

Transición a la intensificación sostenible en el cultivo de camarón: retos y oportunidades

Irma Maldonado-Hernández^a, Juan Antonio Leos-Rodríguez^b, Norman Aguilar-Gallegos^c, Leticia Myriam Sagarnaga-Villegas^d & Juana Astorga-Ceja^e

RESUMEN: Se analizaron las principales prácticas de Intensificación Sostenible (IS) que realizan pequeños y medianos productores en la camaricultura de Sinaloa, México. Se usó el enfoque de sostenibilidad, desde el establecimiento de la granja hasta la comercialización. El estudio muestra una limitada incorporación de las prácticas de IS y los principales factores limitantes son: el deficiente marco institucional y regulatorio, la ausencia de electricidad, baja adopción de tecnologías, ineficiente manejo y suministro de alimentos y uso excesivo de antibióticos. Este trabajo contribuye al reconocimiento de limitaciones en la adopción de la IS en la camaricultura y al avance en la sostenibilidad de esta actividad.

Transition to sustainable intensification in shrimp farming: challenges and opportunities

ABSTRACT: The main practices of Sustainable Intensification (SI) carried out by small and medium producers in shrimp farming in Sinaloa, Mexico, were analyzed. The sustainability approach was used, from establishment to commercialization. The study shows a limited incorporation of SI practices and the main limiting factors are: poor institutional and regulatory framework, lack of electricity, low adoption of technologies, inefficient food management and supply, and excessive use of antibiotics. This work contributes to the recognition of limitations in the adoption of SI in shrimp farming, and to progress in the sustainability of this activity.

PALABRAS CLAVE / KEYWORDS: Acuicultura, Camaricultura, Intensificación sostenible, Sostenibilidad. / Aquaculture, Shrimp farming, Sustainable intensification, Sustainability.

Clasificación JEL / JEL classification: P28, Q22, Q56.

DOI: <https://doi.org/10.7201/earn.2023.02.06>

^a Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM), Universidad Autónoma Chapingo (UACH). E-mail: i.maldonado@ciestaam.edu.mx

^b Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM), Universidad Autónoma Chapingo (UACH). E-mail: jleosr@chapingo.mx

^c Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad Panamericana. E-mail: naguilarg@up.edu.mx

^d Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM), Universidad Autónoma Chapingo (UACH). E-mail: sagarnaga.myriam@gmail.com.

^e Facultad de Economía y Relaciones Internacionales. Universidad Autónoma de Baja California. Email: jastorga@uabc.edu.mx

Citar como: Maldonado-Hernández, I., Leos-Rodríguez, J.A., Aguilar-Gallegos, N., Sagarnaga-Villegas, L.M. & Astorga-Ceja, J. (2023). "Transición a la intensificación sostenible en el cultivo de camarón: retos y oportunidades". *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 23(2), 143-165. <https://doi.org/10.7201/earn.2023.02.06>

Dirigir correspondencia a: Juan Antonio Leos-Rodríguez. E-mail: jleosr@chapingo.mx

Recibido en septiembre 2022. Aceptado en octubre 2023.

1. Introducción

De acuerdo con proyecciones de Naciones Unidas (ONU, 2019), en 2050, la población mundial superará los 9.700 millones y la demanda de alimentos aumentará más de 50 %. Además, la composición ha cambiado hacia un mayor consumo de lácteos y carnes lo cual pone en riesgo el uso sostenible de los recursos (IFPRI, 2016; FAO, 2020). La ONU aprobó la agenda 2030 para el desarrollo sostenible en donde se establecen objetivos relativos a la contribución y práctica de la pesca y acuicultura en favor de la seguridad alimentaria y nutrición de tal manera que se garantice un desarrollo sostenible en lo económico, social y ambiental (FAO, 2017). En específico, el Objetivo de Desarrollo Sostenible 14: “Conservar y utilizar de manera sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible” incluye prevenir y reducir de la contaminación marina, proteger los ecosistemas marinos y costeros, minimizar los impactos de la acidificación de los océanos y, prohibir ciertas prácticas pesqueras que contribuyen a la sobrecapacidad y la sobrepesca (ONU, 2022).

En las últimas décadas, la acuicultura mundial ha logrado un crecimiento, mayor al de cualquier otro sector ganadero (Joffre *et al.*, 2018; Little *et al.*, 2018). Se reconoce que la acuicultura es importante para la seguridad alimentaria, la medicina y puede ser una alternativa tanto para el mejoramiento y conservación de la biodiversidad como para reducir los efectos nocivos de la actual pesca (Beveridge *et al.*, 2010). Actualmente, la acuicultura genera más del 50 % de la producción pesquera (OECD-FAO, 2021). Por lo tanto, es necesario que el crecimiento de la acuicultura se desarrolle de manera sostenible para proporcionar alimentos (Engle *et al.*, 2017).

Los principales países productores de camarón en 2018 fueron: China, Indonesia y Vietnam; mientras que México ocupó el séptimo lugar. En la acuicultura, el camarón se ha ubicado como la especie de mayor importancia económica; por su volumen se posiciona en el lugar número dos y por su valor de la producción se ubica en el lugar número uno. En las exportaciones se encuentra en primer lugar de las especies pesqueras, siendo Estados Unidos de América, Vietnam y Francia sus principales destinos (CONAPESCA, 2018). De acuerdo con Lee & Lee (2018) en el sector camaronícola, la especie que más se cultiva en el mundo es el camarón blanco (*Penaeus vannamei*) y aporta el 53 % al volumen total de producción del sector crustáceos (Cortés *et al.*, 2021).

En México, el cultivo de camarón inició en los años de 1930, con especies silvestres, cuando se detectaron importantes poblaciones en las aguas protegidas del Pacífico Mexicano. Con posterioridad, en 1947, se iniciaron las granjas en el Golfo de México en Ciudad del Carmen, Campeche (Bortolini-Rosales & Torres-García, 2004).

A medida que se posicionaba la camaronicultura como actividad económicamente importante, se iniciaron prácticas de intensificación, parecidas a las de Ecuador y Panamá, como la construcción de granjas con métodos intensivos y semi-intensivos, con tasas de producción (cantidad de kg de camarón en una determinada área de producción) de 0,77-0,81 kg/m²; la siembra fue con postlarvas (estado larvario

del camarón para la cría en estanques PL) de laboratorio resistentes a bacterias y enfermedades virales (FAO, 1992; Pérez-Enriquez *et al.*, 2016). El éxito de las granjas fue motivo de críticas por ambientalistas y científicos haciendo referencia a los efectos negativos, tales como: destrucción de mangle durante la construcción de granjas del sector privado; la contaminación del agua debido a los recambios de agua que van de cinco a 20 % por día para operaciones, la sobrealimentación y exceso de nutrientes a los estanques; uso excesivo de antibióticos; pérdida de biodiversidad como las aves cormoranes depredadores de los camarones que se suelen ahuyentar con gritos, fuegos artificiales e incluso disparos (De Walt *et al.*, 2002; Espinosa & Bermúdez, 2012). Con la finalidad de atenuar los impactos ambientales se iniciaron los primeros estudios de Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) y se capacitaron como promotores, para el manejo adecuado de granjas a biólogos de diversas universidades en 1999 (De Walt *et al.*, 2002).

