 %, respectivamente.

239 El alto costo que representa el manejo fitosanitario y las aplicaciones de materia orgánica en las
240 URP se debe a que en promedio se superan las 12 aplicaciones anuales realizadas en los huertos de
241 aguacate de acuerdo con la información de paneles de productores(as), esta explicación se fortalece
242 con estudios como el de Esparza-Jiménez et al. (2024), quienes encontraron que, en el EM se llegan
243 a utilizar más de 32 ingredientes activos en la producción de aguacate (insecticidas, fungicidas,
244 acaricidas y herbicidas), cuya frecuencia de uso y aplicación es variable dependiendo de la variedad
245 de aguacate, del tamaño de los árboles, la edad del huerto, la altitud y el tipo de suelo.

246 Aunado a esto, si bien la aplicación de materia orgánica mejora las propiedades físicas, químicas,
247 estructurales y biológicas del suelo, aún siguen siendo inciertas las cantidades, frecuencias y
248 tiempos de respuesta (Lekberg et al., 2024). Esta falta de precisión puede hacer que los costos
249 asociados a la aplicación de materia orgánica representen una parte significativa de los costos
250 variables, como se observó en las URP modeladas.

251 En cuanto a las estimaciones de precios objetivo en el Escenario 1, el precio ponderado recibido
252 en las URP, representado por el precio asumido por operar la empresa, indica que ambas URP
253 mostraron viabilidad financiera y económica, lo que garantiza su permanencia en el corto, mediano
254 y largo plazo. A partir de los indicadores del Cuadro 2 y las estimaciones del Cuadro 3, se puede
255 inferir que los precios objetivo-unitarios tienden a disminuir conforme las URP logran una mayor
256 eficiencia en el uso de los recursos técnicos, financieros y económicos disponibles. Esta
257 optimización permite reducir los costos unitarios de producción (kg) lo que a su vez aumenta la
258 posibilidad de ofrecer precios más accesibles a los consumidores finales, sin comprometer la
259 rentabilidad de los productores(as).

260 Continuando con el Cuadro 4, en el Escenario 2, cuando la URP internaliza el costo del impacto
261 ambiental por el uso de recursos naturales disponibles como el agua, el concepto de riego para
262 EMAG02-1 y EMAG02-2 representa el 89 % y 90 % de los costos variables totales,
263 respectivamente.

Respecto a la asignación de un valor económico al costo de oportunidad del agua, Alexander & Pinza (2024) plantean una serie de interrogantes sobre el futuro del sector donde sostienen que el consumo de agua será una de las limitantes en el mediano y largo plazo para lograr el desarrollo sostenible en las zonas de producción aguacatera. De la misma forma, Reyes-Gómez et al. (2024) subrayan que, para lograr el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales como el agua en las principales zonas productoras de México, aún es necesario mejorar la infraestructura de riego, asegurar que sea adecuada y suficiente para enfrentar los desafíos de disponibilidad y eficiencia en su uso.

En el Escenario 2, con el precio actual para cubrir el riesgo asumido por operar la empresa (\$23.83 y \$23.50 MXN), ninguna de las URP presentó viabilidad financiera ni económica. Para lograr la viabilidad económica, EMAG02-1 debería incrementar el precio por el riesgo asumido para operar la URP en 6.7 veces, mientras que EMAG02-2 tendría que hacerlo en 3.9 veces debido a su mayor eficiencia productiva.

Continuando con el Escenario 2, cuando se comparan los precios objetivos estimados en el Cuadro 4 con la información de precios de acceso públicos disponibles a nivel nacional (Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados [SNIIM], 2024) o con los precios sugeridos en mercados nacionales e internacionales (Agronomics-USDA, 2024; CONAPA & CONASIPRO, 2024), se observa que en algunos meses los precios pagados por el consumidor final, pueden acercarse al valor de los precios estimados en el Escenario 2. Sin embargo, los precios medios rurales y en huerto, difícilmente alcanzan esos valores. Lo anterior sugiere que la internalización del costo del impacto ambiental en la producción de aguacate podría comprometer la rentabilidad y competitividad de las URP en el contexto actual del mercado.

