

Sostenibilidad ambiental en la acuicultura del centro de México: factores que afectan su desarrollo

Environmental sustainability in aquaculture in central Mexico: the factors that affect its development

ROSA MARÍA NAVA-ROGEL

Cerro de Coatepec s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 50110, Toluca, Estado de México

rmnavar@uaemex.mx

ORCID 0000-0003-2611-3903

SAHID ISRAEL MULHIA-ROMERO

Cerro de Coatepec s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 50110, Toluca, Estado de México

smulhilar@uaemex.mx

ORCID 0009-0007-1548-860X

JUAN JOSÉ HUERTA-MATA

Periférico Norte No. 799, Edificio P, Tercer piso, Núcleo Universitario Los Belenes, 45100, Zapopan, Jal., México

jhuerta@cucea.udg.mx

ORCID 0000-0001-9952-3490

Recibido/Received: 06/07/2024. Aceptado/Accepted: 28/10/2025.

Cómo citar/How to cite: Nava-Rogel, Rosa María, Mulhia-Romero, Sahid Israel y Huerta-Mata, Juan José, “Sostenibilidad ambiental en la acuicultura del centro de México: factores que afectan su desarrollo”, *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 265 (2025): 53-87. DOI: <https://doi.org/10.24197/4x60hh84>

Sumario: Introducción. 1. Revisión de la literatura. 1. 1. Sostenibilidad ambiental. 1. 2. Sostenibilidad económica. 1. 3. Sostenibilidad social. 1. 4. Gobernanza. 1. 5. Definiciones conceptuales de las dimensiones propuestas por la FAO. 1. 6. Entorno de los acuicultores en el centro de México. 2. Métodos y Materiales. 2. 1. Toma de muestra. 2. 2. Metodología en campo. 3. Resultados. 3. 1. Sobre la muestra. 3. 2. Confiabilidad y validez del instrumento. 3. 3. Resultados Descriptivos. 3. 4. Regresión Lineal. 3. 5. Discusión de Resultados. Conclusiones.

Este artículo está sujeto a una [licencia “Creative Commons Reconocimiento-No Comercial” \(CC-BY-NC\)](#). / Open access article under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC-BY 4.0\)](#).

Resumen: La acuicultura en aguas dulces es una de las actividades más importantes del centro de México en zonas boscosas. A pesar de que la actividad se sustenta en el entorno ambiental, la mayoría de los acuicultores no logran una producción eficiente y sostenible. Este trabajo determina

los factores que tienen mayor relación con la sostenibilidad ambiental, considerando la percepción de 64 productores. Se delimitaron dos grupos diferenciados a partir del grado de responsabilidad social. Para el grupo con un alto grado, la sostenibilidad ambiental depende de la vulnerabilidad y de la economía local y desarrollo comunitario, mientras que para el grupo con un medio o bajo grado, depende de la vulnerabilidad y gestión holística. Se propone capacitar y apoyar a los productores para reducir los riesgos, a través del monitoreo constante de las condiciones del agua, asesorías para el control de las enfermedades y la construcción de un refugio comunitario con aguas controladas para los peces. Se comprueba que los acuicultores con un mayor grado de responsabilidad social, adquieren un enfoque más proactivo y preventivo, mientras que el grupo con menor grado se centra más en la gestión adaptativa.

Palabras clave: Acuicultura, producción de alimentos, responsabilidad social, sostenibilidad.

JEL: Q220, Q560, M140

Abstract: Since the second half of the twentieth century, the government of Mexico granted support to install aquaculture farms in the center of the country, taking advantage of the forested areas. Since then, aquaculture has become one of the most important activities in the region. However, few aquaculture farmers have managed to develop profitable and sustainable production, despite the growing problems generated by global warming, which have had an impact on the environment and the increase in operating costs. On the other hand, the evaluation of the activities that have been developed to implement more sustainable practices in freshwater aquaculture has not been possible because the satellite accounts do not have updated information. This work determines the factors that have the greatest relationship with the environmental sustainability of freshwater aquaculture in central Mexico, using a questionnaire developed for this research that is based on the FAO Sustainability Assessment of Food Agriculture System, we collected 64 questionnaires applied to aquaculture farmers, as a basis for the development of a proposal aimed at the sustainable practice of freshwater aquaculture. We observe two different groups: the group made up of producers with a high degree of social responsibility and the group of producers who have a medium or low degree of social responsibility. For the first group, environmental sustainability depends on vulnerability and local economy and community development. For the second group, environmental sustainability depends on vulnerability and holistic management. Vulnerability is the factor that affects both groups the most, which is why we propose to train and support producers to reduce risks, constantly checking the temperature, oxygen and quality of the water. It is necessary to bring producers closer to the government and academia to receive permanent advice on disease control and adjustments in feeding, and to build community refuges with controlled waters for fish. It is necessary for fish farmers to be aware that their individual actions have consequences in the community, so that they increase their social responsibility; with that, they can take a more strategic and proactive approach to environmental sustainability.

Keywords: Aquaculture, food production, sustainability.

JEL: Q220, Q560, M140

INTRODUCCIÓN

A pesar de que los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos en la Agenda 2030 se considera prioritaria la sostenibilidad social (lucha contra la pobreza y hambre, defensa de derechos humanos, igualdad de género y empoderamiento de las mujeres, entre otros), la sostenibilidad ambiental sigue siendo la base del Desarrollo Sostenible,

porque es una responsabilidad común para todos los habitantes del planeta (Gómez, 2018), ya que sin el cuidado y conservación de los recursos naturales, ni la sostenibilidad social ni la económica podrán desarrollarse.

En este sentido, el ODS 2 en su meta 4, concientiza sobre la importancia de las prácticas agrícolas resilientes¹ para mantener los ecosistemas. Además, el ODS 12 llama la atención sobre la urgente necesidad de cambiar los hábitos de producción y consumo hacia otros que garanticen el cuidado de los recursos naturales y la reducción de desperdicios en su producción y consumo (ONU, 2024), para que en los próximos años exista alimento suficiente y de calidad para toda la población (FAO, 2016).

La acuicultura en aguas dulces es una alternativa de producción que, por su naturaleza, vincula el cuidado ambiental con la viabilidad y rentabilidad de la actividad (Mallick y Rudra, 2021). Es altamente valorada porque cuando se desarrolla de manera cuidadosa y equilibrada, aporta proteínas suficientes a gran parte de la población (Edwards, et al., 2019). Tiene un alto potencial para cumplir con los objetivos de producción sostenible dictados en el ODS 12, porque garantiza la sostenibilidad ambiental, económica y social, en mayor medida que otros productos alimenticios con proteína animal (Boyd, et al., 2020).

Sin embargo, ante la creciente necesidad de generar alimentos nutritivos y alcanzables para más habitantes (FAO, 2023), en países con economías emergentes, el crecimiento de la acuicultura no se ha dado de manera planeada, repercutiendo en el entorno ambiental en el corto y largo plazo (Boyd, et al., 2020: 579), requerido mayores insumos de producción, incrementando los riesgos por la sobreexplotación de recursos naturales (Samuel- Fitwi, et al., 2012).

En particular, la acuicultura en aguas dulces en el centro de México presenta distintos retos para alcanzar la sostenibilidad ambiental. Por un lado, persiste una laxa concientización sobre su cuidado del entorno natural (Kantar, 2021) y el manejo adecuado de residuos (Goodland, 1995); además, no existe información suficiente en medios oficiales sobre la contaminación de agua y tierras que pueden generarse por la implementación y operación de granjas acuícolas en aguas dulces

¹ Prácticas agrícolas que trata de equilibrar la producción de alimentos con la gestión de recursos naturales, el manejo de la incertidumbre y el mantenimiento de condiciones de medios de vida decentes para la población rural, a través de la participación de gobiernos, empresas y asociaciones civiles (Sawika, 2020).

(PROFEPA, 2023), lo que repercute en una pobre concientización y nulas acciones para el cuidado del medio ambiente.

La alta contaminación de las fuentes de agua dulce asociado a la alta sensibilidad de las especies acuícolas, repercuten en una menor probabilidad de éxito de la acuicultura (Ahmad, et al., 2022) y son los productores los que deben asumir los altos costes de inversión, pues aunque reciben apoyos gubernamentales, quedan atrapados en una actividad productiva con grandes barreras de salida (Aheto, et al., 2019).

El escaso desarrollo de prácticas sostenibles para la explotación de la acuicultura en aguas dulces de México, es un problema multidimensional, pues aunque los productores son conscientes de la importancia de utilizar técnicas y prácticas amigables con el entorno (Boyd, et al., 2020: 582) para garantizar la salud, crecimiento y reproducción de los peces, la falta de seguimiento y evaluación a los programas y apoyos otorgados a los productores, han repercutido en el desconocimiento y descontrol sobre los avances hacia una producción más sostenible (ONU, 2024). Por tanto, el objetivo de esta investigación es determinar los factores económicos, sociales y de gobernanza que tienen mayor relación con la sostenibilidad ambiental en la acuicultura en aguas dulces del centro de México.

Para lograr el objetivo planteado, se analizaron los conceptos que engloba la sostenibilidad según la FAO (2014), vinculándolos con estudios especializados en sostenibilidad acuícola; además, se ofrece una descripción del contexto en el que están envueltos los acuicultores de aguas dulces en el centro de México, se explica el método de investigación que se utilizó y se presentan los resultados obtenidos por la evidencia empírica. Finalmente, se muestran las conclusiones del estudio.

1. REVISIÓN DE LA LITERATURA

La evaluación de la sostenibilidad en los sistemas productivos, es un tema que desde hace algunos años ha cobrado un especial interés entre los investigadores, porque sigue representando un reto ante la dificultad de medir un gran número de factores multidisciplinarios (Samuel-Fitwi, et al., 2012) que involucran la sostenibilidad ambiental, económica y social, así como la gobernanza (FAO, 2014).

