

Camaronicultura en Colombia, estado actual, retos y oportunidades Shrimp farming in Colombia, current status, challenges and opportunities

Porto Fragozo, Pedro Luis ¹, Cervera Cahuama, Sigifredo José ², Albis Arrieta, Alberto Ricardo ², Rodríguez Forero, Adriana ¹

¹ Grupo de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Acuicultura (GIDTA), Programa de Ingeniería Pesquera, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.

² Grupo de Investigación Bioprocesos, Programa de Ingeniería Química, Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia.

Correspondencia: Porto Fragozo, Pedro Luis  **E-mail:** pedroportolf@unimagdalena.edu.co

Essay | Ensayo

Palabras clave

Industria,
Producción,
Sostenible,
Tecnologías.

RESUMEN | La producción de camarón en Colombia marcó un hito muy importante en la acuicultura del país en la década de los 90 y principios del 2000, llegando a aportar a la economía del país alrededor de USD\$51.000.000. Sin embargo, varios aspectos fundamentales como la aparición de patógenos, la revaluación del peso colombiano, entre otros, ocasionaron una eventual caída en la producción no solo en el país sino también a nivel mundial. La reactivación de la industria se ha visto afectada, principalmente por la fuerte competencia en los mercados internacionales debido a la baja productividad resultante de la escasa tecnología utilizada en sistemas de producción sostenibles, así como por la implementación de nuevas fuentes de alimentación para el cultivo de este crustáceo. En este documento se exploran los desafíos y retos históricos y actuales en la producción del camarón *Penaeus vanammei* en Colombia.

Keywords

Industry,
Production,
Sustainable,
Technologies.

ABSTRACT | Shrimp production in Colombia marked a very important milestone in the country's aquaculture in the 1990s and early 2000s, contributing around USD\$51,000.00 to the country's economy. However, several fundamental aspects such as the appearance of pathogens, the revaluation of the Colombian peso, among others, caused an eventual drop in production not only in the country but also worldwide. The reactivation of the industry has been affected, mainly by the strong competition in international markets due to the low productivity resulting from the scarce use of technology in sustainable production systems, as well as the implementation of new sources of food for the cultivation of this crustacean. This document explores the historical and current challenges in the production of the shrimp *Penaeus vanammei* in Colombia.

INTRODUCCIÓN

La acuicultura se ha convertido en un sector productivo de gran crecimiento a nivel mundial en las últimas décadas, aportando junto con las pesquerías más del 50% de las 580 especies producidas para la alimentación humana, y es una solución potencial a los problemas de seguridad alimentaria y desnutrición especialmente en infantes (Bostock *et al.*, 2010; El-Saadony *et al.*, 2021; FAO, 2020). Las estimaciones sobre el crecimiento poblacional son alarmantes, ya que generan nuevos desafíos para poder suplir la demanda alimentaria básica, además de que los ecosistemas naturales no están siendo aprovechados de manera sostenible (Díaz *et al.*, 2011; Pauly y Zeller, 2017; FAO, 2020; Oddsson, 2020). El aumento de las producciones provenientes de la acuicultura, sin utilizar grandes extensiones de tierra y bajos recambios de agua, además de proteger el medio ambiente, es uno de los principales retos que presenta la industria en el mundo (El-Saadony *et al.*, 2021; FAO, 2020). La actividad acuícola ha ganado terreno en la industria alimentaria hace más de 40 años, superando hoy en día a la producción proveniente de las pesquerías (Pauly *et al.*, 2005; Pauly y Zeller, 2017; FAO, 2020).

Uno de los grupos de animales que más se ha visto afectado por las pesquerías en la última década, después de los peces, es el de los crustáceos, en especial el camarón blanco *Penaeus vannamei* (Cervantes *et al.*, 2006; Díaz *et al.*, 2011; FAO, 2020). La pesca artesanal e industrial de camarón ha venido disminuyendo por alteraciones a sus poblaciones y por tanto la gran demanda de este crustáceo ha llevado a recurrir cada vez más a la acuicultura para poder abastecer la demanda así como alcanzar una producción sostenible en el tiempo y de esta manera ayudar a que las poblaciones naturales logren recuperarse (Gaxiola *et al.*, 2006; Ziegler *et al.*, 2011; FAO, 2020).