Los mejores precios de venta y por consiguiente las mayores utilidades, se concentran en los eslabones superiores de la cadena (Alexander & Pinza, 2024). En algunos casos, cuando las unidades de producción cuentan con la infraestructura adecuada y suficiente, buscan la integración vertical, abarcando varios o todos los eslabones de la cadena, lo que les permite lograr una mayor eficiencia económica (Reyes-Gómez et al. 2024), ya que reduce la dependencia de intermediarios, optimiza costos y mejora su posicionamiento en el mercado.

A pesar de la situación actual descrita en ambos escenarios, la demanda de trabajadores(as) para desarrollar las actividades mencionadas en el Cuadro 3 en las secciones de costos de operación, costos generales y costos de oportunidad, resaltan la contribución del sector aguacatero con la generación de empleos. Lo anterior ha beneficiado tanto a productores(as) como a jornaleros(as) y otros actores involucrados en la cadena de valor del aguacate, aportando así al cumplimiento del objetivo ocho de los ODS, el cual promueve el crecimiento económico inclusivo y sostenible, así como el empleo y trabajo decente para todos (ONU, 2024).

Como lo describen Alexander & Pinza (2024) la creación de empleos dentro del componente económico y social es una de las contribuciones más significativas del sector aguacatero a los ODS; no obstante, en muchos casos los colaboradores (as) operan en la informalidad y carecen de acceso al seguro social, considerar este tipo de costos modificaría los resultados obtenidos. A pesar de esta problemática, el impacto laboral del sector es innegable, no se pueden ocultar los más de 126 jornales por ciclo de producción necesarios para realizar los procesos necesarios de acuerdo con las estimaciones con las URP modeladas. Si esta cantidad de jornales la proyectamos a las más de 264,589 hectáreas de aguacate establecidas en 2023 en México (SIAP, 2024), queda clara la relevancia de esta actividad en las principales entidades productoras de este frutal.

Competitividad y eficiencia

En el Cuadro 5 se muestran los principales indicadores por URP y por escenario al aplicar la MPA. Estos indicadores permiten complementar a los estimados en el Cuadro 4 al analizar los sistemas de producción actuales a precios de mercado y a precios de eficiencia económica en las URP, ajustando los precios de los bienes comerciales e indirectamente comerciales a sus equivalentes internacionales.

318 **Cuadro 5.** Competitividad y eficiencia (MXN / hectárea / año) por cada URP modelada.

Concepto	EMAG02-1		EMAG02-2	
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 1	Escenario 2
Precios de mercado*				
Rentabilidad privada	172,490.25	77,321	417,376.00	375,607.19
Valor agregado	231,599.50	174,489.34	472,752.90	470,330.00
Competitividad	0.26	0.56	0.12	0.20
Precios económicos**				
Rentabilidad social	105,517.70	-1,323,020.69	319,994.39	-1,359,545.16
Valor agregado	288,799.5	231,689.34	527,952.90	518,330.00
Competitividad	0.63	6.71	0.39	3.62

319 * Para su estimación se utilizó el coeficiente de rendimiento descrito en el Cuadro 3 y el precio
320 para cubrir el riesgo asumido por operar la empresa estimado en el Cuadro 4.

321 ** Se utilizó el coeficiente de rendimiento del Cuadro 3, el precio y calibres sugeridos para Japón
322 (debido a que el EM no cuenta con autorización para exportar aguacate a Estados Unidos de
323 América) de acuerdo con la página de CONAPA & CONASIPRO (2024). La conversión de dólares
324 a pesos se realizó considerando el promedio del costo del dólar en los meses de cosecha y de
325 acuerdo con los datos disponibles en BANXICO (2024).

326 Fuente: elaboración propia con información de paneles de productores(as) (2020) y
327 complementado con información disponible en fuentes oficiales nacionales.

328
329 En el Escenario 1 del Cuadro 5, se observa que el indicador de competitividad es positivo y < 1 , lo
330 que indica que ambas URP modeladas son rentables, permite obtener ganancias extraordinarias y
331 crear riqueza (valor agregado), tanto a precios de mercado como a precios económicos. Además,
332 debido a que el valor de rentabilidad es > 1 a precios económicos, las URP presentan ventajas
333 comparativas; lo que significa que las URP pueden mantener su eficiencia económica sin subsidios
334 o intervenciones gubernamentales que podrían generar distorsiones de mercado al considerar los
335 productos equivalentes comercializados en los mercados internacionales.