Considerando que el desarrollo sostenible es un camino y no un fin (Moyer y Hedden, 2020), los factores que intervienen tienen un especial énfasis en los sistemas productivos. En este orden de ideas, la FAO (2014) desarrolló un marco de evaluación para la sostenibilidad de los sistemas alimenticios y la agricultura denominado “SAFA” (*Sustainability*

Assessment of Food and Agriculture), un referente internacional para la orientación sostenible en alimentos que contempla las dimensiones ambiental, económica, social y gobernanza, con el fin de identificar brechas entre lo que existe y lo que se pretende lograr. Para fines de este estudio, se consideraron dichas dimensiones.

1. 1. Sostenibilidad ambiental

De acuerdo con Starik y Rands (1995), la sostenibilidad ambiental es la capacidad de existir y prosperar sin cambios o en formas evolucionadas durante periodos largos de tiempo, permitiendo que otras especies coexisten en sistemas relacionados. En este contexto, la preservación y renovación de los recursos naturales es vital para la conformación de los ecosistemas; en la acuicultura es especialmente importante para el desarrollo de la actividad (Chen, et al., 2008).

En el centro de México, los acuicultores desarrollan su actividad en estanques de tierra, aprovechando el paisaje de bosque y abundante agua, los nutrientes de ésta y la luz solar (Vázquez-Vera y Chávez-Carreño, 2022). Sin embargo, la sostenibilidad ambiental en la acuicultura se mantiene por varios factores más, que en este trabajo se explican siguiendo el orden propuesto por la FAO (2014).

La atmósfera tiene una relación directa con los cambios de temperatura por los gases efecto invernadero, causando altas y bajas en los patrones climáticos que afectan algunos ecosistemas. Estos cambios de temperatura, ha sido uno de los factores que más ha afectado la acuicultura en los últimos años, pero también es uno de los que menos se ha estudiado (Maulu, et al., 2021).

Para Mallick y Rudra (2021), la sostenibilidad ambiental en la acuicultura está dada tanto por la eficiencia en el uso del espacio destinado para la actividad, como por la cantidad y calidad del agua, pues debe utilizarse sólo los recursos necesarios para no afectar los ecosistemas naturales. Los autores mencionan que, además, se requieren ciertos elementos que ayudan a controlar la salida de nutrientes considerando dosis, horarios y otros elementos, como el uso de energía eléctrica y ciertos recursos del propio ecosistema (Tomasso, 2008).

Otro factor que apoya un sistema acuícola sostenible, es la crianza de varias especies que asegura una producción sostenible a lo largo del tiempo y reduce los riesgos ecológicos (Teletchea, 2019).

El último factor mencionado por la FAO (2014) dentro de la sostenibilidad ambiental, es el bienestar animal, un factor poco

considerado entre los estudios analizados, que para la acuicultura se traduce en el control de nivel de estrés en los peces. Al respecto, Boyd y otros (2020:588) explican que cuando los sistemas biológicos no son aptos para los peces, éstos sufren deficiencia nutricional y/o estrés crónico por baja concentración de oxígeno disuelto, haciéndolos más susceptibles a la enfermedad.

1. 2. Sostenibilidad económica

Esta dimensión de la sostenibilidad, está vinculada con el crecimiento económico que se realiza de manera equilibrada entre los agentes (que para este estudio son los productores de granjas acuícolas) y el territorio en donde desarrollan la actividad (Bardají, et. al., 2024).

Según Haro-Martínez y Taddei-Bringas (2014), uno de los principios de donde surgen las bases de la sostenibilidad, está dado por la economía ecológica, que establece que el ecosistema global es finito y por tanto, tiene una capacidad limitada de regeneración (Constanza, 2020). Bajo este esquema, se considera que la naturaleza es un conjunto ordenado de ecosistemas que deben conocerse profundamente para poder gestionarse (Haro-Martínez y Taddei-Bringas, 2014). Siguiendo el marco de evaluación para la sostenibilidad propuesta por la FAO (2014), a continuación se explican los factores que involucran la sostenibilidad económica en la acuicultura.

Para la FAO (2014), el primer factor que debe considerarse dentro de la sostenibilidad económica son las inversiones, que engloban tanto el desempeño como los costes y gastos de producción y operación. El primero se logra con el crecimiento en ventas, la rentabilidad, la recuperación de lo invertido y la lealtad de los clientes (Mallick y Rudra, 2021), mientras que los costes y gastos se refieren a todas las erogaciones en las que se incurre para operar la granja, como la alimentación, mano de obra, energía y crías (Engle, Kuman y van Senter, 2020), además de la aireación del agua y la salud de los peces que se mantiene con vacunas y medicinas, insumos básicos para la producción más eficiente (Boyd, et al., 2020; Roy, et al., 2021).

La vulnerabilidad se traduce en el nivel de riesgo que deben asumir los acuicultores, en cuanto a los desastres naturales, muerte o enfermedad de las crías, falta de liquidez, expropiación de las tierras y otros aspectos de naturaleza ambiental, económica o social (Valenti, et al, 2018).

La calidad e información de los productos que ofrecen los acuicultores, es otro aspecto que se considera dentro de la sostenibilidad

económica, porque son medios que ayudan a que los consumidores adquieran mayor confianza sobre los productos que compran, además de facilitar el acceso a otros mercados (Tomasso, 2008).

Finalmente para este bloque, la FAO (2014) propone la inclusión de la economía local, que se refiere a la integración y contribución de la comunidad con la actividad productiva (Osmundsen, et al., 2020).

En la práctica, la sostenibilidad económica está íntimamente relacionada con la sostenibilidad ambiental, puesto que las inversiones destinadas a mejorar la infraestructura y tecnología, no sólo permiten aumentar la productividad, además reducen la huella ambiental (Boyd, et al., 2020). Tanto la sostenibilidad ambiental como la económica deben mantenerse en equilibrio, con el fin de asegurar una mayor calidad de vida para los habitantes de la comunidad, a través de la sostenibilidad social.

1. 3. Sostenibilidad social

Se fundamenta en la inclusión de los integrantes de una organización o comunidad, que están dispuestos a trabajar juntos para el bien de todos los involucrados (Vallance, et al., 2011), con el propósito de lograr la igualdad social, la calidad de vida y la defensa de los derechos humanos (Boyd, et al, 2020).

Barron y otros (2023) afirman que para lograr la sostenibilidad social, deben coexistir la cohesión social, la inclusión y la resiliencia. La primera es necesaria para que se generen altos niveles de confianza, con lo que es posible el trabajo conjunto que permite superar los problemas que pueden presentarse. La inclusión asegura que todos los involucrados prosperen; y la resiliencia es necesaria para resistir los momentos de crisis sin pérdidas significativas.

Para Janker y Mann (2020) la sostenibilidad social aún no se ha podido enmarcar con claridad para el contexto del sector primario, por ello, se justifica considerar como base, los elementos que para la FAO (2014) deben incluirse.

En primer lugar se establece el desarrollo cultural, que se logra cuando se integra fácilmente alguna actividad a la comunidad, respetando las costumbres y tradiciones (Osmundsen, et al., 2020).

En seguida, se encuentra la salud y seguridad humana, que se refiere a la infraestructura y los procesos, así como las medidas de protección necesarios para asegurar el bienestar de los individuos (Boyd, et al, 2020).

Además, en la sostenibilidad social destaca la equidad, que refiere a la igualdad de oportunidades y la participación en las decisiones de hombres y mujeres (Brugere, et al. 2023).

La prioridad al contratar a personas de la localidad, es otro de los elementos que engloba la sostenibilidad social, considerada como parte de los derechos laborales de los oriundos (Osmundsen, et al., 2020).

Otro elemento involucrado en la sostenibilidad social, es la práctica del comercio equitativo, que se logra cuando los productores y consumidores perciben que el precio pactado es justo a lo que ofrecen o reciben (Brugere, et al. 2023).

Finalmente, la FAO (2014) propone los medios de vida decentes, que pueden medirse principalmente a través de los servicios básicos y superiores que satisfacen las necesidades de los productores y sus familias (Brugere, et al. 2023).

1. 4. Gobernanza

Para que los sistemas alimentarios sean sostenibles, es necesaria la gobernanza en diferentes niveles, con el fin de organizar las relaciones que se dan entre múltiples actores del sector público, privado y sociedad civil (David-Benz, et al., 2022: 10). Por ello, la FAO (2014) incluyó este concepto dentro del marco de evaluación de la sostenibilidad que sugiere para la agricultura y los sistemas de alimentación.

La gobernanza es un estilo de gobierno que se centra en el bienestar de una sociedad económicamente sustentable; donde los actores tienen derechos equivalentes, formulan y toman decisiones participativas que buscan la transparencia, la eficiencia, eficacia y calidad en la gestión (Díaz-Barrios, et al., 2018). Para su medición, la FAO (2014) propone incluir los siguientes elementos.

La gestión holística, que es el aprendizaje para tomar decisiones con respecto a la calidad de vida, administrando los recursos adecuadamente y concientizándose sobre su aportación en la mejora del medio ambiente y la comunidad, a través de acciones y decisiones (Gosnell, et al., 2022). Para la acuicultura, Weitzman y otros (2021) proponen su medición considerando las ganancias e inversiones sostenibles en el tiempo, así como el monitoreo que permite mantener el camino hacia la sostenibilidad.