Entre los crustáceos, los camarones son las especies más cultivadas a nivel mundial, siendo dos las que dominan el 90% del mercado de camarón cultivado: *Penaeus vannamei* Boone 1931 y *P. monodon* Fabricius, 1798 (Bianchi *et al.*, 2014; Li *et al.*, 2018; El-Saadony *et al.*, 2021). La producción de *P. vannamei* ha venido en constante crecimiento alrededor del mundo llegando a registrar en 2018 más del 50% del total de los crustáceos producidos en acuicultura, pasando de 2,65 MM t en 2010 a 5,81 MM t en 2020, presentando de esta manera un aumento del 119.5% (FAO, 2022). Es uno de los crustáceos más exitosos en el manejo de su cultivo en condiciones controladas, lográndose encontrar en las granjas de casi toda América (Centroamérica y América del Sur) y su importancia radica en su rápido crecimiento, tolerancia a variaciones ambientales en cautiverio y su demanda en los mercados internacionales (Morales, 1990; Bravo y Santos, 2019).

Este crustáceo proviene de la costa oriental del Océano Pacífico, y se encuentra distribuido naturalmente desde el Golfo de California hasta Perú (Holthuis, 1980). El primer caso de éxito de cultivo de camarón en condiciones controladas fue documentado en Florida (U.S.A.) en el año 1973, el cual generó la expansión de esta actividad hacia diversas zonas en el ámbito mundial (Crespi y New, 2009).

Informes recientes emitidos por instituciones del gobierno de Colombia (SEPEC, 2019; MADR, 2020 2021), exponen la creciente preocupación que existe en torno a la acuicultura en el país, debido a que el sector viene presentando una serie de inconvenientes, tales como la variación en el precio del dólar que afecta las exportaciones tanto del producto fresco, como también las importaciones de insumos y equipos para el manejo adecuado de la actividad acuícola, además del alto precio de los combustibles, la falta de tecnologías aplicadas al sector y las alzas en los alimentos concentrados (Carrera *et al.*, 2022). Lo anterior ha generado bajas en la productividad y rentabilidad, ocasionando una disminución de la producción acuícola del país.

HISTORIA DE LA CAMARONICULTURA EN COLOMBIA

En Colombia, el inicio del cultivo se dio a principios de los 80 en el Pacífico colombiano, y luego se trasladó al Caribe, cuyas condiciones climatológicas permitieron establecer cultivos, más específicamente en Cartagena, la cual se convertiría en el centro de esta actividad acuícola (Aguilera, 2002). Los empresarios tomaron como referencia casos de éxito de la región, como los de Panamá y Ecuador, países que eran los mayores productores a nivel mundial. También tuvieron apoyo del fondo de Promoción de Exportaciones (PROEXPO), la cual es una empresa creada en 1967 como un banco de fomento para promover las exportaciones mediante el financiamiento, la promoción y el transporte de materiales, así como de otras entidades del estado, que buscaban sectores productivos capaces de generar divisas (Aguilera, 2002; Espinal *et al.*, 2005; Gómez y Pasculli, 2014).

La primera fase de crecimiento de la camaronicultura en Colombia se dio entre 1985 y 1991, pasando de 122 t a 6.622 t respectivamente. Tuvo su mayor pico de producción en 2006 alcanzando cerca de 21.000 t, convirtiéndose en ese momento en el tercer país exportador de camarón hacia España (Espinal *et al.*, 2005; Gómez y Pasculli, 2014). Sin embargo, la aparición del síndrome del virus del Taura (TVS, por sus siglas en inglés) y posteriormente del síndrome del virus de la mancha blanca (WSSD, por sus siglas en inglés), afectaron las fincas camaroneras no solo las del país, sino también a muchos países a nivel mundial, lo que generó un aumento en los costos de producción y una baja en los rendimientos de las granjas productoras. A pesar de esto, la industria del camarón volvió a retomar su rumbo. No obstante, la importación de dietas artificiales y la revaluación del peso colombiano, junto con la crisis económica mundial, provocaron nuevamente la caída de la industria camaronera en el país llevando a más de 27 fincas a la quiebra, lo que obligó a cesar sus actividades indefinidamente (Aguilera, 2002; Merino *et al.*, 2013; Avendaño y Posada, 2018). Según cifras actuales, el país produce cerca de 5,284 t, número que indica que el sector camaronicultor se niega a desaparecer (MADR, 2020).