Continuando con el Cuadro 5, en el Escenario 2 a precios de mercado, se observa una disminución en los beneficios extraordinarios producto de la rentabilidad privada. No obstante, ambas URP mantienen su competitividad y sus ventajas comparativas. Por el contrario, en el Escenario 2 a precios económicos, ambas URP presentan un valor positivo y > 1 , lo que implica que, al internalizar el costo de los impactos ambientales medidos por el costo de oportunidad de la HH, dejan de obtener beneficios extraordinarios y se pierden las ventajas comparativas.

En un contexto de comercio internacional, los países importadores de aguacate reducen algunos impactos ambientales locales, mientras que los países exportadores, como México, aumentan la presión sobre sus recursos naturales para satisfacer la demanda global (Borrego & Allende, 2021). Lo anterior implica cuestionamientos con relación al impacto social y ambiental causado por este frutal, pero paradójicamente aumentando el consumo hasta en 95 % en países de ingresos bajos y medios (Hejkrlik et al., 2024). Bajo esta lógica, en el largo plazo, los países exportadores pueden terminar empeorando sus condiciones ambientales debido al aumento del estrés hídrico (Caro et al., 2021).

Los estudios que incorporan el costo de oportunidad de la HH son escasos en México; sin embargo, Ortiz-Paniagua & Ruiz-Sevilla (2024) estimaron que, para Michoacán, el costo del agua puede llegar a representar hasta el 50 % de los ingresos totales en huertos bajo el régimen de riego, y de acuerdo con Fuerte-Velázquez & Gómez-Tagle (2024) la producción de aguacate puede demandar hasta el 124.3 % de las concesiones de agua agrícola en algunos municipios.

En este contexto, la HH en la producción de aguacate puede disminuirse hasta en un 75 % si se integran a los sistemas de producción actual, sistemas de riego basados en datos y asistidos por tecnología (Lilli et al., 2024). Además, los riegos se deben programar de acuerdo con las necesidades fenológicas específicas del árbol, la cual varía según la altitud sobre el nivel del mar en la que se establece el huerto (Ahsan et al., 2023; Ramírez-Gil et al., 2023). Sin embargo, en México, lo anterior es común que se realice sin estar basados en la disponibilidad y acceso al recurso agua.

Finalmente, se debe comprender y considerar el funcionamiento fisiológico del árbol de aguacate y aprovechar su capacidad de ajuste osmótico bajo condiciones de estrés hídrico, un mecanismo manejable con el que es posible optimizar el uso del agua, permitiendo reducir aún más la HH del

cultivo cuando se combina con sistemas de riego más eficientes como el riego por goteo (Quispe-Rodriguez et al., 2024a), lo que no sólo podría disminuir significativamente el volumen de agua utilizada, sino también el costo asociado a la HH.

Limitaciones, prospectivas y retos

En la primera parte de esta investigación relacionada con la estimación de la viabilidad financiera y económica de los sistemas actuales de producción de aguacate, se contó con la información de campo obtenida directamente por los productores(as) de aguacate expertos del EM.

En la segunda parte, durante la creación de escenarios, los indicadores técnicos de la HH se tomaron a partir de las estimaciones realizadas por otras investigaciones. Lo anterior permite hacer generalizaciones analíticas como las planteadas, pero, para ofrecer una recomendación puntual, es necesario calcular la HH directamente en la zona de producción, como lo hicieron Gómez-Tagle et al. (2022) para el municipio de Uruapan, Fuerte-Velázquez & Gómez-Tagle (2024) para Ziracuaretiro, y Ortiz-Paniagua & Ruiz-Sevilla, (2024) para Tancítaro, todos en el Estado de Michoacán, para después estimar los costos de la HH de acuerdo con el régimen de producción del huerto.

En las estimaciones del estudio, el uso de coeficientes específicos para cada URP resulta metodológicamente relevante, ya que permite representar con mayor precisión las particularidades de cada sistema de producción, puesto que los coeficientes estimados en Michoacán no son 100 % equivalentes con los estudiados en el EM (Amaro-Leal et al., 2026); los climas, los desequilibrios hidrológicos por deforestación y las características del suelo presentan variaciones (Rodríguez-García et al., 2026). En este sentido, considerar solamente un volumen de producción y multiplicarlo por su HH estimada puede cambiar la magnitud de los resultados obtenidos, lo que

podría conducir a distintas conclusiones debido a la gran cantidad de factores implicados en el monitoreo de la eficiencia en el uso del agua (Shtull-Trauring et al., 2022).