Los sistemas de producción de camarón se clasifican en extensivos, semi-intensivos e intensivos en función de la densidad de siembra y del nivel de tecnificación (De Walt *et al.*, 2002). Los sistemas extensivos, utilizan grandes extensiones en estanques, normalmente tienen formas irregulares; los costos asociados son reducidos y los rendimientos son bajos (menos de una tonelada por hectárea). Los sistemas semi-intensivos, constituyen la mayoría de las granjas en América Latina, donde aproximadamente dos tercios de las granjas camaroneras son de este tipo. En general los estanques tienen entre 4 y 10 hectáreas, la mayoría ocupan bombas para regular el intercambio de agua y los rendimientos son de 1 a 3 t/ha. Los sistemas intensivos suelen ser estanques pequeños entre 1 y 2 hectáreas, cuentan con sistema de aireación, manejan altas densidades de población de postlarvas y los rendimientos rondan entre 5 y 15 t/ha (De Walt *et al.*, 2002).

Se han reportado impactos positivos en la región del Noroeste de México, principalmente en el ámbito social y económico (INEGI, 2019), debido a que ha sido una actividad generadora de empleos en las comunidades costeras, reduce la migración a zonas urbanas, disminuye el esfuerzo pesquero, crea empleos en regiones con pocas oportunidades y, además, se generan divisas (González-Ocampo, 2010). Sin embargo, la intensificación de la camaronicultura ha generado consecuencias negativas tanto sociales como ambientales, por lo tanto, se ha promovido la IS como un marco para incrementar los rendimientos al mismo tiempo que se minimizan los impactos negativos (Little *et al.*, 2018). La satisfacción de la creciente demanda de alimentos requiere intensificar la producción de manera sostenible (Struik & Kuyper, 2014). La combinación de intensificación y sostenibilidad en una intensificación sostenible, lo convierte en un concepto ambiguo y controvertido (Kuyper & Struik, 2014; Wezel *et al.*, 2015).

El término IS se remonta a un informe de un taller de 1983 sobre la IS de los pantanos de las mareas en Indonesia por el Grupo de Investigación sobre Agro-ecosistemas (Wezel *et al.*, 2015). Pretty *et al.* (2011), por primera vez en 1986, definen IS como “crecimiento sustancial de los rendimientos en áreas actualmente degradadas o no

mejoradas mientras que al mismo tiempo se protegen o incluso se regeneran los recursos naturales”. Aunque la IS se propuso originalmente en el contexto de los sistemas de agricultura a pequeña escala en África (Pretty *et al.*, 2011). Este concepto ha ganado popularidad mundial porque integra múltiples disciplinas, tecnologías y recursos disponibles localmente para desarrollar soluciones específicas de contexto (Tseng *et al.*, 2020).

Se han generado preocupaciones en torno a los temas de sostenibilidad; éstos incluyen aspectos referentes al impacto ambiental y riesgo ecológico asociado a la actividad productiva (Martínez-Córdova *et al.*, 2009; Varela & Varela Moraga, 2019). Por tanto, el cuidado económico, social y ambiental debe impulsarse para liderar un escenario más sostenible. Así, el desafío para el crecimiento sostenible de la camaronicultura es mejorar el rendimiento de la producción y, al mismo tiempo, minimizar los impactos ambientales (Ponce-Palafox *et al.*, 2011) y hacer una distribución equitativa de los recursos a lo largo de la cadena.

Hasta la fecha no se encuentran estudios que identifiquen prácticas de intensificación y su relación con la sostenibilidad económica, social y ambiental en la producción de camarón. Se encontraron estudios donde se evalúan los rendimientos y nivel de intensificación en granja, considerando distintas concentraciones de alimento (Alvarez *et al.*, 2001; González-Ocampo, 2010; Engle *et al.*, 2017); los estudios de Barraza-Guardado *et al.* (2014) reconocen la problemática del manejo inadecuado de los efluentes pero no tienen en cuenta explícitamente el impacto del resto de las prácticas de manejo sobre el medio ambiente. De este modo, las preguntas que guían este análisis son: ¿cuáles han sido las principales prácticas de IS adoptadas en la camaronicultura?, ¿cómo influye la adopción de prácticas de IS en la mejora económica-financiera?, ¿cuáles han sido las restricciones para su adopción? Por lo tanto, el objetivo de la investigación es analizar las prácticas de IS mediante el enfoque de estudio de caso para identificar las principales limitaciones en la incorporación de prácticas de IS en la camaronicultura.

La investigación está organizada en tres apartados. En el primero se presenta la metodología que se siguió para identificar las prácticas de IS, en el segundo se exponen los resultados de los tres casos estudiados, se comparan los aspectos técnicos, económico-financieros y ambientales y se discuten con otras evidencias. Finalmente, en el tercer apartado se presentan las conclusiones.

2. Metodología

El estudio de caso fue seleccionado como estrategia general de la investigación dado que éste tiene efectividad para responder preguntas enfocadas con el cómo y el porqué de los fenómenos estudiados (Yin, 1994). Además, describe hechos sobre una situación en particular estudiada y genera conocimiento relevante para su aplicación práctica (Martínez, 2006).

2.1 Área de estudio y selección de casos

Se seleccionaron tres zonas productoras en Sinaloa: Ahome, Guasave norte y Guasave sur, en conjunto aportan 52 % de la producción estatal de acuerdo con datos del Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Sinaloa (CESASIN, 2022). De éstas se consideraron diferentes sistemas productivos, desde granjas integradas vertical y horizontalmente, hasta granjas extensivas de pequeña escala. Las tres zonas productivas fueron elegidas para brindar una diversidad de sistemas de producción. El número de unidades de producción camaronícola registradas en Ahome es de 96, en Guasave norte 86 y en Guasave sur 66 (CESASIN, 2022). Por lo tanto, se seleccionó una granja por zona. En el Cuadro 1, se presentan las principales variables que fueron consideradas para la selección de los casos de estudio.

La primera granja fue ubicada en la zona de Guasave norte identificada como una de las más tecnificadas, con superficie mayor a 100 ha y con rendimientos superiores a la tonelada por ha, para fines de la investigación fue catalogada con intensificación alta y denominada CA01. Esta granja fue seleccionada por ser líder en la zona, por ser referencia para otras granjas para cuestiones técnicas y productivas, por contar con todos los permisos, de fácil acceso, por contar con sistema de alimentación con alimentadores automáticos (programados y controlados a través de un software) y por ser la única granja en la zona que ha implementado medidas para el cuidado de la biodiversidad.

La segunda granja seleccionada pertenece a la zona de Guasave sur y fue identificada como una de las más representativas de la zona debido a que la superficie sembrada corresponde al promedio en la zona, condiciones y tamaño de los estanques, fácil acceso; además de manejar los rendimientos promedios que son de 1,0 t/ha. Esta granja es la única en la zona que cuenta con sistema de alimentación con blower (soplador mecánico de alimento), el grado de tecnificación relativamente bajo, por lo tanto, fue catalogada con intensificación media y denominada como CA02.

CUADRO 1

Principales variables consideradas para la selección de los casos de estudio

| Granja | Área (ha) | Rendimiento (t/ha) | Sistema de producción | Uso de Tecnología | Integración | Propiedad | Mercado de venta | Uso de anti-bióticos | Sistema de alimentación | Certificado cuidado del ambiente |
|--------|-----------|--------------------|-----------------------|---|-----------------------|-----------|-------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------------------|
| CA01 | 165 | 1,6 | Semi-intensivo | Alimentador automatizado Aireadores mecánicos Sensores de temperatura, oxígeno y pH | Vertical y horizontal | Privada | Internacional, nacional | No | Alimentador automático | Sí |
| CA02 | 100 | 1,0 | Semi-intensivo | Sensores de temperatura, oxígeno y pH | Horizontal | Privada | Nacional | Sí | Blower | No |
| CA03 | 70 | 0,8 | Extensivo | Sensor de temperatura y oxígeno | Horizontal | Ejidal | Local, Nacional | Sí | Manual | No |

Fuente: Elaboración propia.