INDICADORES DEL SECTOR EN COLOMBIA

La producción de camarón en Colombia ha tenido ciertos altibajos debido a problemas asociados con enfermedades, importación del alimento, alta competitividad a nivel regional y revaluación del peso colombiano (Merino *et al.*, 2013). La camaronicultura en el país fue un sector muy activo desde sus inicios en la década de los 80 hasta mediados de los 90. En efecto, las zonas de cultivo en el Caribe colombiano empezaron a consolidarse al inicio de la década del 2000, alcanzando participación en por lo menos el 80% de la superficie destinada al cultivo

y más del 90% en la producción nacional. Sin embargo, cuando los grandes productores de camarón a nivel mundial, como Asia, empezaron a recuperarse de los problemas sanitarios por enfermedades, en el 2002, se logró satisfacer la creciente demanda de camarón, lo que luego generó una sobreoferta superando cerca del 12% anual. El resultado de ese desequilibrio se transformó en un deterioro en los precios, pasando el valor del kilogramo en 2002 de US\$ 9 a US\$ 3.7 en 2012, reduciendo de esta manera las exportaciones colombianas (Merino *et al.*, 2013; Gomez y Pasculli, 2014).

En Colombia, los picos de mayor producción histórica ocurrieron entre el año 2006 y 2007, produciendo 20.806 t y 22.182 t, respectivamente (ICA, 2012). Según cifras entregadas por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) en 2010, entre 1999 y 2009 el sector creció cerca del 96% pasando de 9.228 t a 18.123 t. En los años siguientes el ritmo de crecimiento se redujo alrededor de un 5% anual, pasando de 8.463 t en 2012 a 5.284 t en 2020 (Fig. 1).

En la actualidad, la producción de camarón se establece en tres departamentos, Bolívar, Nariño y Atlántico representando el 89%, 10% y el 1%, respectivamente (Tabla 1) (MADR, 2021). En el departamento de Bolívar una de las empresas referentes en producción de camarón de cultivo es OCEANOS S.A., la cual cuenta con un laboratorio especializado en el que se ejecutan procesos de maduración y larvicultura, además de un área de engorde de alrededor de 1.800 ha y una planta de procesos con certificación HACCP y autorizada para la exportación a la Unión Europea y Estados Unidos. Por su parte, en el departamento de Nariño sobresale la empresa ECOMAR TUMACO S.A.S., la cual cuenta con alrededor de 300 ha activas para engorde y unas 1.700 ha adicionales disponibles para ser aprovechadas. Cuenta además con una planta de procesos que se utiliza tanto para camarones como para peces, que, si bien no cuenta con certificación HACCP, genera productos para consumo nacional y un laboratorio de producción de semillas que surte a pequeños productores de la costa del Pacífico colombiano. Por otro lado, una de las empresas de producción importantes en el departamento del Atlántico es Acuacultivos El Guajaro S.A. Esta empresa se encuentra distribuida en tres fincas, con un área de engorde total de alrededor de 150 ha, donde se cultiva tilapia y camarón. Al igual que estas importantes empresas, existen agremiaciones de engorde de camarón *Penaeus vannamei* en las dos costas (Pacífica y Caribe) que aportan al crecimiento de la camaricultura en el país (MDR, 2021). A pesar de no tener grandes producciones de camarón en comparación con otros países de la región como Ecuador, cuenta con un importante centro de investigación (CENIACUA), el cual dentro de sus líneas de estudio, tuvo un programa de mejoramiento genético de camarón, - hoy adquirido por la empresa inglesa Benchmark Holdings PLC, a través de su subsidiaria Spring Genetics SAS.-, que logró un mejor desempeño productivo y ha conseguido desarrollar excelentes líneas genéticas con resistencia a enfermedades tales como el síndrome del virus del Taura (TVS) y el virus de la mancha blanca (WSSV). Esto ha permitido convertirse en un referente a nivel nacional e internacional en producción de semilla (Nauplios y Larvas), y reproductores de camarón *Penaeus vannamei*, teniendo como destinos principales Guatemala, México, Perú, Tailandia, Vietnam, China, Corea, entre otros. Además, es considerado como el primer centro de mejoramiento genético en el cultivo de *Penaeus vannamei*.