El estado de derecho forma parte de la gobernanza porque se conforma por un mandato legal (FAO, 2014) y es el reconocimiento por parte de las autoridades (Parttelow, et al. 2023) para otorgar derechos equivalentes, desarrollando e implementando acciones, políticas y programas que

garantizan equidad y credibilidad a través de la transparencia en el uso y repartición de recursos.

La participación de grupos de interés es otro factor que conforma la gobernanza. Para Parttelow y otros (2023), es fundamental hacia el camino de la sustentabilidad integral, porque facilita el desarrollo de procesos conjuntos, mejorando la asignación de recursos y riesgos, tanto en el sector público como en el privado.

La responsabilidad social de parte del productor hacia el consumidor, es fundametal para generar un entorno de confianza y se consigue con la transparencia, informando sobre cómo y dónde se producen los productos ofertados (Boyd, et al. 2020)

Finalmente, se encuentra la ética corporativa, que se refiere a tomar decisiones organizacionales, considerando las consecuencias desde el punto de vista ético (Boyd, et al. 2020). Para el contexto de los acuicultores, en donde son ellos los que toman las decisiones en sus granjas, se refiere más bien a un comportamiento ético individual o familiar sobre la operación, cuidado y venta de los peces.

De acuerdo con Boyd y colaboradores (2020), tanto la responsabilidad social como el comportamiento ético tienen un papel protagónico en la decisión del acuicultor hacia una la producción más amigable con el medio ambiente. Incluso se ha demostrado que la conciencia ética y responsable, tienen un efecto significativo sobre el compromiso ambiental (Asfar y Urani, 2020). Para el caso de los productores del sector primario, Yaghoubi Farani, Mohammadi y Ghahremani (2019) dan por hecho que la responsabilidad social y la actuación ética son parte de la sostenibilidad ambiental, utilizando el constructo “comportamiento ambiental responsable”. Sin embargo, siguiendo la propuesta de la FAO (2014), en este estudio se considera como parte de la gobernanza.

1. 5. Definiciones conceptuales de las dimensiones propuestas por la FAO

En la tabla 1 se presenta un resumen de las dimensiones que propone la FAO para la sostenibilidad ambiental, económica, social y gobernanza, así como la definición conceptual propuesta por los estudios mencionados.

Tabla 1. Dimensiones y definiciones conceptuales

Eje	Dimensión FAO	Definición conceptual
	Atmósfera	Efecto de la atmósfera en la temperatura del agua (Maulu, 2021)

Tierras	Eficiencia en el uso del espacio (Mallick y Rudra, 2021)
Agua	Cantidad y calidad de agua (Mallick y Rudra, 2021)
Materiales y energía	Uso de energía potencial (Mallick y Rudra, 2021)
	Uso de recursos naturales para la producción (Tomasso, 2008)
Biodiversidad	Cultivo de especies diferentes para reducir riesgos (Teletchea, 2019)
Bienestar animal	Control del nivel de estrés en los peces (Boyd, et al. 2020)

Tabla 1. Dimensiones y definiciones conceptuales (continuación)

Eje	Dimensión FAO	Definición conceptual
Sostenibilidad económica	Inversiones	Desempeño considerando ventas, rentabilidad, recuperación de lo invertido y lealtad de clientes (Mallick y Rudra, 2021)
		Costes y gastos de producción y operación (Engle, Kuman y van Senter, 2020)
	Vulnerabilidad	Nivel de riesgo para acuicultores (Valenti, et al, 2018)
	Calidad e información de productos	Características del producto que se cumplen de acuerdo a los estándares establecidos (Tomasso, 2008)
		Información proporcionada del productor hacia los consumidores (Tomasso, 2008)
Sostenibilidad social	Economía local	Integración y contribución de la comunidad (Osmundsen, et al., 2020)
	Desarrollo cultural	Respeto a la cultura local (Osmundsen, et al., 2020).
	Salud y seguridad humanas	Condiciones requeridas para lograr la seguridad humana (Boyd, et al. 2020)
		Condiciones y prevenciones para el cuidado de la salud (Boyd, et al. 2020)
	Equidad	Participación de las mujeres e igualdad de oportunidades (Brugere, et al. 2023)
	Derechos laborales	Generación de empleos a personas locales (Osmundsen, et al., 2020)
		Bienestar por las condiciones y las actividades laborales (Brugere, et al. 2023)
	Prácticas de comercio equitativas	Comercio justo y equitativo para oferentes y demandantes (Brugere, et al. 2023)
Gobernanza	Medios de vida decentes	Servicios para vida decente (Brugere, et al. 2023)
	Gestión holística	Ganancias sostenibles en el tiempo (Weitzman, et al. 2021)
		Inversiones sostenibles en el tiempo (Weitzman, et al. 2021)

Monitoreo para mantenerse en el camino (Weitzman, et al. 2021)	
Estado de Derecho	Reconocimiento de las autoridades (Parttelow, et al. 2023)
Participación	Participación de grupos de interés (Parttelow, et al., 2023)
Responsa- bilidad	Transparencia sobre cómo y dónde se realiza la producción (Boyd, et al. 2020)
Ética corporativa	Decisiones con bases éticas (Boyd, et al. 2020)

Fuente: elaboración propia con base a FAO (2014) y otros.

1. 6. Entorno de los acuicultores en el centro de México

En los territorios mexicanos sin litoral marítimo, la actividad acuícola en aguas dulces ha cobrado importancia en la última década, con lo que México se ha posicionado como el tercer país de Latinoamérica con mayor producción acuícola en aguas dulces, sólo superado por Brasil y Colombia (Gyalog, et al., 2022).

En particular, gran cantidad de personas que viven en las zonas boscosas del centro de México, han establecido granjas acuícolas, puesto que su instalación ha sido relativamente sencilla por las condiciones ambientales que se presentan y los apoyos que, en su tiempo, el gobierno estatal otorgó a los oriundos del lugar para la cría de trucha, carpa y tilapia principalmente (Cuéllar-Lugo, et. al. 2018). La acuicultura se ha convertido en una de las actividades económicas más importante para el desarrollo de la región, obteniendo para 2023, 74 toneladas de trucha y 43 toneladas de carpa y tilapia, aportando el 13% y 1% de la producción nacional sin litoral respectivamente; de esta producción, 76.3% se cultivan de manera extensiva y sólo el 23.7% de manera intensiva o semi-intensiva (Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca, 2023). Adicionalmente, alrededor de acuicultura, varios productores han complementado sus ingresos con actividades turísticas (Vázquez-Vera y Chávez-Carreño, 2022), como la preparación de alimentos y hospedaje.

A pesar de que las autoridades mexicanas han realizado reformas regulatorias para fomentar la pesca de manera ordenada (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2024), desarrollando algunos programas para encaminarla hacia la sostenibilidad (Secretaría de Gobernación, 2020), la acuicultura en aguas dulces en espacios sin litorales marítimos, prácticamente ha quedado fuera de estos esfuerzos. Los subsidios otorgados por el gobierno han servido, sobre todo, para el equipamiento, dejando de lado la capacitación sobre nuevas técnicas para

que las granjas sean más productivas y sostenibles (Lamoreux, et al., 2019), repercutiendo en el medio ambiente (Crespo-Guerrero y Jiménez-Pelcastre, 2021:6). Por otro lado, los apoyos del gobierno no han sido suficientes ni han sido entregados a los que más lo necesitan, pues se ha observado que los acuicultores más productivos que han recibido apoyo para instalar y operar una granja acuícola, desde antes ya contaban con capital social y económico (Vázquez-Vera y Chávez-Carreño, 2022: 323).

La explotación intensiva de la región ha presentado varios problemas dados por las cambiantes condiciones ambientales que perjudican la salud y crecimiento de las crías (Pié-Oripí, 2021), repercutiendo en una menor probabilidad de éxito. A pesar de que la mayoría de los productores del centro de México reciben apoyos de programas gubernamentales para la instalación, han tenido que asumir los altos costes de operación, quedando inmersos en una actividad productiva con grandes barreras de salida, lo que ha complicado la sustentabilidad económica (González, 2021), al no poder operar la granja acuícola con los ingresos que se perciben, reduciendo la posibilidad de proyectar su continuidad en el mediano y largo plazo (Constanza, 2020).

Si bien la política de Estado en materia de acuicultura en México ha sido poco efectiva, la reducida cultura cooperativa entre los productores es un factor que ha repercutido aún más en la deficiente gestión para conseguir apoyos (Lainez-Loyo, et al., 2020); además, el escaso o nulo conocimiento que las asociaciones de productores tienen sobre prácticas más amigables con el medio ambiente, los limita en la cultura de producción más sostenible (Mendoza-Vela, 2021). Por otra parte, los vínculos entre la academia y los pequeños productores se ven limitados por el tiempo que duran los proyectos de investigación (Rivera-Huerta, et al., 2011), lo que repercute en un limitado conocimiento compartido de los investigadores hacia los productores sobre técnicas sostenibles y otros temas.

Por todo lo mencionado, persista una pobre cultura de producción sostenible en granjas acuícolas, por lo que, la adopción de técnicas amigables con el entorno, depende en gran medida del ingenio individual de los productores (Vázquez-Vera y Chávez-Carreño, 2022: 323). Por ello, es necesario identificar los factores con mayor relación con la sostenibilidad ambiental en los acuicultores.

2. MÉTODOS Y MATERIALES

Para medir y evaluar las estrategias que llevan a una producción más sostenible de la acuicultura en aguas dulces, se han sugerido varios métodos. En países como México, el lento flujo de información provoca que exista un retraso importante en la actualización de los datos de las cuentas satélite de hasta seis años², por lo que, el uso de indicadores no es una opción viable para la evaluación de estrategias hacia la producción sostenible del sector primario en general.