A pesar de las especificaciones mencionadas, este estudio es relevante porque abre nuevos horizontes en las investigaciones al promover un sector aguacatero más sostenible en el EM, al complementar estudios como el de Franco et al. (2018), donde se evaluó la competitividad de tres URP productoras de aguacate, pero no se estimó ni se le asignó un valor al costo de los impactos ambientales producto de la HH.

El EM es la tercera entidad productora de aguacate en México, no obstante, de mantenerse el ritmo de crecimiento de la “mancha urbana”, es probable que las unidades de producción actuales reduzcan más su tamaño, lo que las obligará a optimizar su eficiencia productiva, a gestionar el uso de los recursos naturales aún disponibles en algunas regiones, así como en acelerar la adopción y difusión de innovaciones tecnológicas para mejorar la sostenibilidad del cultivo. De acuerdo con cifras del SIAP (2024) y la información de las URP modeladas en este estudio, en general, el EM ha demostrado históricamente una mayor eficiencia en términos de productividad ($\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$) en comparación con el resto de entidades productoras de aguacate, pero el rendimiento por ciclo de producción, aún está por debajo de su potencial reportado de hasta 45 ton/ha en otras regiones (Quispe-Rodriguez et al., 2024a, 2024b), lo que sugiere que existen oportunidades de mejora para incrementar la productividad a través de una gestión más eficiente de recursos.

De acuerdo con los dos sistemas de producción actual que prevalecen en los municipios del EM donde se ubican las URP modeladas, el principal reto es reducir los efectos negativos sobre el objetivo seis de los ODS (ONU, 2024), específicamente sobre la meta 6.3 para gestionar un uso más eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores a través de la adopción de tecnologías innovadoras, y así, asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez.

Conclusiones

418

419

420 La baja gestión y uso ineficiente de los recursos naturales (como el agua) en el sector aguacatero,
421 se ha convertido en una de las externalidades negativas ambientales más percibidas por la sociedad
422 en general. Para mejorar esta percepción, es necesario que los involucrados en todos los procesos
423 al interior de la URP, conozcan, adopten y difundan innovaciones tecnológicas ya disponibles, con
424 la finalidad de reducir lo más posible los impactos ambientales generalizados.

425 También es fundamental reconocer los impactos sociales y económicos positivos de esta actividad
426 en las principales zonas productoras, especialmente en términos de creación de empleos, pues de
427 estos depende el ingreso de productores, jornaleros y sus familias, contribuyendo al desarrollo
428 económico local y regional. Sin embargo, debido a la estacionalidad de las labores culturales en
429 las URP, en cada ciclo de producción es necesario garantizar el acceso a la seguridad social y a que
430 los trabajadores cuenten con las condiciones laborales mínimas adecuadas (políticas de
431 formalización laboral).

432 De acuerdo con los resultados y los análisis, en las condiciones actuales (Escenario 1), ambas URP
433 modeladas en el EM presentaron viabilidad financiera-económica y competitividad, lo que les
434 permite obtener ganancias extraordinarias bajo los sistemas de producción considerados. Como se
435 evidenció en el caso de EMAG02-2, la mayor eficiencia productiva de las URP en la que se
436 involucran los factores de producción (tierra, trabajo, capital y habilidades empresariales) fue el
437 factor clave que permitió explicar las diferencias en los valores de los indicadores estimados.

438 En el escenario hipotético donde se consideró la internalización del costo de la HH (Escenario 2),
439 ambas URP modeladas dejan de ser viables económicamente y pierden su competitividad, la
440 inviabilidad sería mayor si se considera el costo de la seguridad social de los colaboradores. En
441 este contexto, para que las URP se mantengan produciendo y no salgan del mercado, el productor
442 tendría que recibir los precios unitarios objetivo estimados en \$157.88 y \$92.27 MXN, algo que
443 hasta ahora no ha sucedido con los precios medios rurales, ni con las ventas directas en huerto
444 reportadas en \$23.83 y \$23.50 MXN. Lo anterior ha evidenciado una brecha financiera y

económica que podría comprometer la sostenibilidad de la producción de aguacate si no se implementan estrategias para compensar los costos adicionales.