Gran parte de la producción es exportada. En 2021, Colombia exportó 942 t de camarón de cultivo equivalentes a USD\$ 4.189.000, lo que no fue suficiente para suplir las necesidades de los mercados internacionales como EE.UU. y Europa. Por otro lado, importó 9.887 t de camarones provenientes de Ecuador equivalentes a cerca de USD\$ 50.000.000 (MADR, 2021; PRO-ECUADOR, 2021), es decir, cerca del 70% del camarón consumido en Colombia es importado, lo que claramente afecta la producción nacional debido a la alta competitividad con otros países de la región.

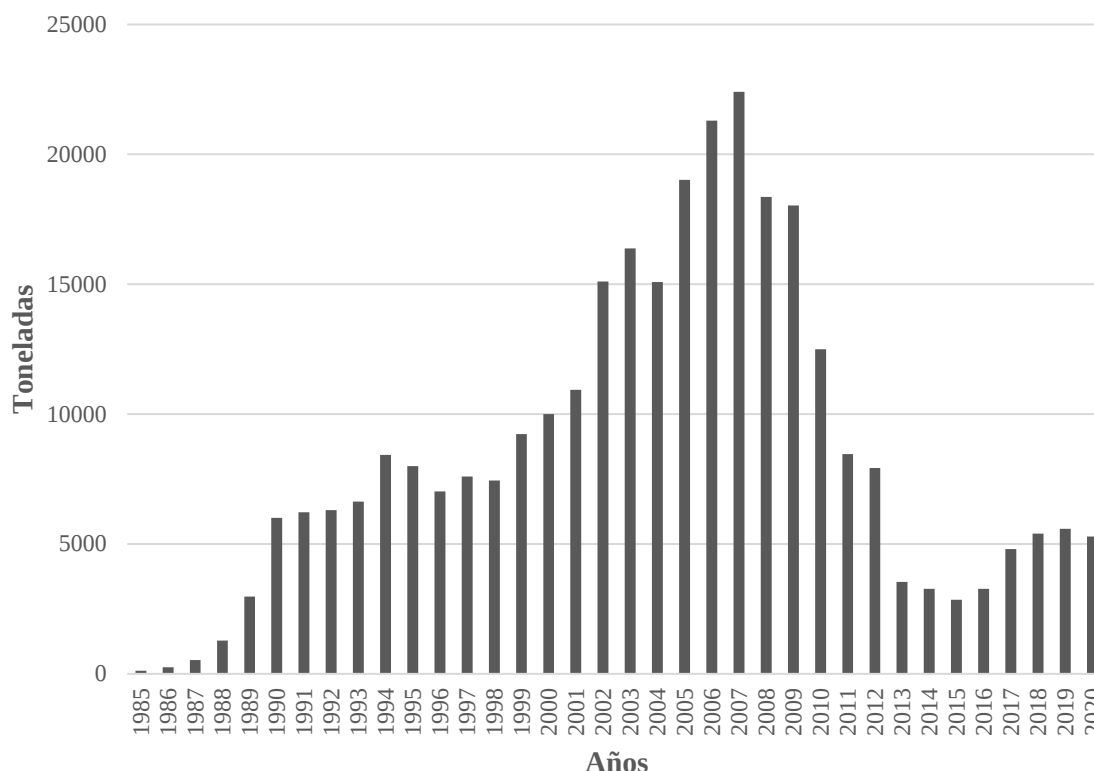


Figura 1. Producción histórica de la camaronicultura en Colombia desde 1985 hasta 2020

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (INCODER), Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

Tabla 1. Zonas y volúmenes de producción de camarón en Colombia (2021).

Región	Producción (t)	Porcentaje (%)
Bolívar	1.176	89
Nariño	132	10
Atlántico	13	1

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP).

NORMATIVAS ESTABLECIDAS EN EL SECTOR ACUICOLA

En Colombia, el sector acuícola en general cuenta con un marco institucional amplio y complejo, que se relaciona con una cantidad de entidades y organizaciones públicas y privadas que en alianza con centros de investigación trabajan en su beneficio.