La tercera granja fue ubicada en el municipio de Ahome, seleccionada porque es una de las pocas con propiedad ejidal que aún siguen operando, además de ser una de las primeras en establecerse en la zona. En cuanto al sistema de producción es extensiva por lo tanto resultó de interés su estudio. La granja tiene rendimientos por abajo del promedio de la zona (1 t/ha), cuyas condiciones de producción son rústicas, es decir el tamaño de los estanques son de más de 5 ha, el sistema de alimentación es manual al voleo, la mayoría de los productores manejan sistema extensivo, fue catalogada con intensificación baja y denominada CA03.

2.2. Herramientas metodológicas y análisis de datos

La identificación de prácticas de IS fue a través de una revisión de literatura que incluyó artículos científicos, divulgativos, tesis de grado, memorias de congresos que reportan alternativas para reducir los impactos ambientales negativos de la camaronicultura y manuales con buenas prácticas tanto de México como de países exitosos como es el caso de Tailandia. Con base en los resultados de la revisión, se construyó un catálogo de prácticas de IS, utilizado para caracterizar los aspectos técnicos de los estudios de caso e identificar las principales prácticas adoptadas (Cuadro 3). Los datos de cada caso se colectaron a partir de entrevistas a profundidad con los dueños y encargados de las granjas, entre junio de 2020 y julio de 2021. Las entrevistas se llevaron a cabo en tres sesiones que a continuación se desglosan:

Generalidades de las granjas: se llevaron a cabo preguntas a profundidad abordando aspectos generales de las granjas. Además, con apoyo del manual de prácticas de IS se

identificaron las principales actividades y prácticas de intensificación tanto sostenibles como no sostenibles, para hacer una comparación entre casos.

Aspectos de sostenibilidad: la sesión incluyó los siguientes aspectos:

- *Aspectos técnicos:* se realizaron entrevistas a profundidad a productores y encargados de las granjas para obtener información de las prácticas de producción (densidad de población, tasas de alimentación, tasas de aireación, duración del ciclo de producción, número de cultivos y tamaño promedio de camarón cosechado) el tamaño de la granja, el equipo utilizado, cantidades de insumos y costos de producción (Cuadro 2).
- *Aspectos económico-financieros:* se elaboró un cuestionario estructurado con 24 preguntas; 10 abiertas y 14 cerradas. La recopilación de información incluyó datos de costos generales o fijos, costos de operación o variables del ciclo productivo anterior. Se estimaron costos e ingresos con la metodología propuesta por Sagarnaga-Villegas *et al.* (2018), con ello se analizó si la adopción de prácticas de IS influye en una mejora económica-financiera. Se construyeron cuadros con variables cuantitativas y cualitativas que facilitaron el procesamiento de la información y la codificación para su análisis.
- *Percepción social y ambiental:* la unidad muestral de la investigación fueron los trabajadores; se abordaron aspectos de equidad, salud, educación, vivienda y seguridad. Las etapas consideradas para la percepción fueron: la preparación del sitio o de los estanques, etapa operativa o engorda de postlarvas y etapa de abandono del sitio.

CUADRO 2

Variables de análisis para aspectos técnicos, económico- financiero, percepción social y ambiental

| Aspectos | Instrumento de colecta | VARIABLES DE ANÁLISIS | Participantes |
|-------------------------------|---------------------------|--|--|
| Técnicos | Entrevista a profundidad | Densidad de población Conversión alimenticia Sistema de aireación Rendimiento Talla de precosechas y cosecha Parámetros técnicos (oxígeno, pH, salinidad, temperatura) Equipo empleado | Encargados de la granja Dueños, Biólogos |
| Económico-financieros | Cuestionario estructurado | Costos generales o fijos, costos de operación o variables por hectárea Ingresos por hectárea | Encargado de área administrativa Dueños Biólogos |
| Percepción social y ambiental | Entrevista a profundidad | Equidad, salud, educación, vivienda, seguridad, condiciones de trabajo Situación económica | Trabajadores directos |

Fuente: Elaboración propia con base en González & Martín (2011).

CUADRO 3

Principales variables consideradas para la selección de los casos de estudio

| Práctica IS | Acciones | Grado de implementación actual | Ventajas | Inconvenientes |
|-------------------------------------|---|--------------------------------|---|--|
| 1. Preparación del estanque | Vaciar el estanque y prepararlo adecuadamente antes de comenzar un nuevo cultivo. | Alto | Elimina el exceso de materia orgánica y nutrientes que degradan las cualidades del agua y los sedimentos cuando se cultivan nuevos camarones. | Mayores costos en limpieza y desinfección del estanque. Mayor tiempo de espera entre ciclo productivo. |
| 2. Repoblación de alevines | La densidad de población debe ser apropiada para minimizar el estrés y se prefiere el cultivo de una sola especie. | Bajo | Minimiza el estrés y la mortandad. | Los alevines sanos deben obtenerse únicamente de laboratorios certificados. Aumentan los costos en sistemas de aireación. |
| 3. Alimento y tasa de alimentación | En la práctica, los criadores deberían alimentar a razón de 1 a 2 kg/100.000 camarones/día dependiendo de la densidad de población de alevines y la cantidad de alimento natural disponible en el estanque. | Medio | Minimiza el desperdicio de alimento. Mejora en la conversión alimenticia. Minimiza los costos por alimento. | Malas prácticas de almacén del alimento afectan la calidad del alimento. Monitoreo constante en bandejas de alimento. |
| 4. Calidad del agua | Instalar un aireador para mantener condiciones ambientales óptimas para el crecimiento del camarón y ubicarlo en una posición adecuada para reducir la lixiviación del suelo en el estanque. | Bajo | Reduce la lixiviación del suelo en el estanque. Adecuada oxigenación y condiciones para el crecimiento del camarón. | Costo en la instalación de aireadores. |
| 5. Gestión de enfermedades y salud. | Verificar periódicamente la salud de los camarones y la calidad del agua. Implementar medidas preventivas estrictas. En caso de un brote de enfermedad notificar inmediatamente a la autoridad competente. | Bajo | Una buena gestión de la salud puede reducir el estrés y mantener un crecimiento normal y una alta tasa de supervivencia. | Incurrir en uso y productos químicos o uso excesivo de antibióticos. |

CUADRO 3 (cont.)

Principales variables consideradas para la selección de los casos de estudio

| Práctica IS | Acciones | Grado de implementación actual | Ventajas | Inconvenientes |
|--|--|--------------------------------|---|---|
| 6. Gestión de la seguridad alimentaria | Aplicar medicamentos veterinarios registrados ante la autoridad competente. La aplicación de medicamentos veterinarios debe restringirse de acuerdo con las instrucciones del fabricante para los medicamentos relevantes, así como el tiempo de espera. | Bajo | Mejorar el entorno del estanque de cultivo es la mejor manera de mejorar la salud y recuperarse de la infección por enfermedades. | Venta de medicamentos no regulados. |
| 7. Gestión de efluentes y sedimentos. | Mantener periódicamente los canales de entrada y salida. Usar fertilizante orgánico Los efluentes deben ser tratados o sujetos a control de calidad antes de ser vertidos. Los efluentes no deben descargarse a canales de agua dulce ni a tierras cultivables. Los sedimentos de los estanques de cultivo, canales de salida y embalajes deben reutilizarse o descargarse. | Bajo | Evita impactos ambientales adversos. Reduce la lixiviación y sedimentación del suelo. | Se requiere monitoreo y análisis de efluentes por parte de los organismos reguladores |

Fuente: Elaboración propia con base en FAO (2016).