Las metodologías, conceptos e indicadores técnicos utilizados en esta investigación permitieron ofrecer una visión general sobre el costo para transitar hacia una producción intensiva sostenible en el cultivo de aguacate en el Estado de México y abre nuevos horizontes para ampliar las investigaciones académicas que buscan aplicaciones prácticas que contribuyan a la sostenibilidad del sector. Sin embargo, aún es necesario identificar y analizar otras URP de aguacate que operen con un nivel tecnológico más avanzado para hacer comparaciones detalladas y evaluar el impacto de la innovación en la eficiencia productiva, y en un nivel analítico más amplio, sería relevante expandir este enfoque a la producción de otras especies frutales, vegetales y animales del amplio sistema alimentario.

Integrar la MPA a los análisis tradicionales basados en la técnica de paneles de productores(as), permitió identificar las fallas de mercado ambientales medidas por el costo de la HH, además de proporcionar información sobre la competitividad y eficiencia en los dos sistemas de producción actuales al interior de las URP modeladas. No obstante, es necesario señalar que los análisis y resultados son específicos de las zonas de producción donde se ubican las URP estudiadas, por lo que, no pueden ser utilizados para hacer generalizaciones nacionales, debido a que hay otra serie de variables como las políticas de gobierno en cada estado, los mercados destino del aguacate y las variaciones de los precios internacionales que afectan la competitividad y eficiencia al aplicar la MPA.

Referencias

- 470 Agronometrics-USDA. (2024, September 13). *Market performance analysis for the fresh produce*
471 *industry*. <https://www.agronometrics.com/>
- 472 Ahsan, M. U., Barbier, F., Hayward, A., Powell, R., Hofman, H., Parfitt, S. C., Wilkie, J.,
473 Beveridge, C. A., & Mitter, N. (2023). Molecular cues for phenological events in the
474 flowering cycle in avocado. *Plants*, 12(12). <https://doi.org/10.3390/plants12122304>
- 475 Alexander, J., & Pinza, U. (2024). Is sustainable local development possible within global agro-
476 food systems? Analysis of Hass avocado production and marketing in southwestern Huila.
477 *Revista Nova*, 9, 60–71. <https://doi.org/10.23850/issn.2500-4476/p.60-71>
- 478 Amaro-Leal, L. J., Pérez-Torres, B. C., Romero-Arenas, O., Rivera, A., Contreras-Paredes, C. A.,
479 & Yáñez-Santos, J. A. (2026). Avocado Crop Competitiveness and Sustainability Index
480 (ICSCA): comprehensive assessment in five mexican states (2014–2024). *Sustainability*
481 *(Switzerland)*, 18(7). <https://doi.org/10.3390/su18073375>
- 482 Anacona-Mopan, Y. E., Rubiano-Ovalle, O., Paz, H., Solis Pino, A. F., Chong, M., & Luna, A.
483 (2023). Fresh Product Supply Chain Analysis in Cauca, Colombia — A Hass Avocado
484 System Dynamics Approach. *Systems*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/systems11010029>
- 485 Arslan, F., & Kartal, S. (2023). Water management effect on tropical fruits: case study of Alanya,
486 Turkey. *Engineering for Rural Development*, 22, 533–538.
487 <https://doi.org/10.22616/ERDev.2023.22.TF112>
- 488 Banco Nacional de México [BANXICO]. (2024, May 30). *Sistema de información económica*.
489 <https://www.banxico.org.mx/>
- 490 Blaauw, S. A., Broekman, A., Maina, J. W., Steyn, W. J. v. d. M., & Haddad, W. A. (2024). Life
491 cycle assessment of an avocado: grown in South Africa—enjoyed in Europe. *Environmental*
492 *Management*. <https://doi.org/10.1007/s00267-024-02009-w>
- 493 Borrego, A., & Allende, T. C. (2021). Principales detonantes y efectos socioambientales del boom
494 del aguacate en México. *Journal of Latin American Geography*, 20(1), 154–184.
495 <https://doi.org/10.1353/lag.2021.0006>