Una de las leyes más importantes en el sector acuícola pesquero es la ley 13 de 1990 y su decreto reglamentario 2256 de 1991, la cual es el eje central de la política sectorial y es la base para la creación de numerosos acuerdos y resoluciones de las gerencias generales de las diferentes entidades que han existido a lo largo de la historia pesquera y acuícola del país.

En la cadena productiva del camarón existen normas nacionales e internacionales que rigen aspectos relacionados con la sostenibilidad ambiental, bioseguridad, sanidad animal, inocuidad alimentaria y exportación e importación de productos. En este sentido, la Tabla 2 menciona algunas de las leyes, decretos, y resoluciones más importantes para el sector acuícola del país.

Tabla 2. Normativas con mayor importancia en el sector acuícola del país.

Normativa	Descripción	Entidad
<i>Ley 101 de 1993</i>	Por medio de la cual se modifica la Ley 101 de 1993, se crean las organizaciones de cadenas en el sector agropecuario, pesquero, forestal, acuícola, las Sociedades Agrarias de Transformación, SAT, y se dictan otras disposiciones.	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR)
<i>Ley 611 de 2000</i>	Por la cual se dictan normas para el manejo sostenible de especies de Fauna Silvestre y Acuática.	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR)
<i>Decreto 60 de 2002</i>	Por el cual se promueve la aplicación del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico - HACCP en las fábricas de alimentos y se reglamenta el proceso de certificación.	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR)
<i>Decreto 3930 de 2010</i>	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR)
<i>Resolución 730 de 1998</i>	Por la cual se adopta el Sistema de Análisis de Riesgos y Puntos Contenido Críticos de Control – HACCP, en los productos pesqueros y acuícolas para consumo humano, de exportación e importación.	Ministerio de Salud
<i>Resolución 1414 de 2006</i>	Por la cual se establece el registro ante el ICA, de productores de camarón y de peces para el consumo humano, con destino a la exportación.	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)
<i>Resolución 676 de 2007</i>	Por la cual se establece el reglamento técnico de emergencia a través del cual se adopta el Plan Nacional de Control de Residuos de Medicamentos Veterinarios y otras Sustancias Químicas 2007 que deben cumplir los productos acuícolas para consumo humano y se dictan otras disposiciones.	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR)
<i>Resolución 776 de 2008</i>	Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos que deben cumplir los productos de la pesca, en particular pescados, moluscos y crustáceos para consumo humano.	Ministerio de salud
<i>Resolución 601 de 2012</i>	Por la cual se establecen los requisitos y procedimientos para el otorgamiento de los permisos y patentes relacionados con el ejercicio de la actividad pesquera y acuícola.	Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP)
<i>Resolución 1193 de 2014</i>	Por la cual se racionalizan unos trámites, señalando los requisitos para el permiso de cultivo para el ejercicio de la acuicultura de recursos limitados.	Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP)
<i>Resolución 64 de 2016</i>	Por la cual se establecen los requisitos para obtener el Registro Pecuario de los establecimientos de acuicultura, ante el ICA.	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)
<i>Resolución 2879 de 2017</i>	Por la cual se establecen los requisitos que deben cumplir los establecimientos dedicados a la acuicultura en el país para minimizar los riesgos de escape de especímenes de recursos pesqueros ícticos de especies exóticas, domesticadas y/o trasplantadas y de camarón marino a cuerpos de agua naturales o artificiales.	Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP)
<i>Resolución 1607 de 2019</i>	Por la cual se establece la clasificación de los acuicultores comerciales de Colombia de acuerdo con la actividad, el sistema y el volumen de producción y se deroga la resolución No. 1352 de 2016.	Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP)
<i>Resolución 2723 de 2021</i>	Por la cual se establecen los requisitos y procedimientos para el otorgamiento de permisos, autorizaciones y patentes de pesca para el ejercicio de la actividad pesquera y de la acuicultura, se adoptan otras medidas para el cumplimiento de los objetivos y funciones de la AUNAP y se derogan las resoluciones No. 0707 de 2019, No. 2363 de 2020, No. 2066 de 2020 y No. 1363 de 2021.	Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP)