Ante tal situación, Wang y otros (2019), proponen comprender el comportamiento de los productores para establecer las bases de una sostenibilidad integral en la producción de alimentos, porque ellos son los que toman la decisión de realizar su labor utilizando -o no- técnicas y/o herramientas más amigables con el medio ambiente, considerando todos los factores de su entorno. Este trabajo determina los factores que tienen mayor relación con la sostenibilidad ambiental de la acuicultura en aguas dulces del centro de México, considerando la percepción de 64 productores sobre los elementos de la sostenibilidad ambiental, económica y social, así como los de la gobernanza.

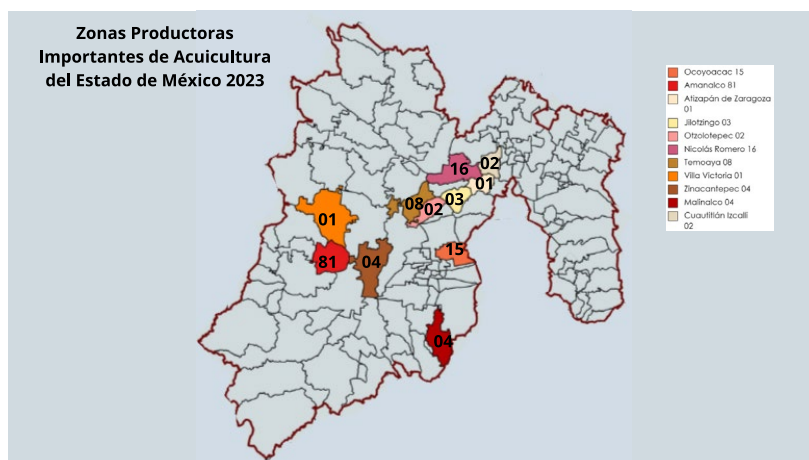
2. 1. Toma de muestra

La población está constituida por los acuicultores del Estado de México que han establecido su granja en 24 municipios cercanos a la Ciudad de México. Según datos del gobierno estatal, se estima que existen alrededor de 146 productores que realizan esta actividad con fines de lucro³ (GEM, 2021), construyendo estanques de manera formal en zonas boscosas con riachuelos, aprovechando las características ambientales que facilitan su actividad. En la figura 1 se muestra la ubicación de los municipios en donde están instalados los productores.

Figura 1. Mapa con las principales zonas acuícolas en el Estado de México

² El último censo económico registrado es de 2019 (INEGI, 2020).

³ En los registros de la Secretaría del Campo del Estado de México, existen más de mil productores, pero el 85% realizan la actividad de acuicultura sólo para autoconsumo (GEM, 2021).



Fuente: elaboración propia.

La muestra fue no probabilística y por conveniencia (sujetos voluntarios); se logró levantar 64 encuestas a productores que desarrollan el cultivo de trucha, carpa y tilapia como su principal actividad económica.

Considerando los registros de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural del Gobierno de México (2024) sobre los productores que utilizan la acuicultura como principal actividad económica, se verificó que la muestra estuviera integrada por al menos un productor de cada municipio, que fue el caso de Amanalco, Zinacantepec y Cuautitlán Izcalli. Por otro lado, se logró que el total de productores de Atizapán de Zaragoza, Nicolás Romero y Temoaya, colaboraran para esta investigación. En la tabla 2 se muestra la proporción de participantes de cada municipio, enlistándolos de mayor a menor número de productores registrados.

Tabla 2. Municipios del Estado de México con producción acuícola y proporción de encuestados

Municipio	Productores registrados	Productores encuestados	%
Amanalco	39	1	3%
Ocoyoacac	28	19	68%
Nicolás Romero	20	20	100%
Jilotzingo	13	5	38%
Cuatitlán Izcalli	13	1	8%
Otzolotepec	10	2	20%
Villa Victoria	4	2	50%
Temoaya	8	8	100%
Malinalco	7	3	43%
Atizapán de Zaragoza	2	2	100%
Zinacantepec	2	1	50%

Total	146	64	44%
-------	-----	----	-----

Fuente: elaboración propia con base a registros de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2024)

2. 2. Metodología en campo

La investigación fue de campo y aplicada, porque con base a la percepción de los acuicultores recopilada por el cuestionario elaborado para este fin, se plantean algunas propuestas para impulsar las actividades acuícolas de una manera más sostenible. Es cuantitativa y correlacional porque se miden y analizan las variables que más aportan para explicar la variabilidad de la sostenibilidad ambiental.

Esta investigación fue no experimental, ya que observó el fenómeno sin realizar ninguna alteración a la realidad. Por el periodo en que se llevó a cabo, fue transeccional (Hernández, Fernández y Baptista, 2014), recolectando los datos en un solo momento.

2. 3. Instrumento de recolección de datos

Para medir las variables de estudio, se utilizó un cuestionario elaborado para esta investigación, considerando las dimensiones sugeridas por la FAO (2014) para evaluar la sostenibilidad de los sistemas alimenticios y las definiciones conceptuales mostradas en la tabla 1.

Para aplicar el instrumento, se enviaron invitaciones a todos los productores registrados, pero sólo se completaron 64 cuestionarios que se aplicaron de manera personal. El cuestionario consta de cinco preguntas sobre datos sociodemográficos, 37 preguntas con escala de Likert (en donde 5 representa la calificación máxima), una pregunta de selección múltiple sobre los servicios básicos y superiores y una pregunta abierta en la que los encuestados expresaron sus necesidades.

3. RESULTADOS

3. 1. Sobre la muestra

Se entrevistaron a 48 hombres (75%) y 16 mujeres (25%) con edades que oscilan entre los 18 y 74 años. Cerca de las dos terceras partes de los encuestados tienen más de 10 años de operación, lo que les ha dado una amplia experiencia en el manejo de granjas acuícolas.

Por el número de empleados, 54 tienen una microempresa (10 empleados o menos) y 10 de los encuestados poseen una pequeña empresa (entre 11 y 19 empleados), en donde todos o varios integrantes de la familia están inmersos en las actividades acuícolas.

3. 2. Confiabilidad y validez del instrumento

Para verificar la validez del cuestionario, se calculó el Análisis Factorial Exploratorio (AFE) por componentes principales, que sugirió diez factores (tabla 3). Para asegurar la confiabilidad del instrumento, se utilizó el Alfa de Cronbach, obteniendo parámetros mayores a 0.68, que es el mínimo aceptable para este tipo de estudios (Hair, et al., 1999).

A partir de las preguntas válidas y confiables, se construyeron las variables compuestas, tomando los grupos de preguntas definidas por la validez de los constructos mostrados en la tabla 3. Sólo para la variable de medios de vida decente no se calculó ni la confiabilidad ni la validez, pues se construyó a partir de respuestas dicotómicas (si/no) sobre la presencia o ausencia de servicios de agua, drenaje, luz, gas, teléfono e internet, considerando los cuatro primeros como servicios básicos (INAFED, 2015) y junto con los dos últimos, se determinaron como servicios superiores.

Tabla 3. Instrumento utilizado y resultados de validez y confiabilidad

Factor	Pregunta	AFE	Alfa de Cronbach
Sostenibilidad Ambiental	¿Cómo percibe que es la producción de la granja con respecto al espacio destinado a ello?	Se fusionan las dimensiones de tierras y agua. Los demás elementos explican mejor las dimensiones de costes y gastos, y vulnerabilidad, (sostenibilidad económica)	0.716
	¿Cuál es su percepción sobre la calidad del suelo que hay en su granja?		
	¿Cuál es su percepción sobre el uso de agua destinada a la producción?		
	¿Cuál es su percepción sobre la calidad del agua que hay en su granja?		
Sostenibilidad económica	¿Qué tan bien se desempeñó su granja en comparación con sus competidores en cuanto a crecimiento en ventas?	Sin cambios	0.910
	¿Qué tan bien se desempeñó su granja en comparación con sus competidores en cuanto a rentabilidad de la granja?		
	¿Qué tan bien se desempeñó su granja en comparación con sus competidores en cuanto a la recuperación de lo invertido?		
	¿Qué tan bien se desempeñó su granja en comparación con sus competidores en cuanto a lealtad de los clientes?		
	¿Cuál es la proporción del gasto de energía eléctrica que tiene con respecto al costo total de la producción?	Se integran elementos originalmente considerados en sostenibilidad ambiental (materiales y energía)	0.737
	¿Qué tantos recursos naturales debe utilizar para la producción de la granja?		
	¿Cuál es la proporción de los insumos que utiliza (crias, alimento, vacunas, etc) con respecto al costo total de la producción?		
	¿Cuál es la proporción de los otros gastos que tiene (desinfectante del agua, desazolve, mantenimiento del equipo) con respecto al costo total de la producción?		
	¿Qué efecto ha tenido el cambio climático en la temperatura del agua?	Se integran elementos	0.819

Economía local y desarrollo cultural	Comparado con otros productores de la región, ¿qué tanta diversidad tiene de sus productos?	originalmente considerados en sostenibilidad ambiental	0.757
	¿Qué importancia tiene el control del nivel de estrés en los peces?	(atmósfera, biodiversidad y bienestar animal) y factores de sostenibilidad social (salud y seguridad humana)	
	Sobre los riesgos que existen en la operación de la granja (desastres naturales, muerte o enfermedad de las crías, falta de liquidez, expropiación de tierras, etc.), ¿qué tanto se siente preparado para enfrentarlos?		
	Las instalaciones de la granja, ¿cuenta con las condiciones de seguridad requeridas?		
	Los empleados de la granja, ¿siguen medidas de sanidad dentro de las instalaciones?		
	¿Cuál es su percepción sobre la importancia de la producción acuícola para el desarrollo de la localidad?	Se fusiona con factores de sostenibilidad social (desarrollo cultural y derechos laborales)	
	¿Qué tan fácil ha sido integrar la actividad acuícola a a la cultura de la localidad?		
	Sobre los trabajadores de su granja, ¿qué tantos son de la misma población?		