Restricciones para la adopción de prácticas IS: se elaboró una guía para revisar las instalaciones, los servicios básicos y las características relevantes para identificar restricciones para la incorporación de prácticas de IS, bajo el previo consentimiento de los dueños de que la información brindada se analizaría con fines académicos. Para la elaboración de la guía se consideraron las recomendaciones, lo que indican los manuales de buenas prácticas, por parte de CESASIN, FAO y CONAPESCA. Se visitaron las instalaciones en la zona de reproducción, estanques de la zona de engorda, se observaron los reservorios, área de filtrado, bombeo, bordos, caminos, tipo de vegetación y fauna de los alrededores, oficinas, comedor y bodegas (Cuadro 4).

CUADRO 4

Principales variables consideradas para identificar las restricciones para la adopción de prácticas de IS

| Restricciones para la adopción de prácticas de IS | Instrumento de colecta | Variables de análisis | Participantes |
|---|---|---|--|
| | Entrevista a profundidad y seguimiento de guía de observación | Calidad en los estanques Mantenimiento de los bordos en los estanques Calidad del agua en reservorios Calidad del área de filtrado y calidad de mallas Calidad en accesos a estanques y granja Tipo de vegetación en los alrededores de la granja Tipo de fauna en los alrededores Cumplimiento con las recomendaciones en área de oficinas, comedores y bodega. | Trabajadores, biólogos encargados y dueños |

Fuente: Elaboración propia.

3. Resultados y Discusión

Se describen los hallazgos en tres secciones. Primero, para entender la dinámica de intensificación sostenible de las granjas, se muestran los aspectos relevantes. En segundo lugar, para identificar las prácticas, se comparan aspectos técnicos, económico-financiero y ambientales de las tres granjas (CA01 intensificación alta; CA02 intensificación media y CA03 intensificación baja). En tercer lugar, para fortalecer los hallazgos se presentan las principales restricciones en la camaronicultura y sostenibilidad.

3.1. Presentación de casos de estudio

En esta sección se caracterizan las tres unidades de producción definidas de acuerdo con su grado de intensificación; la información se construyó a partir de la entrevista, donde se incluyó el desarrollo histórico de las granjas, su trayectoria tecnológica, datos técnicos, principales prácticas en la actividad camaronícola, información económica financiera, aspectos ambientales y sociales.

- Granja CA01 (intensificación alta)

La granja CA01, ubicada en las orillas de Guasave en la zona de la brecha Sinaloa, inició operaciones en 2001, como sociedad cooperativa con socios pescadores; el dueño recién egresado de la universidad se dedicaba a ejercer su profesión como biólogo; posteriormente, con la experiencia de algunos años y los medios económicos decidió comprar la granja, pasando a propiedad privada. En cuanto al manejo técnico,

inicialmente tomaban postlarvas del medio silvestre y se depositaban directamente en estanques, no tenían filtros, por lo tanto, tenían larvas de otras especies acuícolas; esto implicaba problemas de enfermedades bacterianas y virales provenientes del medio silvestre.

Años después, se integró el negocio vertical y horizontalmente. Esto aseguró tanto la calidad como el abasto de materia prima, principalmente por la postlarva, debido a que contaban con su propio laboratorio de larvas. Posteriormente establecieron un área de reproducción de postlarvas, cuya capacidad de cada pila es tres toneladas de biomasa donde se acondicionan las larvas con calderas para mantener la temperatura de 40-45 grados centígrados. Esta área acorta los ciclos de engorda y permite llevar a cabo tres ciclos productivos al año. La postlarva que sale de esta área alcanza un tamaño promedio de 0,8 mm y luego es depositada en los estanques.

Posteriormente, construyeron una planta procesadora, donde reciben la cosecha de sus estanques y actualmente también reciben las cosechas de productores de la zona, a los cuales se les respeta el precio de venta que se maneja en el mercado y en ocasiones dan un incentivo a las cosechas de tallas superiores al promedio de la zona (18 g). Las cosechas son compradas a pie de granja y la planta procesadora es quien se encarga de llevar el equipo y material para el tratamiento postcosecha. Actualmente la planta procesadora cuenta con certificación por parte de la Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) y se rige por las normas de calidad, donde se inspeccionan las áreas de operación. En general cuentan con cinco áreas de operación, los cuales son: recepción, clasificado, frizado, empaque y almacenado.

Los dueños iniciaron la IS luego de visitar y analizar los sistemas de producción de Tailandia y Ecuador. Con el afán de incrementar su producción incorporaron alimentadores automáticos. Los alimentadores automáticos racionan el alimento eficientemente, incrementan los rendimientos, mejoran la conversión alimenticia y aumentan la sobrevivencia de postlarvas.

La granja cuenta con la certificación de buenas prácticas de manejo establecidas por CESASIN, quienes monitorean cada mes y capacitan al personal dos veces al año. La adopción de las buenas prácticas de manejo ha mejorado la calidad del agua que sale de los estanques, debido a que no usan antibióticos y nutrientes; además de utilizar con mayor proporción fertilizante orgánico. También cuentan con la certificación del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) la cual se encarga realizar acciones a fin de prevenir, diagnosticar, controlar y erradicar enfermedades y plagas que puedan afectar a las unidades de producción, con base en la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables (LGPAS). Esta certificación es válida durante tres años y se revisa cada año. La granja cuenta con una superficie de 165 ha, es una de las más grandes de la zona y es la granja con mayor densidad de siembra (15 PL/m²).

El destino de la producción es la propia planta procesadora, en algunos casos venden a intermediarios de la zona y el precio que se maneja es de MXN 85,00/kg más

gramo, es decir dan un incentivo a las cosechas de tallas superiores al promedio de la zona (18 g/camarón), si superan los 18 g se acuerda el precio final.

- Granja CA02 (intensificación media)

La granja CA02, se ubica en la orilla de Guasave Sur, el dueño ha rentado el área por más de diez años, el sistema que se maneja es semi intensivo, y la densidad de siembra es de 13 PL/m². Aún manejan prácticas rústicas no sostenibles ambientalmente; por ejemplo, el uso de diésel en el bombeo como sistema de aireación y en el uso del blower para la alimentación debido a que no cuentan con energía eléctrica. Por lo tanto, esta granja se consideró con intensificación media.

La granja no cuenta con certificación por parte de CESASIN ni de SENASICA, únicamente cuenta con el permiso de operación que se entrega después de los tres meses obligatorios de descanso en los estanques. Si las granjas no respetan este periodo, son sancionadas con multas por parte de La Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA). Posteriormente, inician labores para la preparación de estanques, específicamente se concentran en la medición de la cantidad de materia orgánica y pH del suelo, adicionando cal y fertilizantes. Para la siembra, reciben las postlarvas de laboratorios de Sinaloa y en la granja se les da un periodo de aclimatación gradual de 24 a 72 horas con fines de aumentar el porcentaje de sobrevivencia.