- 496 Caro, D., Alessandrini, A., Sporchia, F., & Borghesi, S. (2021). Global virtual water trade of
497 avocado. *Journal of Cleaner Production*, 285.
498 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124917>
- 499 Cheng, F. W., Rodríguez-Ramírez, S., Shamah-Levy, T., Pérez-Tepayo, S., & Ford, N. A. (2024).
500 Association between avocado consumption and diabetes in mexican adults: results from the
501 2012, 2016, and 2018 Mexican National Health and Nutrition Surveys. *Journal of the*
502 *Academy of Nutrition and Dietetics*. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2024.04.012>
- 503 Consejo Nacional de Productores de Aguacate [CONAPA] & Comité Nacional del Sistema
504 Producto Aguacate A. C [CONASIPRO]. (2024, November 13). *Precios sugeridos: Japón*.
505 Precios Sugeridos.
506 [https://productoresdeaguacate.com/MODULArevista/modulos/web/www/preciosjapon.ph](https://productoresdeaguacate.com/MODULArevista/modulos/web/www/preciosjapon.php)
507 p
- 508 Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social [CONEVAL]- Secretaría de
509 Agricultura y Desarrollo Rural [SADER]. (2021). *Ficha de Monitoreo 2020-2021: Sanidad*
510 *e inocuidad agroalimentaria* (p. 1).
511 https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/689309/FM_08_S263.pdf
- 512 Cruz-Pérez, N., Santamarta, J. C., & Álvarez-Acosta, C. (2023). Water footprint of representative
513 agricultural crops on volcanic islands: the case of the Canary Islands. *Renewable*
514 *Agriculture and Food Systems*, 38. <https://doi.org/10.1017/S1742170523000303>
- 515 Díaz-Castellanos, R. (2021). El mercado mundial de aguacate: 60 años del liderazgo de México y
516 su impacto en la próxima década. *The Anáhuac Journal*, 21(2), 12–49.
517 <https://doi.org/10.36105/theanahuacjour.2021v21n2.01>
- 518 Esparza-Jiménez, S., García-Martínez, A., Ramírez-García, J. J., Vázquez-Armijo, J. F., &
519 Sánchez-Meza, J. C. (2024). Characterization of the use of pesticides in the avocado crop
520 in Temascaltepec, México. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 40, 603–
521 618. <https://doi.org/10.20937/RICA.55003>

- 522 Esquivel-Marín, N. H., Sagarnaga-Villegas, L. M., Barrera-Perales, O. T., Salas-Gonzales, J. M.,
523 & Burgos, A. L. (2022). *Viabilidad económica y financiera de la cadena de valor flor de*
524 *jamaica (Hibiscus sabdariffa L.)*. [Estudio de caso: Cooperativas y Unión de productores
525 de la Huacana, Michoacán]. *Custos e @gronegocio*, 18(23), 22–43.
526 [https://www.researchgate.net/publication/364311296_Viabilidad_economica_y_financiera](https://www.researchgate.net/publication/364311296_Viabilidad_economica_y_financiera_de_la_cadena_de_valor_flor_de_jamaica_Hibiscus_sabdariffa_L_Estudio_de_caso_Cooperativas_y_Union_de_productores_de_la_Huacana_Michoacan)
527 [_de_la_cadena_de_valor_flor_de_jamaica_Hibiscus_sabdariffa_L_Estudio_de_caso_Coo](https://www.researchgate.net/publication/364311296_Viabilidad_economica_y_financiera_de_la_cadena_de_valor_flor_de_jamaica_Hibiscus_sabdariffa_L_Estudio_de_caso_Cooperativas_y_Union_de_productores_de_la_Huacana_Michoacan)
528 [perativas_y_Union_de_productores_de_la_Huacana_Michoacan](https://www.researchgate.net/publication/364311296_Viabilidad_economica_y_financiera_de_la_cadena_de_valor_flor_de_jamaica_Hibiscus_sabdariffa_L_Estudio_de_caso_Cooperativas_y_Union_de_productores_de_la_Huacana_Michoacan)
- 529 FAO. (2024). *FAOSTAT*. Cultivos y Ganadería. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/TCL>
- 530 Franco, S. M. A., Leos, R. J. A., Salas, G. J. M., Acosta, R. M., & García, M. A. (2018). Análisis
531 de costos y competitividad en la producción de aguacate en Michoacán, México. *Revista*
532 *Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(2), 391–403.
533 <http://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/editorial/index.php/agricolas/article/view/1080/908>
- 534 Fuerte-Velázquez, D. J., & Gómez-Tagle, A. (2024). Water footprint and water sustainability of
535 agroindustrial avocado production in a warm tropical climate municipality: A case study in
536 the Michoacan Avocado Belt in Central México. *Water (Switzerland)*, 16(12).
537 <https://doi.org/10.3390/w16121719>
- 538 Gandhi, N., Meyer, C., Bogdanski, P., & Walasek, L. (2023). Computational analysis of superfood
539 representations in news media. *Journal of Food Products Marketing*, 29(8–9), 270–290.
540 <https://doi.org/10.1080/10454446.2023.2273518>
- 541 Gómez-Tagle, A. F., Gómez-Tagle, A., Fuerte-Velázquez, D. J., Barajas-Alcalá, A. G., Quiroz-
542 Rivera, F., Alarcón-Chaires, P. E., & Guerrero-García-Rojas, H. (2022). Blue and Green
543 Water Footprint of Agro-Industrial Avocado Production in Central Mexico. *Sustainability*
544 *(Switzerland)*, 14(15). <https://doi.org/10.3390/su14159664>
- 545 Harvard-University. (2024). *Atlas of economic complexity*. <https://atlas.cid.harvard.edu/>
- 546 Hejkrlik, J., Rondevaldova, J., & Chaloupkova, P. (2024). Assessing consumer interest in
547 sustainable and ethically certified tropical fruits in the central and eastern european region.
548 *Agriculture (Switzerland)*, 14(11). <https://doi.org/10.3390/agriculture14111962>