Tabla 3. Instrumento utilizado y resultados de validez y confiabilidad (continuación)

Factor		Pregunta	AFE	Alfa de Cronbach
Sostenibilidad Social	Condiciones de trabajo y equidad	¿Cuál es la proporción de los sueldos que paga con respecto al costo total de la producción?	Se asocian condiciones de trabajo y equidad, (dimensiones de sostenibilidad social). Los demás elementos, explican mejor la dimensión de economía local y desarrollo cultural (sostenibilidad económica) y gestión holística y comercio equitativo (gobernanza)	0.772
		¿Cuál es la proporción de mujeres con autoridad sobre el total de empleados en su granja?		
		Sobre los trabajadores de su granja ¿qué nivel de bienestar considera que tienen en el trabajo?		
	Medios de vida decente	Servicios básicos (agua, luz, drenaje y gas) y servicios superiores (los anteriores más teléfono e internet)	Sin cambios	No aplica
Gobernanza	Gestión holística y comercio equitativo	¿Qué tan satisfecho se siente con el precio que le pagan por su producto?	Se integra la dimensión de comercio equitativo (originalmente clasificado en sostenibilidad social)	0.927
		Las ganancias obtenidas en la granja ¿son suficientes como para dedicarse de tiempo completo a esta actividad en los próximos años?		
		Las inversiones que ha hecho para operar la granja, ¿las ha recuperado en el tiempo estimado?		
		Realiza un monitoreo constante para asegurarse de cumplir con las metas		
	Estado de derecho y participación	¿Qué tan frecuentemente es usted convocado por las autoridades para conocer su opinión sobre algún asunto comunitario?	Se asocian Estado de Derecho y Participación	0.889
		Para la producción de este año, ¿qué tanto ha aportado la asociación con dependencias de gobierno?		
		Para la producción de este año, ¿qué tanto ha aportado su asociación con otros productores?		

Responsabilidad, Ética Corporativa y Calidad e información de productos	Para la producción de este año, ¿qué tanto ha aportado la asociación con Académicos (Universidades y Centros de Investigación)?	
	En comparación con sus competidores, ¿cómo considera la calidad de su producto?	Se asocian responsabilidad y ética corporativa y se integra la dimensión de calidad e información de producto
	¿Cuál es el nivel de información que proporciona sobre sus productos?	(origilamente en sostenibilidad económica)
	Sobre los ingresos y gastos de su granja ¿entrega la información requerida por las autoridades en tiempo y forma?	
	Sobre los ingresos y gastos de su granja ¿qué tan completa es la información que presenta?	
	En las decisiones sobre su granja ¿qué tanto se basa en valores y normas morales para tomarlas?	0.934

Fuente: elaboración propia con base a cálculos de SPSS 23

3. 3. Resultados Descriptivos

Considerando que la responsabilidad social y el comportamiento ético (RS) tienen un papel protagónico en la decisión del acuicultor hacia una la producción más amigable con el medio ambiente (Boyd, et al., 2020), se identificaron dos grupos dentro de la muestra: los productores con un alto grado de RS (17) y aquellos que tienen un medio o bajo grado (47).

Las medias y desviaciones estándar general y por grupo se muestran en la tabla 4, así como el análisis de comparación de medias (t de Student). En general, todos los acuicultores encuestados perciben que existe una aceptable sostenibilidad ambiental con una calificación promedio de 3.89, sin diferencia significativa entre los grupos.

Tabla 4. Media y desviación estándar de las variables de estudio

		General (64)		Alta RS (17)		Media-Baja RS (47)		Diferencia estadísticamente significativa (t de Student)
Eje	Factor	Media	Desv Est.	Media	Desv Est.	Media	Desv Est.	
Sostenibilidad ambiental		3.89	0.565	4.06	0.429	3.84	0.690	No
Sostenibilidad económica	Desempeño	3.25	0.936	4.49	0.345	2.81	0.631	Si
	Costes y gastos	3.48	0.759	3.85	0.673	3.35	0.749	Si
	Vulnerabilidad	3.28	0.678	3.64	0.667	3.15	0.642	Si
	Economía local y desarrollo cultural	4.40	0.505	4.53	0.374	4.35	0.540	No

Sostenibilidad social	Condiciones de trabajo y equidad	2.89	1.000	2.97	1.408	2.86	0.823	No
	Medios de vida decentes	3.95	1.208	4.53	0.856	3.74	1.256	Sí
Gobernanza	Gestión holística y comercio equitativo	3.80	1.007	4.16	0.795	3.66	1.049	No
	Estado de derecho y participación	1.85	0.824	2.18	0.973	1.73	0.739	No
	Responsabilidad, ética corporativa y calidad e información de productos	3.30	0.945	4.56	0.267	2.85	0.631	Sí

Fuente: Elaboración propia

Dentro del eje de sostenibilidad económica, está en primer lugar la variable de desempeño, que agrupa información sobre el crecimiento en ventas, rentabilidad, recuperación de la inversión y lealtad de clientes. Resalta la alta diferencia entre las medias los grupos: mientras que los acuicultores que tienen un alto grado de RS perciben haber logrado un muy buen desempeño (4.49), los acuicultores con un medio o bajo grado de RS creen que su desempeño no ha sido bueno (2.81).

Los encuestados consideran que gran parte de los costes y gastos que erogan se componen de costes por energía eléctrica, recursos naturales, compra de crías, alimentos y vacunas, así como desinfectantes de agua, desazolve y mantenimiento de equipo. Sin embargo, el grupo de acuicultores con alta RS da un mayor valor a estos conceptos (3.85) que el grupo de media o baja RS (3.35).

La variable de vulnerabilidad recopila información sobre los riesgos que han tenido que afrontar por el cambio climático, la poca diversidad de productos, el nivel de estrés de los peces por la falta de oxígeno en el agua, los riesgos como desastres naturales y muerte o enfermedad de las crías, entre otros; así como el aseguramiento de reducir el riesgo de accidentes a través las instalaciones y medidas de seguridad. El grupo de productores con una alta RS, reconoce mayor vulnerabilidad en la operación diaria (3.64) que el grupo de productores con media o baja RS (3.35).

La variable de economía local y desarrollo cultural, engloba información sobre el desarrollo económico generado por la actividad acuícola, respetando la cultura de la población. Es la variable con mayor calificación promedio general (4.40), sin diferencias significativas entre los dos grupos, porque todos los encuestados perciben que la instalación

de las granjas sí ha mejorado la economía local, conservando la cultura y costumbres del lugar.

Dentro del eje de sostenibilidad social, está la variable de condiciones de trabajo y equidad, que agrupa la percepción sobre los sueldos, la igualdad de oportunidades para las mujeres y el nivel de bienestar para los empleados. La diferencia entre las medias de los dos grupos no es significativa; sin embargo, la desviación estándar en el grupo de acuicultores con alta RS es grande, lo que indica que hay diferencias importantes en la percepción de este grupo sobre este tema. La calificación promedio general (2.89) es la segunda menor, lo que muestra la poca atención que se le ha dado a las condiciones de trabajo y equidad en la acuicultura del centro de México.

La diferencia de medias en la variable de medios de vida decente es la más grande entre los dos grupos de acuicultores. En general, los acuicultores con una alta RS, viven con medios de vida ligeramente mejores a los básicos (4.16), lo que seguramente les ha permitido desarrollar una visión más solidaria. Por otra parte, en los acuicultores con un medio o bajo grado de RS existe una gran discrepancia sobre las condiciones de vida (la desviación estándar es de 1.256); algunos cuentan al menos los servicios básicos, pero otros viven en situaciones vulnerables.

Dentro del eje de gobernanza, está la variable de gestión holística y comercio equitativo, que recopila información sobre las acciones realizadas en el presente para asegurar la continuidad de la actividad. En general, los productores creen que esta gestión ha sido suficiente (el promedio es de 3.80 y no hay diferencias significativas entre los dos grupos), aunque la desviación estándar del grupo de acuicultores con un medio o bajo nivel de RS, muestra grandes diferencias.

La baja calificación en la variable de estado de derecho y participación (1.85) y la ausencia de diferencias significativas entre ambos grupos, muestra que todos los encuestados perciben una incipiente articulación entre gobierno, asociaciones de productores y la academia. Cabe señalar que la mayoría de los acuicultores que participaron en esta investigación, manifestaron la necesidad que tienen de apoyos del gobierno y la academia, a través de la única pregunta abierta del cuestionario aplicado.

Finalmente, está la variable de responsabilidad, ética corporativa y calidad e información de productos, que recoge datos sobre la actuación honesta y responsable de los productores sobre la información que proporciona a las autoridades y clientes, la responsabilidad en sus acciones y la ética que consideran en sus decisiones. Es la variable con mayor

diferencia significativa entre los dos grupos de acuicultores. Mientras que el grupo de alta RS alcanzó una media de 4.56, para el otro grupo fue de 2.85.

3. 4. Regresión Lineal

Para llegar al objetivo de esta investigación, se calculó la regresión lineal para ambos grupos. En la tabla 5 se observan los componentes para las ecuaciones de regresión de cada grupo, calculadas bajo el método de pasos sucesivos que permite determinar las variables con mayor poder predictivo sobre la variable dependiente, es decir, la sostenibilidad ambiental.

Se determinó que para ambos grupos, la vulnerabilidad tiene influencia sobre la sostenibilidad ambiental, aunque para el grupo de acuicultores con alto grado de RS de manera negativa, presentándose con mayor influencia la variable de economía local y desarrollo comunitario; por otra parte, para el grupo de medio o bajo nivel de RS, la gestión holística también presenta una influencia significativa sobre la sostenibilidad ambiental.