La granja cuenta con una superficie de 100 ha, realizan dos ciclos de producción al año y tres pre cosechas (cosecha de camarón que cuente con la talla comercial, pueden realizarse 3 o 4 antes de la cosecha final) en cada ciclo. El destino de la producción es local con intermediarios locales, la venta es a pie de granja y el precio de venta se establece de acuerdo con el mercado el cual fue de MXN 85,00/kg. Esto de acuerdo con la talla que maneja la granja.

- Granja CA03 (intensificación baja)

La granja CA03, se ubica en la zona de Ahome, el dueño ha rentado el área en los últimos cinco años. La granja cuenta con una superficie de 70 ha. El sistema de producción es extensivo, el nivel tecnológico es aún más bajo que en CA02. La densidad de siembra es de 8 PL/m². La forma de brindar aireación es a través del sistema de bombeo de agua, sin embargo, incrementa los costos de producción por el uso de diésel.

Debido a la ubicación de la granja, el acceso para llegar es complicado debido a que no hay caminos y los bordos de la granja no cuentan con condiciones para que entren vehículos, esto ha ocasionado que haya poco personal. Además, la granja no cuenta con electricidad lo cual dificulta la realización de actividades prioritarias. Por tal razón el dueño y encargado de la granja han optado por disminuir las actividades, por ejemplo, la toma de medidas de los parámetros técnicos, la alimentación de las postlarvas se ha reducido a una vez por día empleando el uso de panga.

Una de las principales problemáticas de la granja es la falta de acceso de electricidad porque dificulta la instalación de sistemas de aireación para controlar los niveles de oxígeno en los estanques y lo cual orilla al bombeo de agua a través de maquinaria que requieren diésel. La falta de electricidad también limita a instalar sistemas de vigilancia, por lo tanto, se enfrentan constantemente a robos tanto de camarones como de materias primas. En general operar la granja sin electricidad ha sido un obstáculo para el uso de tecnologías y ha repercutido en los rendimientos.

En cuanto a la producción, manejan dos ciclos de producción al año con una precosecha en cada ciclo. El destino de la producción es local con intermediarios y procesadoras de la zona, la venta se lleva a cabo a pie de granja y son los intermedios los que acuden con los materiales para realizar la cosecha. El precio de venta es de MXN 85,00/kg y es establecido por el mercado.

3.2. Principales prácticas en el cultivo de camarón

En el Cuadro 5 se presentan las prácticas que llevan a cabo las granjas analizadas. Se encontró similitud entre CA02 y CA03 durante la preparación de estanque, ambas emplean fertilizantes químicos; para el funcionamiento del estanque no llevan a cabo análisis de la calidad del agua y la alimentación la realizan una vez al día en pangas con sistema de voleo. En contraste, la granja CA01 realiza análisis del suelo durante la preparación del estanque, análisis de calidad del agua y la alimentación es con alimentadores automáticos.

CUADRO 5.

Prácticas en el cultivo de camarón

| Práctica | CA01 | CA02 | CA03 |
|--|--|-----------------------------|-----------------------------|
| 1. Preparación del estanque | Descanso 3 meses, análisis de suelo, desinfección | Descanso 3 meses | Descanso 3 meses |
| 1.1 Arado de la tierra | Remoción de tierra | Arado de tierra | Arado de tierra |
| 1.2 Nivelación del fondo | Nivelación y análisis de suelo | Nivelación de fondo | Nivelación de fondo |
| 1.3 Aplicación de fertilizantes | Fertilizantes orgánicos, y cal | Fertilizantes químicos, cal | Fertilizantes químicos, cal |
| 1.4 Bombeo y llenado | Análisis de agua, llenado filtrado | Bombeo | bombeo |
| 2. Funcionamiento de estanque | Análisis de calidad de agua | No realiza | No realiza |
| 2.1 Mantenimiento postlarvas | Pre-acondicionamiento desde laboratorio, alimentación y análisis | Alimentación | Alimentación |
| 2.2 Acondicionamiento y aclimatación de postlarvas | Aclimatación en tanques | Desde laboratorio | Desde laboratorio |
| 2.3 Recirculación de agua | Toma de parámetros de calidad y recirculación | No realiza | No realiza |

| Práctica | CA01 | CA02 | CA03 |
|---|---|--------------------------------------|------------------------------------|
| 2.4 Vaciado de postlarvas | Vaciado con parámetros óptimos | Vaciado a estanques | Vaciado a estanques |
| 2.5 Medición de postlarvas | Análisis de parámetros, alimentación automatizada | | |
| 2.6 Alimentación constante, etapa crítica | Con alimentadores automáticos 168 raciones por día proteína requerida | Alimentación 1 vez al día con blower | Alimentación 1 vez al día en panga |
| 3. Cosecha | | | |
| 3.1 Precosechas | De noche, manual, pre vaciado de estanque | De día según tamaño requerido | De día según tamaño requerido |

Fuente: Elaboración propia con base en información de campo 2020-2021.

3.3. Aspectos técnicos

Frente a los parámetros técnicos, que se presentan en el Cuadro 6, se consideró como punto de referencia el caso exitoso de Tailandia, donde la camaronicultura es un buen ejemplo del desarrollo sostenible. Tailandia comenzó con el sistema extensivo y luego cambió a sistema intensivo cerrado con amplia gama de densidades. La densidad de población es de 62 PL/m² para intensificación baja, 82 para intensificación alta y 99 para intensificación muy alta; las tasas de alimentación son de 1.681 kg/ha con intensificación baja, 10.956 kg/ha y 18.666 kg/ha, con intensificación alta y muy alta, respectivamente. Los rendimientos son de 1.301 kg/ha con intensificación baja, 6.982 con intensificación alta y 13.560 con intensificación muy alta (Engle *et al.*, 2017). En CA01, el rendimiento y la tasa de alimentación aumentaron a medida que aumentaba la intensificación de la producción de camarón, debido a que al tecnificar la granja es posible aumentar la densidad de población. La granja CA03 informó tasas de sobrevivencia significativamente más bajas (50 %) en comparación con las granjas en los grupos de intensidad media y alta (60-75 %). El número de cultivos por año, también se asocia al nivel de intensificación, dado que los productores mencionan que, a medida que se incrementa el porcentaje de supervivencia, el camarón crece más rápido y los tiempos para agregar un nuevo ciclo productivo se favorece.

CUADRO 6

Parámetros técnicos de acuerdo con el nivel de intensificación

| Parámetro | CA01 | CA02 | CA03 |
|--|-------|-------|-------|
| Intensificación | Alta | Media | Baja |
| Densidad de población (PL/m ²) | 15 | 13 | 8 |
| Temperatura (°C) (min-máx.) | 20-35 | 20-35 | 20-35 |
| Oxígeno disuelto (mg/l) | 4-7 | 2-6 | 2-6 |
| pH (min-máx.) | 8-9 | 7-9 | 7-9 |
| Salinidad (ups) (min-máx.) | 30-45 | 25-40 | 20-40 |
| Tasa de alimentación (kg/ha/cultivo) | 1.200 | 1.000 | 700 |
| Días en cultivo | 60 | 90 | 100 |
| Superficie total (ha) | 165 | 100 | 70 |
| N.º de estanques | 27 | 10 | 7 |
| Rendimiento (t/ha/cultivo) | 1,6 | 1,0 | 0,8 |
| Relación conversión alimenticia | 1,7 | 1,2 | 1,0 |
| Peso de la cosecha (camarón/g) | 30 | 23 | 18 |
| Sobrevivencia (%) | 75 | 60 | 50 |
| Precosechas por ciclo | 5 | 3 | 1 |
| Cultivos por año | 3 | 2 | 2 |

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Aspectos económico-financieros

Los costos de operación o variables, por su definición están asociados con la marcha de actividades durante un ciclo productivo, los cuales aumentan o disminuyen con el volumen de producción (Sagarnaga-Villegas *et al.*, 2018).