- 549 Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M. (2011). *The water footprint*
550 *assessment manual: setting the global standard*. [https://ayhoekstra.nl/pubs/Hoekstra-et-al-](https://ayhoekstra.nl/pubs/Hoekstra-et-al-2011-TheWaterFootprintAssessmentManual.pdf)
551 [2011-TheWaterFootprintAssessmentManual.pdf](https://ayhoekstra.nl/pubs/Hoekstra-et-al-2011-TheWaterFootprintAssessmentManual.pdf)
- 552 Lekberg, Y., McLeod, M., Bullington, L. S., DuPre, M. E., De La Roca, G., Greenbaum, S., Rousk,
553 J., & Ramsey, P. W. (2024). Substantial and rapid increase in soil health across crops with
554 conversion from conventional to regenerative practices. *Sustainability (Switzerland)* ,
555 *16*(13). <https://doi.org/10.3390/su16135509>
- 556 Lilli, M. A., Efstathiou, D., Koukianaki, E. A., Paranychianakis, N., & Nikolaidis, N. P. (2024).
557 Optimizing the water-ecosystem-food nexus of avocado plantations. *Frontiers in Water*, *6*.
558 <https://doi.org/10.3389/frwa.2024.1412146>
- 559 Maldonado-Hernández, I., Leos-Rodríguez, J. A., Aguilar-Gallegos, N., Sagarnaga-Villegas, L. M.,
560 & Astorga-Ceja, J. (2023). Transition to sustainable intensification in shrimp farming:
561 challenges and opportunities. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, *23*(2), 143–165.
562 <https://doi.org/10.7201/earn.2023.02.06>
- 563 Monke, E. A., & Pearson, S. R. (1989). *The policy analysis matrix for agricultural development*
564 (1st ed.).
- 565 Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2024, January 6). *Sustainable Developmet Goals*.
566 <https://agenda2030.mx/index.html?lang=en#/home>
- 567 Ortiz-Paniagua, C. F., & Ruiz-Sevilla, G. (2024). Hidden costs of water retained for avocado
568 production in Mexico. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad*, *7*, 1–18.
569 <https://doi.org/10.46380/rias.v7.e384>
- 570 Probst, Y., Guan, V., & Neale, E. (2024). Avocado intake and cardiometabolic risk factors in a
571 representative survey of Australians: a secondary analysis of the 2011–2012 national
572 nutrition and physical activity survey. *Nutrition Journal*, *23*(1).
573 <https://doi.org/10.1186/s12937-024-00915-7>
- 574 Quispe-Rodriguez, J., Paytan-Montañez, T. C., Aliaga Barrera, I. N., & Saravia-Navarro, D.
575 (2024a). Osmotic adjustment and yield of two varieties of avocado (*Persea americana*),