Para ambos grupos, el valor encontrado de R² se considera aceptable, pues explica su variabilidad entre 61.5% y 64.2%. Estos resultados representan un importante avance en la búsqueda de variables con mayor poder predictivo de la sostenibilidad ambiental en la actividad acuícola de aguas dulces.

Tabla 5. Componentes para la ecuación de regresión de sostenibilidad ambiental

Predictores	Alta RS (17)		R ²	Media-baja RS (47)		R ²
	Coeficientes no estandarizados			Coeficientes no estandarizados		
	<i>b</i>	Error Estándar		<i>b</i>	Error Estándar	
Constante	2.730	1.147	0.642	0.935	0.355	0.615
Economía local y desarrollo comunitario	0.541	0.202				
Vulnerabilidad	-0.309	0.113		0.586	0.104	
Gestión holística y comercio justo				0.287	0.064	

Fuente: elaboración propia con base a los cálculos de SPSS 23.0

Por tanto, se puede afirmar que para los acuicultores con alto grado de RS, un aumento en la economía local podría mejorar la sostenibilidad ambiental, pero una mayor vulnerabilidad puede frenarla e incluso reducirla. Por su parte, para los acuicultores con medio o bajo grado de RS, la vulnerabilidad tiene un impacto positivo en la sostenibilidad

ambiental, lo que refleja que estos acuicultores desarrollan mayores estrategias adaptativas y resilientes cuando enfrentan mayores condiciones de vulnerabilidad, contribuyendo a mejorar la sostenibilidad ambiental; además, la influencia de la gestión holística y comercio justo, sugiere que un enfoque más integrado de la gestión de la sostenibilidad, puede traer mayores beneficios a la sostenibilidad ambiental.

3. 5. Discusión de Resultados

Los acuicultores del centro de México habían gozado de un entorno estable, con una producción sin cambios pero rentable (aunque no siempre eficiente), apoyos gubernamentales y clientes suficientes, hasta la década de 2010, periodo en el que el impacto del cambio climático, se hizo más visible (Hoegh-Guldberg y Bruno, 2010). A la fecha, los productores deben lidiar con cambios en el entorno ambiental y por consecuencia, costes de operación cada vez mayores, reducción o eliminación de apoyos gubernamentales y reducción de clientes, sobre todo después de la pandemia del COVID-19.

En general, los acuicultores encuestados manifestaron comprender la importancia de la sostenibilidad ambiental por ser la base de su actividad. Al respecto, Mutyasira y otros (2018) sostienen que los productores comprenden que es vital la conservación de los recursos para el desarrollo de sus actividades productivas. Sin embargo, pareciera ser que los esfuerzos realizados no han sido suficientes. De manera similar, en la India el tipo de acuicultura que prevalece ha permitido que los productores satisfagan sus necesidades inmediatas, pero han tenido que enfrentar constantes retos porque la mayoría no ha respetado la naturaleza sostenible de la acuicultura para garantizar su producción futura (Mallick y Rudra, 2021)

Investigaciones como la de Yaghoubi Farani, Mohammadi y Ghahremani (2019), han considerado que la actuación ética y responsable junto con la sostenibilidad ambiental, conforman el constructo “comportamiento ambiental responsable”. Por su parte, la FAO (2014) determina que la primera es parte de la gobernanza, como uno de los pilares de la sostenibilidad en los sistemas alimentarios. Sin embargo, en esta investigación se ha demostrado que la actuación ética y responsable, influye decisivamente en la manera de concebir la importancia de la sostenibilidad ambiental. Los acuicultores con un alto grado de RS, han adquirido una visión más estratégica y proactiva hacia ella, como se refleja en su enfoque hacia la economía local y la vulnerabilidad. En cambio, los

acuicultores con un nivel medio o bajo de RS, tienen una visión más adaptativa, enfocándose más en gestionar para adecuarse a las circunstancias que se van presentando por la vulnerabilidad del sector en cuanto a los riesgos ambientales, económicos y sociales.

Todos los factores considerados por la FAO (2014) dentro del SAFA, están íntimamente relacionados, incluso los que se han clasificado en distintos ejes, como se demuestra en la asociación y fusión de factores que el Análisis Factorial de este estudio sugirió. Garlock y otros (2024) explican que la sostenibilidad económica, social y ambiental se refuerzan entre sí dentro de los sistemas de acuicultura globales. A ello se debe agregar la gobernanza.

Sin embargo, en este estudio se encontró que los factores que más explican la presencia de la sostenibilidad ambiental, pertenecen a los ejes de la sostenibilidad económica (vulnerabilidad y economía local y desarrollo cultural) y al de gobernanza (gestión holística y comercio equitativo). Al respecto, Mallick y Rudra (2021) sostienen que una gobernanza fuerte puede apoyar a enfrentar mejor los riesgos productivos, que para este estudio se representan en el factor de vulnerabilidad. Además, en esta investigación se demuestra su estrecha relación con la sostenibilidad ambiental. Mallick y Rudra (2021) también explican que la sostenibilidad de los procesos productivos acuícolas, dependen del desempeño y el control de los costes y gastos. A partir de la evidencia de esta investigación, puede afirmarse que esta postura es cierta para los acuicultores con un medio o bajo nivel de RS, que tienen una visión más adaptativa bajo la cual van sorteando los riesgos para sobrevivir. Para los acuicultores con un alto nivel de RS, dichos riesgos propios de la actividad, frenan la sostenibilidad ambiental, pero su ímpetu por lograr un mayor bienestar en su comunidad a través de la economía local y el desarrollo comunitario, es más fuerte.

La poca relación entre la sostenibilidad ambiental y la social, evidencian las grandes brechas entre la percepción de los productores sobre la importancia de las condiciones de trabajo y equidad, así como de los medios de vida para lograr una sostenibilidad integral (Barron, et al., 2023), por lo que sigue pendiente enmarcar la sostenibilidad social para el contexto del sector primario (Janker y Mann, 2020).

La necesidad de apoyos por parte del gobierno y la academia que los acuicultores manifestaron en esta investigación, ya lo habían señalado varios autores (Rivera-Huerta, et al., 2011; Lamoreux, et al., 2019; Lainez-Loyo, et al., 2020; y Mendoza-Vela, 2021), quienes explican que los

apoyos no pueden eliminarse de tajo, sobre todo cuando los acuicultores requieren de capacitación y asesoría constante para el desarrollo de su actividad productiva. Sin apoyos adecuados en capacitación, materiales e infraestructura, la sostenibilidad de la acuicultura y la propia actividad, están en riesgo (Valenti, et al, 2018).

CONCLUSIONES

Para avanzar en el importante tema de la sostenibilidad ambiental dentro de las actividades primarias, es necesario realizar un diagnóstico sobre la situación actual, medir y evaluar el avance. Sabedora de ello, la FAO desarrolla el marco de evaluación para la sostenibilidad de los sistemas alimenticios y la agricultura, que es un referente para identificar brechas entre lo que existe y lo que se pretende lograr. Al ser tan general, es imposible que considere las particularidades de cada subsector, como lo es el caso de la acuicultura en aguas dulces.

En países como México, es más factible utilizar un cuestionario elaborado bajo el esquema del SAFE, para realizar un diagnóstico sobre los avances en materia de sostenibilidad en la acuicultura en aguas dulces, pues las cuentas satélite presentan un retraso importante en el reporte de información.

A partir de los hallazgos de este estudio, se concluye que el nivel de RS influye en las estrategias y enfoques adoptados por los acuicultores para lograr la sostenibilidad ambiental. Mientras que el grupo con un alto grado de RS se enfoca en un modelo más proactivo y preventivo, el grupo con un nivel medio o bajo de RS se centra más en la gestión adaptativa.

Los acuicultores con un alto nivel de RS tienen una mayor orientación por contribuir a mejorar la economía local y reducir los impactos de la vulnerabilidad, como una estrategia integral para mejorar la sostenibilidad ambiental. Posiblemente son personas más comprometidas con todo su entorno y por tanto, son más proactivos para reducir los riesgos ambientales, sociales y económicos que enfrentan en su actividad.

Los acuicultores con un nivel medio o bajo de RS han comprendido la importancia de la sostenibilidad ambiental, por los riesgos propios de su actividad que han tenido que afrontar. De la mano, también han tenido que aprender a realizar una gestión más holística que les ha permitido dar continuidad a su actividad productiva. Por ello, se concluye que este grupo de acuicultores ha desarrollado una gran capacidad de adaptación y manejo integral, aunque esto tiene un menor impacto en la sostenibilidad

ambiental en comparación con el grupo de acuicultores con un alto nivel de RS.

A partir de las conclusiones enunciadas, se sugiere concientizar a los acuicultores sobre los beneficios individuales y colectivos cuando se actúa con responsabilidad y ética. De esta manera, la sostenibilidad ambiental puede encaminarse de una manera más sencilla, al vislumbrarse como parte del quehacer diario para asegurar su futuro en el mediano y largo plazo, apoyar en el bienestar en su localidad y con ello, ser más solidarios con los demás productores para afrontar juntos los riesgos de su actividad productiva.

Para reducir la vulnerabilidad de los sectores productivos en la acuicultura de aguas dulces, es necesario desarrollar programas de capacitación sobre técnicas y cuidado del entorno, a través de la implementación de tecnologías de punta que permitan la implementación y seguimiento de sistemas de recirculación del agua y de monitoreo constante de la temperatura, oxígeno y calidad.