CADENA PRODUCTIVA DE LA CAMARONICULTURA EN COLOMBIA

En Colombia actualmente se desarrolla esta producción en ambas costas del Atlántico y Pacífico con alrededor de 1.500 ha activas (MADR, 2020). La cadena productiva del sector incluye varios factores como los proveedores de insumos y servicios, las granjas productoras, plantas procesadoras, distribuidores y comercializadores y los consumidores finales (Bancóldex, 2014). Varias estructuras de la cadena productiva de la camaronicultura en

Colombia han sido propuestas por entidades y distintos autores (Roldal *et al.*, 2002; Espinal *et al.*, 2005; MADR, 2005; Newmark *et al.*, 2009; Merino *et al.*, 2013). Sin embargo, el análisis más completo de la cadena productiva del camarón en Colombia fue el realizado por Newmark *et al.*, (2009), el cual presenta siete eslabones a lo largo de la cadena productiva (Fig. 2).

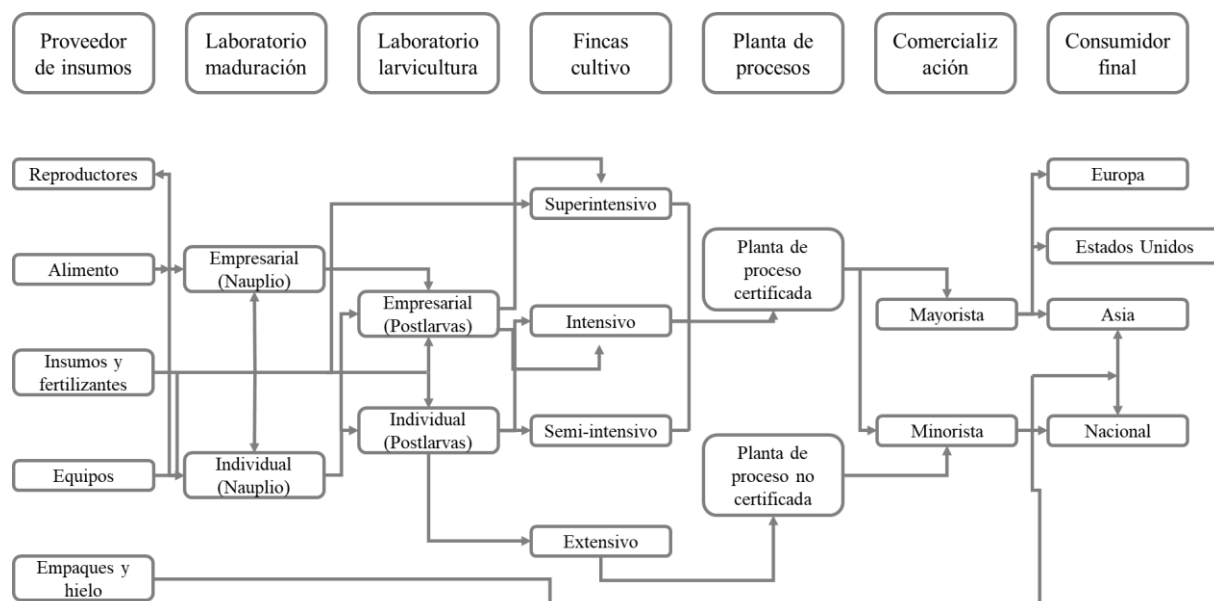


Figura 2. Modelo de cadena productiva del camarón en Colombia planteado por Newmark *et al.*, (2009).
Fuente: CENIACUA, MADR.

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN COLOMBIA

El cultivo de camarón se puede realizar con diferentes estrategias de producción las cuales se pueden dividir en dos grandes categorías que son las más utilizadas en la actualidad:

- 1) Extensiva, que es la que se realiza en estanques en tierra con espacios entre 5 y 20 ha; este sistema de producción hace poco recambio de agua (cerca de un 5% diario), se emplean densidades de 15-30 camarones por m²; el cultivo se realiza en una sola fase, es decir, desde las postlarvas hasta la cosecha final (Crespi y New, 2009; Merino *et al.*, 2013; Membreño y González, 2014) (Fig. 3a).
- 2) Intensiva, la cual por lo general se realiza en estanques de 2 ha, con recambio de agua entre 25% y el 100% por día; se emplean densidades de 40 camarones por m² con alimentación y fertilización completas (Crespi y New, 2009; Membreño y González, 2014). Estas se pueden representar según su densidad de siembra, es decir número de animales por un espacio determinado, dentro de las que se encuentran: densidad baja, media, alta y extremadamente alta (Fig. 3b).