Los costos generales o fijos por hectárea en un año también aumentaron, en relación con el nivel de intensidad de producción; los costos generales mayores están dados por la adquisición de vehículos, equipos para monitoreo de parámetros técnicos, maquinaria, bombas, etc. Este fue el caso de CA01, donde el mayor costo está representado con la adquisición de alimentadores automáticos y equipo de monitoreo.

Un estudio realizado por Engle *et al.* (2017), demostró que la producción intensiva de camarón es más eficiente, porque se emplean menos recursos y tiene como resultado un menor impacto ambiental por tonelada métrica que los sistemas extensivos. Esto coincide con los resultados obtenidos, dado que CA01 maneja mayores prácticas de intensificación, por lo tanto, presenta mayores utilidades y menores impactos ambientales en comparación con CA02 y CA03. En el Cuadro 7 se presentan los ingresos y costos, así como los precios de equilibrio, considerando como referencia la explotación de 100 ha y un ciclo de producción de 3 meses.

CUADRO 7

Análisis Económico-financiero

| Parámetro | CA01 | CA02 | CA03 |
|---|-------------|-------------|-------------|
| Ingresos brutos (MXN/100 ha) | 451.500 | 320.000 | 315.000 |
| Costos totales (MXN/100 ha) | 342.663 | 253.693 | 263.200 |
| Costo de la alimentación (MXN/t alimento) | 151.801 | 103.872 | 115.900 |
| Costo postlarvas (MXN/millones de PL) | 18.774 | 20.351 | 23.700 |
| Costo de enmiendas (MXN) | 37.481 | 28.770 | 24.600 |
| Costo electricidad y combustible (MXN) | 52.007 | 50.500 | 47.800 |
| Costo fertilizante y químicos (MXN) | 1.300 | 1.500 | 2.200 |
| Costo labor (Mantenimiento de estanques MXN) | 5.500 | 3.700 | 2.500 |
| Costos de operación totales (MXN) | 266.863 | 208.693 | 216.700 |
| Ingresos por encima de los costos de operación o variables (MXN) | 22.071 | 15.200 | 12.300 |
| Costos fijos o generales totales | 75.800 | 45.000 | 46.500 |
| Utilidad neta (MXN) | 108.837 | 66.307 | 51.800 |
| Costos unitarios | | | |
| Precio de equilibrio para recuperar los costos variables (MXN/kg) | 48,07 | 51,70 | 53,45 |
| Precio de equilibrio por encima de los costos totales (MXN/kg) | 54,07 | 57,80 | 59,07 |
| Costos de producción (MXN/kg) | 57,00 | 60,00 | 63,00 |
| Precio de venta (MXN/kg) | 85,00+gramo | 85,00+gramo | 85,00+gramo |

Fuente: Elaboración propia a partir de fase de campo 2020-2021.

Se identificó que a corto plazo, si se adoptan prácticas de IS como los alimentadores automáticos, los costos de producción se incrementan debido a que cada alimentador tiene un precio aproximadamente de MXN 40.000 y en cada estanque se requieren aproximadamente 6 alimentadores. Sin embargo, en el mediano plazo la rentabilidad económica financiera se ve favorecida.

En el caso de CA01 el precio de venta se incrementa a MXN 105/kg porque manejan tallas de camarón de 30 g. Mientras que CA02 y CA03 el precio se queda en MXN 85/kg debido a que el gramaje promedio establecido es de 18-20 g. Además, al tener como referencia el precio de venta de MXN 85/kg, se observa que los precios de equilibrio de la granja CA01 rondan los MXN 54,07/kg por lo tanto, es económica y financieramente más rentable que CA02 y CA03.

3.5. Percepción social y ambiental

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2019), la camaronicultura es la segunda actividad más importante económicamente después de la agricultura en producción de maíz en Sinaloa. CA01 ha logrado un impacto

positivo ante la sociedad, porque ha sido una importante fuente de trabajo en la zona, desde la generación de empleos para la carga y descarga de alimento hasta trabajos gerenciales tanto en la planta procesadora como en las instalaciones de la granja. La granja brinda 45 trabajos directos todo el año y en temporada de cosechas se duplica la plantilla de trabajadores. En las granjas CA02 y CA03 no se tiene una valoración alta porque en la mayoría de las áreas es poco el personal que se requiere, únicamente en la cosecha se requiere más personal y son contratados por temporadas. La percepción de la población aledaña sobre estas granjas es positiva debido a que han generado empleos directos e indirectos tanto en el municipio de Guasave como en Ahome. Estudios reportan que la camaronicultura ha sido una fuente importante de generación de divisas, disminuye el esfuerzo pesquero y reduce la migración (Carrasco Escalante & León Balderrama, 2017).

Los principales problemas ambientales asociados a la camaronicultura, están relacionados con el agua, suelo, reducción del área de manglares y pérdida de biodiversidad (Páez-Osuna, 2005). Una de las principales afectaciones ambientales percibidas en CA02 y CA03, es la contaminación del agua, debido al uso excesivo de antibióticos. Inicialmente el establecimiento de las granjas se dio de forma irregular y ocasionó que las tomas y descargas se llevaran a cabo en el mismo cuerpo costero, esta situación afecta tanto en la proliferación de enfermedades, como a la contaminación del agua, aquejando a especies silvestres y a otras granjas que reciben esta agua contaminada.

3.6. Limitaciones para la intensificación sostenible

A través del análisis de las entrevistas realizadas a los encargados de las granjas y dueños, se encontró que las principales limitaciones para la incorporación de prácticas de intensificación sostenible son: la contaminación del agua, la baja calidad de los insumos y postlarvas, prácticas locales y los requisitos de exportación y mercado.

- Contaminación del agua

Se encontró que las principales causas de contaminación de agua son por el abuso en el uso de antibióticos, adición de nutrientes o fertilización, derrame de combustibles, aceites y la sobrealimentación afectando tanto en los estanques como en los efluentes. Los resultados coinciden con lo registrado por Martínez-Córdova *et al.* (2009) donde se reporta que existe un deterioro de las zonas costeras porque las descargas de agua se realizan en los mismos cuerpos de agua donde muchas granjas se abastecen. Las tres granjas analizadas no realizan un manejo de efluentes lo que a su vez genera contaminación para granjas que se encuentren cerca debido a un mal ordenamiento territorial (González-Ocampo, 2010).

- La baja calidad de insumos y postlarvas dentro de la etapa del proceso

La calidad de los insumos carece de normativas, lo que coincide con Varela & Varela Moraga (2019) pues recomiendan contar con asistencia de un profesional que siga las normativas y los tratamientos adecuados para asegurar la vitalidad de los organismos.

El porcentaje de sobrevivencia de postlarvas es mayor en CA01, dado que la granja cuenta con su propio laboratorio para después transportarlas en contenedores y reubicarlas en espacios para la engorda donde se acondicionan. El tipo de alimento y las condiciones que se brindan a estos organismos aseguran tanto la sobrevivencia como la calidad, además de reducir el tiempo en los ciclos productivos.