Es conveniente que el gobierno y la academia, desarrollen asesorías permanentes sobre el control de enfermedades y ajustes en la alimentación. Además, es importante que los apoyos económicos y en especie que proporciona el gobierno, priorice programas que beneficien a toda la comunidad, como la construcción de un refugio comunitario con aguas controladas para la recuperación y observación de los peces que así lo requieran.

El presente trabajo se realizó a partir de encuestas aplicadas a una muestra de acuicultores establecidos en el centro de México, en donde se viven situaciones socioeconómicas particulares que no pueden generalizarse para el resto del país. Una de las limitaciones más importantes del estudio, es la representatividad de los datos, pues no fue posible recopilar un porcentaje similar de encuestas en todas las regiones con vocación acuícola en el centro de México Sin embargo, este estudio puede ser la base de otras investigaciones que deberían desarrollarse para determinar los factores que facilitan la adaptación de prácticas sostenibles en la acuicultura en aguas dulces.

BIBLIOGRAFÍA

AFSAR, Bilal y UMRANI, Waheed Ali (2020). "Corporate social responsibility and pro-environmental behavior at workplace: The role

of moral reflectiveness, coworker advocacy, and environmental commitment”. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 27, no 1, p. 109-125. DOI: <https://doi.org/10.1002/csr.1777>

AHETO, Denis Worlanyo, ACHEAMPONG, Esther y ODOI, Justice Odoiquaye (2019). “Are small-scale freshwater aquaculture farms in coastal areas of Ghana economically profitable?”. *Aquaculture International*, 27, pp. 785-805. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10499-019-00363-9>

AHMAD, Azmi, KURNIAWAN, Seyto Budi, ABDULLAH, Siti Rozaimah Sheikh, OTHMAN, Ahmad Razi, & HASAN, Hassimi Abu (2023). “Contaminants of emerging concern (CECs) in aquaculture effluent: Insight into breeding and rearing activities, alarming impacts, regulations, performance of wastewater treatment unit and future approaches”. *Chemosphere*, 290 pp. 133319. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.133319>

BARDAJÍ, Isabel, AGUILERA, Eduardo, BLANCO, Irene, ESTEVE, Paloma, LASSALETTE, Luis, SANZ-COBENÁ, Alberto, SORIANO, Bárbara y VILLACORTA, Cynitia (2024). “Sostenibilidad del sector agroalimentario español: la importancia de la medición”, *Papeles de Economía Española*, (179) pp. 56-74. <https://www.proquest.com/docview/3048159436?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true&sourcetype=Scholarly%20Journals> [09/12/2024].

BARRON, Patrick, CORD Louise, CUESTA José, ESPINOZA Sabina A., LARSON Greg y WOOLCOCK Michael (2023). *Social Sustainability in Development: Meeting the Challenges of the 21st Century*, 1^a ed., Washington, DC: New Frontiers of Social Policy, World Bank. Handle: <http://hdl.handle.net/10986/39537>

BOYD, Claude E., D'ABRAMO, Louis R., GLENCROS, Brent D., HUYBEN, David C., JUAREZ, Lorenzo M., LOCKWOOD, George S., MCNEVIN, Aaron, TACON, Albert G. J., TELETCHIA, Fabrice, TOMASSO, Joseph R., TUCKER, Craig S. y VALENTI, Wagner C. (2020). "Achieving sustainable aquaculture: Historical and current

- perspectives and future needs and challenges", *Journal of the World Aquaculture Society*, 51, pp. 578-633. DOI: <https://doi.org/10.1111/jwas.12714>
- BRUGERE, Cecile, BANSAL, Tushika, KRUIJSSEN, Froukje y WILLIAMS, Meryl (2023). "Humanizing aquaculture development: Putting social and human concerns at the center of future aquaculture development". *Journal of the World Aquaculture Society*, 54, pp. 482-526. DOI: <https://doi.org/10.1111/jwas.12959>
- CÁMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN (2024). *Ley general de pesca y acuicultura sustentable*, Ciudad de México, <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPAS.pdf> [12/12/2024].
- CHEN, Adela J.W., BOUDREAU, Marie-Claude y WATSON, Richard T. (2008). "Information systems and ecological sustainability", *Journal of systems and Information technology*, 10, pp. 186-201. DOI: <https://doi.org/10.1108/13287260810916907>
- COMISIÓN NACIONAL DE ACUACULTURA Y PESCA (2023). *Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2023*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Gobierno de México. https://nube.conapesca.gob.mx/sites/cona/dgppe/2023/ANUARIO_ESTADISTICO_DE_ACUACULTURA_Y_PESCA_2023.pdf [12/11/2024].
- COSTANZA, Robert (2020). "Ecological economics in 2049: Getting beyond the argument culture to the world we all want". *Ecological Economics*, 168, pp. 1-5. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106484>
- CRESPO-GUERRERO, José Manuel y JIMÉNEZ-PELCASTRE, Araceli (2021). "Hacia el desarrollo sostenible de la pesca y la acuicultura en México: marcos normativos, organización socioeconómica y desafíos", *Cuadernos Geográficos*, 60, pp. 6-28. DOI: <https://dx.doi.org/10.30827/cuadgeo.v60i3.15953>

CUÉLLAR-LUGO, Martha B., ASIAIN-HOYOS, Alberto, JUÁREZ-SÁNCHEZ, José P., RETA-MENDIOLA, Juan L., y GALLARDO-LÓPEZ, Felipe (2018). "Evolución normativa e institucional de la acuacultura en México". *Agricultura, sociedad y desarrollo*, vol. 15, núm. 4, pp. 541-564. <https://www.revista-asyd.org/index.php/asyd/article/view/911> [14/10/2024].

DAVID-BENZ, Hélène, SIRDEY, Ninon, DESHONS, Alice, ORBELL, Claire y HERLANT, Patrick (2022). *Catalizar la transformación sostenible e inclusiva de nuestros sistemas alimentarios. Marco conceptual y metodológico para evaluaciones nacionales y territoriales*, Roma, Montpellier y Bruxelles: FAO, CIRAD y Unión Europea. DOI: <https://doi.org/10.4060/cb8603es>

DEERE, Carmen Diana (2019). "Distribución de la tierra en América Latina: qué nos falta conocer para un análisis de clase y de género", *Revista Latinoamericana de Estudios Rurales*, 4, pp. 285-301, <https://ojs.ceil-conicet.gov.ar/index.php/revistaalasru/article/view/568> [21/11/2024].

DÍAZ-BARRIOS, Jazmín, PEREIRA-BURGOS, Morela y SUÁREZ-AMAYA, Wendolin (2018). "Gobernanza: Una visión desde la teoría administrativa", *Opción*, 34, pp. 326-357. <https://n9.cl/zzpyc> [28/09/2024].

EDWARDS, Peter, ZHANG, Wenbo, BELTON, Ben y LITTLE, David C. (2019). "Misunderstandings, myths and mantras in aquaculture: Its contribution to world food supplies has been systematically over reported", *Marine Policy*, 106, pp. 103547. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103547>

ENGLE, Carole R., KUMAR, Ganesh y VAN SENTEN, Jonathan (2020). "Cost drivers and profitability of US pond, raceway, and RAS aquaculture", *Journal of the World Aquaculture Society*, 51, pp. 847-873. DOI: <https://doi.org/10.1111/jwas.12706>

FAO (2014). *SAFA: Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems. Tool. User manual (version 2.2.40)*. Roma: Organización de las Naciones Unidas,

<https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i4113e>
[30/07/2024].

FAO (2016). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura*, Roma: Organización de las Naciones Unidas. <http://naval582.com/pesca/pdf/informe.pesca.fao.pdf> [28/05/2024].

FAO (2023). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*, Roma: Organización de las Naciones Unidas. <https://www.fao.org/publications/home/fao-flagship-publications/the-state-of-food-and-agriculture/es> [28/05/2024].

GARLOCK, Taryn M., ASCHE, Frank, ANDERSON, James, EGGERT, Håkan, ANDERSON, Thomas M., CHE, Bin, CHÁVEZ, Carlos A., JINGJIE, Chu, CHUKWUONE, Nnaemeka, DEY, Madan M., FITZSIMMONS, Kevin, FLORES, Jimely, GUILLEN, Jordi, KUMAR, Ganesh, LIU, Lijun, LLORENTE, Ignacio, NGUYEN, Ly, NIELSEN, Rasmus, PINCINATO, Ruth B. M., SUDHAKARAN, Pratheesh O., TIBESIGWA, Byela y TVETERAS, Ragnar (2024). "Environmental, economic, and social sustainability in aquaculture: the aquaculture performance indicators", *Nature Communications*, 15, pp. 5274. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-024-49556-8>

GEM (2021). "Beneficia GEM a 146 productores de Trucha Arcoíris de 24 municipios", *Comunicado de la Secretaría del Campo*. Toluca: Gobierno del Estado de México. <https://n9.cl/056we> [23/04/2024].

GÓMEZ, Carlos (2018). "Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): una revisión crítica", *Papeles de relaciones ecosociales y cambio global*, 140, pp. 107-118. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6312616> [02/08/2024].

GONZÁLEZ, Flavio (2021). "Costos de Producción en la Acuicultura". *Piscicultura Global*, <https://www.pisciculturaglobal.com/costos-de-produccion-en-la-acuicultura/> [22/05/2024].

GOODLAND, Robert (1995). "The concept of environmental sustainability", *Annual review of ecology and systematics*, pp. 1-24.

<https://are.berkeley.edu/courses/ARE298/Readings/goodland.pdf>
[17/03/2024].