Por otro lado, en la actualidad la acuicultura en el país se desarrolla utilizando diferentes sistemas de producción tales como: a). Jaulas flotantes (Moreno *et al.*, 2013), b). Estanques en tierra (Merino *et al.*, 2013; Carrera, 2019), c). Tecnología biofloc (TBF) (Collazos y Arias, 2015; Hernández *et al.*, 2019), d). Sistemas de Recirculación acuícola (RAS) o sistemas de circulación de agua en tanques de geomembrana (Covarrubias, 2011; Criollo y Ortiz, 2015).

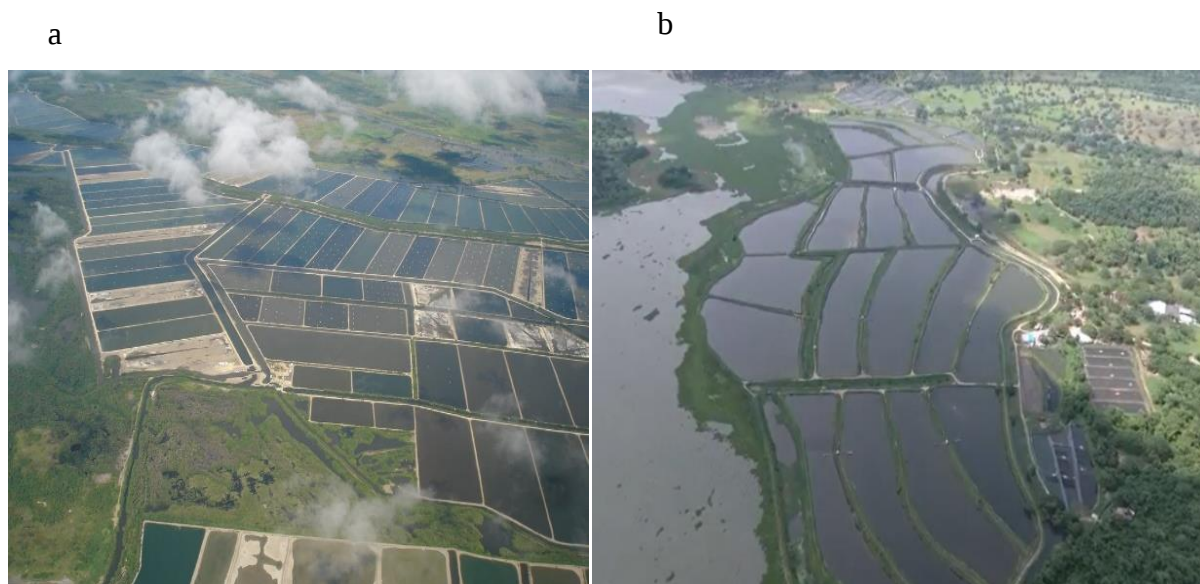


Figura 3. a) Cultivo extensivo de camarón en el departamento de Bolívar, Colombia. b) Cultivo intensivo de camarón en el departamento del Atlántico, Colombia.

Tomado de: <https://www.oceanos.com.co/finca-camaronera/>; <https://www.acuaguajaro.com.co/galeria/>.

RETOS Y FUTURO DEL SECTOR CAMARONICULTOR EN COLOMBIA

Sin duda alguna, la acuicultura de camarón y de otras especies acuícolas es una actividad demandante de esfuerzo tanto económico como de recursos agua y espacio de tierra. Además, hoy en día existe una gran dependencia de la harina de pescado para la formulación del alimento artificial, de manera que la investigación científica es fundamental para que el país se posicione como uno de los principales en investigación acuícola, desarrollando nuevas estrategias para disminuir cada vez más la utilización de productos químicos y/o fármacos utilizados en el control de algunos patógenos; abonando esfuerzos para la búsqueda de nuevas fuentes de proteínas alternas a la harina de pescado para la elaboración y formulación de alimento artificial, además, de la implementación de energías renovables, pocos recambios de agua y la disminución de las áreas de cultivo y en especial de la contaminación de los afluentes (Arias, 2011; Merino *et al.*, 2013; Pardo *et al.*, 2018). Algunos retos a tener en cuenta en la producción de camarón y su grado de importancia se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Retos en la producción de camarón en Colombia.