- Prácticas locales

En cuanto a las normativas, SENASICA (2003) estableció en el artículo 9 de Desarrollo de la Acuicultura que se promovieran los esfuerzos para seleccionar el uso apropiado de alimentos, aditivos alimentarios, fertilizantes así como el uso de medicamentos veterinarios, hormonas, antibióticos y otros químicos para controlar enfermedades. El SENASICA (2019) establece que, en caso de emplear algún productos químicos, estos deberán contar con ficha técnica del producto utilizado de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-045-SSA1-1993, plaguicidas, productos para uso agrícola, forestal, pecuario, de jardinería, urbano e industrial. Sin embargo, no se estipula un listado de productos prohibidos, que tienen impactos en el medio ambiente, hasta la fecha no hay regulación ni sanciones económicas por el uso excesivo de estos productos, como en países asiáticos donde se han implementado sanciones para esta práctica (Joffre *et al.*, 2018).

CA02 y CA03 emplean antibióticos para tratar problemas principalmente de *Vibrio*. No obstante, su uso y dosis no está regulado por ninguna autoridad, los productores administran con exceso estos productos y cada vez observan mayor resistencia bacteriana, esto coincide con estudios de Santiago *et al.* (2009) y de Espinosa & Bermúdez (2012) donde han demostrado que el uso de antibióticos no debe hacerse como medida preventiva dado que las bacterias generan resistencia.

- Acceso al mercado

Los dueños de las granjas CA02 y CA03 se enfrentan a la dificultad de entrada al mercado y cumplir los requisitos de entrada, debido al bajo volumen de su producción y a la poca coordinación con actores de la cadena de valor, principalmente con procesadoras. En la mayoría de los casos, los productores tienen pocas opciones de venta. Normalmente el comprador es el que establece el precio de acuerdo con lo que se rige en el mercado y, si se llega a un acuerdo, la compra se realiza a pie de granja. Los compradores son los que llegan con su equipo para enfriar o bien para cocer el camarón. En los tres casos, la principal limitante para el acceso al mercado de exportación es el precio de venta y la cantidad de trámites legales.

4. Conclusiones

La investigación realizada en las zonas de Ahome y Guasave identifica una escasa adopción de prácticas de IS en la producción de camarón. La implementación de buenas prácticas de manejo observadas son la base para encaminarse al marco de la IS; el uso de tecnologías como los alimentadores automáticos marcan una diferencia significativa económica, social y ambientalmente.

Se detectó que las principales limitaciones para la adopción de prácticas de IS están relacionadas con un tema de arraigo a las prácticas locales, a los escasos incentivos que existen en el mercado para adoptar tecnologías como los alimentadores automáticos y sistemas de aireación; además de la ausencia de capacitación técnica para el uso de tecnologías.

De acuerdo con la percepción de impacto ambiental, la contaminación del agua es el factor con mayor impacto negativo, principalmente por el sistema de alimentación y uso de fertilizantes químicos que termina en los fondos de los estanques generando grandes cantidades de materia orgánica aunado a la ausencia de manejo de efluentes. Frente a esta situación es recomendable que los impactos negativos se den a conocer a productores y partes interesadas para minimizar y mitigar los impactos. En términos sociales se tiene un impacto positivo principalmente por la cantidad de empleos generados en los ciclos productivos, siendo la camaronicultura la segunda actividad más importante del Estado después de la agricultura. Sin embargo, se recomienda garantizar que los trabajadores cuenten con seguro médico y con las condiciones óptimas para su desempeño.

Los resultados económico-financieros mejoraron a medida que se intensifica la actividad. Los rendimientos distribuyeron los costos generales o fijos anuales entre los volúmenes de producción, disminuyendo los costos por tonelada de camarón producido con mayor intensificación. Así, dentro de los parámetros de rendimiento y nivel de intensificación incluidos en este estudio, el sistema de producción con intensificación alta fue económica y financieramente más sostenibles.

La investigación realizada proporciona una perspectiva novedosa para el entendimiento y adopción de la IS en la camaronicultura. Esta perspectiva contribuye a la literatura de la IS mostrando cómo los productores de camarón que llevan a cabo prácticas de IS son los que han favorecido el crecimiento del sector y a la sostenibilidad.

Se recomienda que por parte de instituciones públicas brinden apoyo con subsidios para la compra de los principales insumos, así como llevar la energía eléctrica a las zonas de producción debido a que es una condición necesaria para el desarrollo sostenible de la actividad. También se considera fundamental brindar apoyo para el mantenimiento de caminos y accesos a las granjas principalmente porque en determinadas fechas es imposible el acceso debido a la ubicación y tipo de suelo, con la finalidad de que se mejore el desempeño económico, social y ambiental en la camaronicultura en México.

La producción de camarón en granja seguirá aumentando debido a la creciente demanda en el consumo y esa tendencia seguirá en un futuro, además, de las ventajas que ofrece la producción acuícola; por lo tanto, es necesario el camino hacia la producción sostenible. En este sentido la academia y los institutos de investigación tienen retos importantes para el desarrollo de nuevas tecnologías y mejoras en el cultivo para alcanzar la intensificación sostenible y satisfacer las necesidades futuras de alimentos.

Finalmente, el trabajo contribuye a futuras investigaciones pues se han identificado elementos de interés que pueden ser ampliados en una muestra más grande con implicaciones en la cadena de valor y lineamientos de políticas públicas, con el fin de aportar más elementos en favor de la sostenibilidad.

Referencias

- Alvarez, M., Ochoa, E., Villalba, A. & Siu, E. (2001). *Perfil de caracterización de las prácticas de camaronicultura en Sinaloa*. Guayaquil, Ecuador: ECOCOSTAS.
- Barraza-Guardado, R.H., Martínez-Córdova, L.R., Enríquez-Ocaña, L.F., Martínez-Porchas, M., Miranda-Baeza, A. & Porchas-Cornejo, M.A. (2014). “Efecto de efluentes de granjas camaronícolas sobre parámetros de la calidad del agua y del sedimento frente a la costa de Sonora, México”. *Ciencias Marinas*, 40(4), 221-235. <https://doi.org/10.7773/cm.v40i4.2424>
- Beveridge, M., Phillips, M., Dugan, P. & Brummet, R. (2010). “Barriers to aquaculture development as a pathway to poverty alleviation and food security”. En OECD (Eds.): *Advancing the Aquaculture Agenda. Workshop Proceedings* (pp. 345-359). Paris, Francia: OECD Publishing.
- Bortolini-Rosales, J.L. & Torres-García, M.D.P. (2004). “La camaronicultura en México”. *Revista Ciencias*, 76(1), 58-61.
- Carrasco Escalante, J.C. & León Balderrama, J.I. (2017). “Capacidad de absorción y competitividad en el cultivo de camarón del municipio de Ahome, Sinaloa”. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 27(50), 1-28. <https://doi.org/10.24836/es.v27i50.475>
- CESASIN. (2022). *Programa de sanidad en crustáceos*. Obtenido de: Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Sinaloa, México: <https://cesasin.mx/programacrustaceos/>
- CONAPESCA. (2018). *Anuario estadístico de acuicultura y pesca*. Obtenido de: Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca, México: <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>
- Cortés, A., Casillas-Hernández, R., Cambeses-Franco, C., Bórquez-López, R., Magallón-Barajas, F., Quadros-Seiffert, W., Feijoo, G. & Moreira, M.T. (2021). “Eco-efficiency assessment of shrimp aquaculture production in Mexico”. *Aquaculture*, 544(1), 737145. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737145>
- De Walt, B., Ramírez, J., Noriega, L. & González, R. (2002). *Shrimp aquaculture, the people and the environment in coastal Mexico*. Obtenido de: ENACA: <https://enaca.org/?id=516>
- Engle, C.R., McNevin, A., Racine, P., Boyd, C.E., Paungkaew, D., Viriyatum, R., Tinh, H.Q. & Minh, H.N. (2017). “Economics of sustainable intensification of aquaculture: Evidence from shrimp farms in Vietnam and Thailand”. *Journal of the World Aquaculture Society*, 48(2), 227-239. <https://doi.org/10.1111/jwas.12423>