GOSNELL, Hannah; GRIMM, Kerry; GOLDSTEIN, Bruce E. (2020). "A half century of Holistic Management: what does the evidence reveal?", *Agriculture and Human Values*, 37, pp. 849-867. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10460-020-10016-w>

GYALOG, Gergő; CUBILLOS-TOVAR, Julieth Paola y BÉKEFI, Emese, (2022), "Freshwater aquaculture development in EU and Latin-America: Insight on production trends and resource endowments", *Sustainability*, 14, pp.1-19. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14116443>

HAIR, Joseph F., ANDERSON, Rolph E., TATHAN, Ronald L. y BLACK William C. (1999). *Análisis Multivariante de Datos*, Madrid: Prentice Hall Iberia.

HARO-MARTÍNEZ, Alma Angelina y TADDEI-BRINGAS, Isabel Cristina , (2014). "Sustentabilidad y economía: la controversia de la valoración ambiental", *Economía, sociedad y territorio*, 14, pp. 743-767. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-84212014000300007&script=sci_arttext [09/04/2024].

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María del Pilar (2014). *Metodología de la Investigación*, Sexta edición, México: Mc Graw Hill Education.

INAFED (2015). *Guía de servicios públicos municipales*, México: Instituto Nacional para el Federalismo y Desarrollo Municipal, Secretaría de Gobernación, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/171945/Guia_de_servicios_publicos_municipales_2015.pdf [19/04/2025].

INEGI (2020). *Pesca y Acuicultura: Censos Económicos*, México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía, https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvINEGI/productos/nueva_estruc/702825198978.pdf [19/05/2024].

- JANKER, Judith y MANN, Stefan (2020). "Understanding the social dimension of sustainability in agriculture: a critical review of sustainability assessment tools", *Environment, Development and Sustainability*, 22, pp. 1671-1691. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-018-0282-0>.
- KANTAR (2021). "Who cares? who does?" Reporte 2021 Latam, Edición 3, <https://kantar.turtl.co/story/whocares-who-does-2021-latam-esp/page/1> [21/06/2024].
- LAÍÑEZ-LOYO, Eduardo, OLVERA-HERNÁNDEZ, José Isabel, GUERRERO-RODRÍGUEZ, Juan De Dios, ACEVES-RUIZ, Ernesto, ÁLVAREZ-CALDERÓN, Norma Marcela y ANDRADE-NAVIA, Juan Manuel (2020). "Producción y comercialización del mamey en Alpoyeca, Guerrero: opinión de productores", *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11, pp. 635-647. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342020000300635&script=sci_arttext [12/08/2024].
- LAMOUREUX, Sarah Marie, MOVASSAGHI, Hormoz y KASIRI, Narges (2019). "The role of government support in SMEs' adoption of sustainability", *IEEE Engineering Management Review*, 47, pp. 110-114. DOI: [10.1109/EMR.2019.2898635](https://doi.org/10.1109/EMR.2019.2898635)
- MALLICK, Suraj Kumar y RUDRA, Somnath (2021). "Livelihood and environmental sustainability analysis using aquaculture-based indicators: a study on selected CD blocks of Purba Medinipur District, West Bengal", *Indian Journal of Geography & Environment*, 17, pp. 14-24. <http://inet.vidyasagar.ac.in:8080/jspui/bitstream/123456789/5951/1/Suraj%20Kumar%20Mallick.pdf> [09/08/2024].
- MAULU, Sahya, HASIMUNA, Olliver J., HAAMBIYA, Loyd H., MONDE, Concillia, MUSUKA, Confred G., MAKORWA, Timothy H., MUNGANGA, Brian P., PHIRI, Kanyembo J. & NSEKANABO, Jean D. (2021). "Climate change effects on aquaculture production: sustainability implications, mitigation, and adaptations", *Frontiers in*

Sustainable Food Systems, 5, pp. 1-16. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.609097>

MENDOZA-VELA, Ana Luisa (2021). "Rol de las cooperativas agrarias en la formulación de políticas públicas agroambientales en Perú", *Revista Investigación Agraria*, 3, pp. 17-28. <https://revistas.unheval.edu.pe/index.php/reina/article/view/1042> [09/10/2024].

MOYER, Jonathan D. y HEDDEN, Steve (2020). "Are we on the right path to achieve the sustainable development goals?". *World Development*, 127, pp. 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.104749>

MUTYASIRA, Vine, HOAG, Dana y PENDELL, Dustin (2018). "The adoption of sustainable agricultural practices by smallholder farmers in Ethiopian highlands: An integrative approach". *Cogent Food & Agriculture*, 4, pp. 1552439. DOI: <https://doi.org/10.1080/23311932.2018.1552439>

ONU (2024). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Edición Especial*. New York: Organización de las Naciones Unidas. <https://n9.cl/pkcrx> [19/11/2024].

OSMUNDSEN, Tonje C., AMUNDSEN, Vilde S., ALEXANDER, Karen A., ASCHE, Frank, BAILEY Jennifer, FINSTAD, Bengt, OLSEN, Marit Schei, HERNÁNDEZ, Klaudia y SALGADO, Hugo (2022). "The operationalisation of sustainability: Sustainable aquaculture production as defined by certification schemes", *Global Environmental Change*, 60, pp. 102025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.102025>.

PARTELOW, Stefan, SCHLUTER, Achim, MANLOSA, Aisa O., NAGEL, Ben., & OCTA PARAMITA, Adiska (2022). "Governing aquaculture commons". *Reviews in Aquaculture*, 14, pp. 729-750. DOI: <https://doi.org/10.1111/raq.12622>

PIÉ-ORPÍ, Júlia (2021). "El cultivo de tilapia a nivel mundial y patologías más importantes", *Veterniaria Digital*,

<https://www.veterinariadigital.com/articulos/el-cultivo-de-tilapia-a-nivel-mundial-y-patologias-mas-importantes/> [21/10/2024].

PROFEPA (2023). “Día de la Conciencia Ambiental”, *Comunidado de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno de México*, México: Procuraduría Federal de Protección al Ambiente <https://acortar.link/ZA9TON> [12/08/2024].

RIVERA-HUERTA, René, DUTRÉNIT, Gabriela, EKBOIR, Javier Mario, SAMPEDRO, José Luis y VERA-CRUZ, Alexandre O. (2011). "Do linkages between farmers and academic researchers influence researcher productivity? The Mexican case", *Research Policy*, 40, pp. 932-942 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.05.001>

ROY, Subha M., JAYRAJ, P, MACHAVARAM, Rajendra y PAREEK, C.M. (2021). "Diversified aeration facilities for effective aquaculture systems: a comprehensive review", *Aquaculture International*, 29, pp. 1181-1217. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10499-021-00685-7>

SAMUEL-FITWI, Biniam, WUERTZ, Sven, SHROEDER, Jan P., SCHULTZ, Carsten (2012). “Sustainability assessment tools to support aquaculture development”, *Journal of Cleaner Production*, 32, pp. 183-192. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.03.037>

SAWICKA, Barbara (2020). “Resilient agricultural practices”. En Leal Filho, W., Azul, A.M., Brandli, L., Özuyar, P.G., Wall, T. (eds) *Zero Hunger*. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-95675-6_42

SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN (2020), "Programa Nacional de Pesca y Acuicultura 2020-2024", *Diario Oficial de la Federación*, México, https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5609194&fecha=30/12/2020#gsc.tab=0 [12/01/2025].

SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL (2024), *Unidades de Producción Acuícola*, <https://www.gob.mx/agricultura/es/#544> [29/12/2024].

- STARIK, Mark y RANDS, Gordon P. (1995). "Weaving an integrated web: Multilevel and multisystem perspectives of ecologically sustainable organizations", *Academy of Management Review*, 20, pp. 908-935. DOI: <https://doi.org/10.5465/amr.1995.9512280025>
- TELETCHÉA, Fabrice (2019). "Fish domestication in aquaculture: reassessment and emerging questions", *Cybium*, 43, pp. 7-15. DOI: 10.26028/cybium/2019-431-001
- TOMASSO, Joseph R. (2008) "Toxicity of nitrogenous wastes to aquaculture animals", *Reviews in Fisheries Science*, 2, pp. 291-314. DOI: <https://doi.org/10.1080/10641269409388560>
- VALENTI, Wagner C., KIMPARA, Janaina M., DEL PRETO, Bruno y MORALES-VALENTI, Patricia (2018). "Indicators of sustainability to assess aquaculture systems", *Ecological indicators*, 88, pp. 402-413. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.12.068>
- VALLANCE, Suzanne, PERKINS, Harvey C. y DIXON, Jennifer E. (2011). "What is social sustainability? A clarification of concepts", *Geoforum*, 42, pp. 342-348. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2011.01.002>
- VÁZQUEZ-VERA, Leonardo y CHÁVEZ-CARREÑO, Paula (2022). *Diagnóstico de la acuicultura en México*, México: Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. [https://fmcn.org/uploads/publication/file/pdf/Libro%20Acuicultura 2022.pdf](https://fmcn.org/uploads/publication/file/pdf/Libro%20Acuicultura%202022.pdf) [23/06/2024].
- WANG, Chao, GHADIMI, Pezhman, LIM, Ming K., y TSENG, Ming-Lang (2019). "A literature review of sustainable consumption and production: A comparative analysis in developed and developing economies", *Journal of cleaner production*, 206, pp. 741-754. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.172>
- WEITZMAN, Jenny, FILGUEIRA, Ramón y GRANT, Jon (2021). "Development of best practices for more holistic assessments of carrying capacity of aquaculture", *Journal of Environmental*

Management, 287, pp. 112278. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112278>

YAGHOUBI FARANI, Ahmad, MOHAMMADI, Yaser y GHAHREMANI, Fatemeh (2019). “Modeling farmers’ responsible environmental attitude and behaviour: A case from Iran”, *Environmental Science and Pollution Research*, 26, pp. 28146-28161. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06040-x>