- 576 Hass and Fuerte, with drip irrigation system, in Andean area of Peru. *Scientia Agropecuaria*,
577 15(2), 225–234. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2024.017>
- 578 Quispe-Rodriguez, J., Paytan-Montañez, T. C., Aliaga Barrera, I. N., & Saravia-Navarro, D.
579 (2024b). Osmotic adjustment and yield of two varieties of avocado (*Persea americana*),
580 Hass and Fuerte, with drip irrigation system, in Andean area of Peru. *Scientia Agropecuaria*,
581 15(2), 225–234. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2024.017>
- 582 Ramírez Mijangos, K. T., Palacios-Rangel, M. I., & Ocampo Ledesma, J. G. (2023). Viabilidad
583 económica y financiera de la producción de miel en Oaxaca. *Perspectivas Rurales Nueva*
584 *Época*, 21(42), 1–28. <https://doi.org/10.15359/prne.21-42.2>
- 585 Ramírez-Gil, J. G., Henao-Rojas, J. C., Diaz-Diez, C. A., Peña-Quñones, A. J., León, N., Parra-
586 Coronado, A., & Bernal-Estrada, J. A. (2023). Phenological variations of avocado cv. Hass
587 and their relationship with thermal time under tropical conditions. *Heliyon*, 9(9).
588 <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19642>
- 589 Reyes-Gómez, H., Martínez-González, E. G., Aguilar-Ávila, J., & Aguilar-Gallegos, N. (2024).
590 Sistemas agroalimentarios sostenibles: el caso de la cadena de valor del aguacate en
591 México. *Problemas Del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 55(217), 29–
592 60. <https://doi.org/https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2024.217.70098>
- 593 Rodríguez-García, M. T., Pedrozo-Acuña, A., & Breña-Naranjo, J. A. (2026). Impact of avocado
594 expansion on deforestation and water availability in Michoacan, Mexico. *Hydrology*
595 *Research*, 57(1), 31–60. <https://doi.org/10.2166/nh.2025.058>
- 596 Sagarnaga-Villegas, L. M., Salas-González, J. M., & Aguilar-Ávila, J. (2018). *Metodología para*
597 *estimar costos, ingresos y viabilidad financiera y económica en unidades representativas*
598 *de producción* (6th ed.). [http://ciestaam.edu.mx/publicaciones2018/libros/costos_2013-](http://ciestaam.edu.mx/publicaciones2018/libros/costos_2013-2015.pdf)
599 [2015.pdf](http://ciestaam.edu.mx/publicaciones2018/libros/costos_2013-2015.pdf)
- 600 SENASICA-SADER & USDA-APHIS-PPQ. (2020). *Plan de trabajo para la exportación de*
601 *aguacate Hass de México a los Estados Unidos de América* (pp. 1–33).

- 602 Shtull-Trauring, E., Azenkot, A., & Bernstein, N. (2022). Translational platform for increasing
603 water use efficiency in agriculture: comparative analysis of plantation crops. *Water*
604 *Resources Management*, 36(2), 571–587. <https://doi.org/10.1007/s11269-021-03040-w>
- 605 Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP]. (2024, December 17). *Anuario*
606 *Estadístico de la Producción Agrícola*. Cierre de La Producción Agrícola.
607 <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- 608 Servicio Meteorológico Nacional [SMN] & Comisión Nacional de Agua [CONAGUA]. (2024,
609 December 11). *Pronóstico del tiempo por municipios*. <https://Smn.Conagua.Gob.Mx/Es/>.
- 610 Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados [SNIIM]. (2024, November 13).
611 *Mercados nacionales*. [http://www.economia-](http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/Home.aspx?opcion=Consultas/MercadosNacionales/PreciosDeMercado/Agricolas/ConsultaFrutasYHortalizas.aspx?SubOpcion=4%7C0)
612 [sniim.gob.mx/nuevo/Home.aspx?opcion=Consultas/MercadosNacionales/PreciosDeMerc](http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/Home.aspx?opcion=Consultas/MercadosNacionales/PreciosDeMercado/Agricolas/ConsultaFrutasYHortalizas.aspx?SubOpcion=4%7C0)
613 [ado/Agricolas/ConsultaFrutasYHortalizas.aspx?SubOpcion=4%7C0](http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/Home.aspx?opcion=Consultas/MercadosNacionales/PreciosDeMercado/Agricolas/ConsultaFrutasYHortalizas.aspx?SubOpcion=4%7C0)