- FAO. (1992). *Estudio socioeconómico del cultivo del camarón realizado por sociedades cooperativas*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. (2016). *Sustainable intensification of aquaculture in the Asia-Pacific region*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. (2017). *El futuro de la alimentación y la agricultura, tendencias y desafíos*. En *El futuro de la agricultura y la alimentación*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. (2020). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- González, F. & Martín, F. (2011). “Diseño de un índice sintético de desarrollo sostenible y aplicación a la Unión Europea”. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 4(7), 3-26 <https://doi.org/10.7201/earn.2004.07.01>
- González-Ocampo, H.A. (2010). “Efectos ambientales producidos por la camaronicultura en el norte de Sinaloa, México”. *Ra Ximhai*, 1(6), 9-16. <https://doi.org/10.35197/rx.06.01.2010.02.hg>
- IFPRI. (2016). *Informe nutrición mundial. De la promesa al impacto: terminar con la malnutrición de aquí a 2030*. Obtenido de: Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias: <http://dx.doi.org/10.2499/9780896295865>
- INEGI. (2019). *Pesca y acuicultura. Censos Económicos 2019*. Obtenido de: Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México: https://inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825198978.pdf
- Joffre, O., Klerkx, L. & Khoa, T.N. (2018). “Aquaculture innovation system analysis of transition to sustainable intensification in shrimp farming”. *Agronomy for Sustainable Development*, 38(34), 34. <http://doi.org/10.1007/s13593-018-0511-9>
- Kuyper, T. & Struik, P. (2014). “Epilogue: global food security, rhetoric, and the sustainable intensification debate”. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 8(1), 71-79. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.09.004>
- Lee, C. & Lee, K.-J. (2018). “Dietary protein requirement of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* in three different growth stages”. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 21(1), 30. <https://doi.org/10.1186/s41240-018-0105-0>
- Little, D.C., Young, J.A., Zhang, W., Newton, R.W., Al Mamun, A. & Murray, F.J. (2018). “Sustainable intensification of aquaculture value chains between Asia and Europe: A framework for understanding impacts and challenges”. *Aquaculture*, 493, 338-354. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.12.033>
- Martínez-Córdova, L., Martínez Porchas, M. & Cortés-Jacinto, E. (2009). “Camaronicultura mexicana y mundial: ¿actividad sustentable o industria contaminante?” *Contaminación ambiental*, 25(3), 181-196.

- Martínez, P. (2006). “El método de estudio de caso: estrategia metodológica de la investigación científica”. *Pensamiento y gestión: revista de la División de Ciencias Administrativas de la Universidad del Norte*, 20, 165-193.
- OECD-FAO. (2021). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030*. Obtenido de: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico-Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <https://doi.org/10.1787/47a9fa44-es>
- ONU (2019). *Perspectivas de la Población Mundial*. Nueva York, Estados Unidos: Naciones Unidas.
- ONU. (2022). *Objetivos de Desarrollo Sostenible. Objetivo 14: Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos*. Nueva York, Estados Unidos: Naciones Unidas.
- Páez-Osuna, F. (2005). “Retos y perspectivas de la camaronicultura en la zona costera”. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 1(1), 21-31.
- Pérez-Enriquez, R., Acosta-Salmón, H., Arcos-Ortega, F., Ascencio, F., Campa-Córdova, A.I., Campos-Ramos, R., Cierva-Cerecedo, R., Cruz-Hernández, P., Hernández-Llamas, A., Ibarra-Humphries, A.M., Mazón-Suástegui, J.M., Mejía-Ruiz, C.H., Mercier, L., Nolasco-Soria, H., Palacios-Mechetnov, E., Racotta, I.S., Romero-Vivas, E., Vázquez-Juárez, R. & Villareal-Colmenares, H. (2016). “Reseña histórica y académica del cultivo de Camarón en el CIBNOR”. *Recursos Naturales y Sociedad*, 2(1), 36-59. <https://doi.org/10.18242/RENAYSOC.2016.02.02.01.0004>
- Espinosa, A.P. & Bermúdez, M.C.A. (2012). “La acuicultura y su impacto al medio ambiente”. *Estudios Sociales*, 2(1), 221-232.
- Ponce-Palafox, J.T., Ruiz-Luna, A., Castillo-Vargasmachuca, S., García-Ulloa, M. & Arredondo-Figueroa, J.L. (2011). “Technical, economics and environmental analysis of semi-intensive shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farming in Sonora, Sinaloa and Nayarit states, at the east coast of the Gulf of California, México”. *Ocean and Coastal Management*, 54(7), 507-513. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2011.03.008>
- Pretty, J., Toulmin, C. & Williams, S. (2011). “Sustainable intensification in African agriculture”. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 9(1), 5-24. <https://doi.org/10.3763/ijas.2010.0583>
- Sagarnaga-Villegas, L.M., Salas-González, J.M. & Aguilar-Ávila, J. (2018). *Metodología para estimar costos, ingresos y viabilidad financiera y económica en unidades representativas de producción*. Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo (UACH).
- Santiago, M.L.H., Espinosa, A.P. & Bermúdez, M.C.A. (2009). “Uso de antibióticos en la camaronicultura”. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 40(3), 22-32.
- SENASICA. (2003). *Manual de buenas prácticas de producción acuícola de camarón para la inocuidad alimentaria*. Obtenido de: Servicio Nacional de Sanidad,

- Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, México: <https://cesasin.mx/wp-content/uploads/2017/12/Cam-Manual-de-buenas-practicas-de-produccion%CC%81n-acuicola-de-camaro%CC%81n-para-la-inocuidad-alimentaria.pdf>
- SENASICA. (2019). *Manual de buenas prácticas acuícolas durante la producción de camarón*. Obtenido de: Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, México: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/463236/Primer_borrador_manual_de_buenas_practicas_de_camar_n.pdf
- Struik, P.C. & Kuyper, T.W. (2014). “Editorial overview: Sustainable intensification to feed the world: concepts, technologies and trade-offs”. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 8(1), vi-viii. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.10.008>
- Tseng, M.C., Roel, A., Deambrosi, E., Terra, J.A., Zorrilla, G., Riccetto, S. & Pittelkow, C.M. (2020). “Towards actionable research frameworks for sustainable intensification in high-yielding rice systems”. *Scientific Reports nature research*, 10(1), 1-13. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63251-w>
- Varela, A. & Varela Moraga, T. (2019). “La camaronicultura como fuente sustentable de alimentos de origen animal. Logros, retos y oportunidades”. *Ecología y Desarrollo Sostenible*, 1(1), 1-12.
- Wezel, A., Soboksa, G., McClelland, S., Delespesse, F. & Boissau, A. (2015). “The blurred boundaries of ecological, sustainable, and agroecological intensification: a review”. *Agronomy for sustainable development*, 35, 1283-1295. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0333-y>
- Yin, R.K. (1994). *Case study research and application: Design and methods*. *Applied Social Research and Methods*. Londres, Reino Unido: SAGE.