Reto	Poco importante	Moderadamente importante	Extremadamente importante
Costos de producción / harina de pescado.			X
Enfermedades.			X
Precios del mercado internacional.			X
Calidad de la semilla.		X	
Acceso a reproductores libres de enfermedades.		X	
Control en la calidad del producto.		X	
Calidad y disponibilidad del alimento.		X	
Costo de producción / combustible.		X	
Sustancias químicas prohibidas / uso de antibióticos.		X	
Gestión ambiental.		X	
Acceso a créditos.		X	
Barreras comerciales internacionales.		X	
Infraestructura.	X		
Coordinación de mercado.	X		
Conflicto con otros usuarios.	X		
Relaciones públicas.	X		

Fuente: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)

Si bien es cierto que la camaronicultura en el país ha venido en constante crecimiento, existe la necesidad de implementar estrategias tecnológicas que ayuden a la implementación de nuevas técnicas capaces de alcanzar una mejor producción. De esta manera, aumentar la sustentabilidad y poder evaluar, por ejemplo, parámetros

fisicoquímicos en tiempo real, registrar datos de producción y poner en práctica plataformas tecnológicas con información específica de la acuicultura del país (Fuentes y Sanz, 2021; Valenti *et al.*, 2021; Carrera *et al.*, 2022).

Así mismo, son necesarias la promoción, implementación y vigilancia de las Buenas Prácticas Acuícolas (BPA), para mejorar la productividad, eficiencia y sostenibilidad de los sistemas de producción. No obstante, existe una enorme incertidumbre de inversión en nuevas tecnologías por parte de los productores por temor a perder el capital de retorno (Pérez-Rincón, *et al.*, 2017). Por otra parte, la diversificación de especies con potencial acuícola en Colombia es decisiva para promover paquetes tecnológicos que sean transferibles rápidamente para incorporar nuevas especies a la actividad acuícola (Viloria *et al.*, 2014; Carrera y Villareal, 2015).

El éxito de la industria de camarón también va a depender en gran medida de la obtención y producción de semilla de alta calidad, de las estrategias de marketing para incentivar el consumo interno de camarón, de la formalización y la asociatividad de los productores (Hahn-von-Hessberg *et al.*, 2018; Pardo *et al.*, 2018).

El desarrollo de la camaronicultura en el país debe ir enfocado en la implementación de nuevas tecnologías capaces de aumentar la sustentabilidad del sector, entre ellas, el uso de alimentadores automáticos, aireación, la tecnología biofloc (TBF) y los sistemas de recirculación de agua (RAS), que son tecnologías de producción de gran futuro (Maigual *et al.*, 2019; Fuentes y Saenz, 2021; Valenti *et al.*, 2021), la articulación de las fincas productoras con las entidades públicas e institutos de investigación para explorar las alternativas de solución a los problemas actuales y futuros (Lillehammer *et al.*, 2020).

La investigación científica por parte de entidades públicas y privadas es fundamental para poder desarrollar estrategias y tomar decisiones que ayuden al éxito del sector. En el país existen líneas de acción y programas de mejoramiento genético y sanidad acuícola en camarones por parte del Centro de Investigación de la Acuicultura de Colombia (CENIACUA), avances en nutrición en camarones por parte de la Universidad del Atlántico y progreso en la diversificación de la acuicultura marina por parte de la Universidad del Magdalena, además, de otras entidades estatales. Adicionalmente, existen plantas de proceso certificadas, permisos para la exportación a la Unión Europea, Estados Unidos y Asia, estrategias público-privadas para asegurar el acceso a mercados y certificaciones bimensuales en las fincas productoras por parte del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA) y las Corporaciones Autónomas Regionales (CARs) (Lillehammer *et al.*, 2020). Por otro lado, la camaronicultura debe mirar hacia el desarrollo de nuevos productos derivados de la producción para generar aprovechamiento y valor agregado de los residuos generados de la misma actividad (Ruales y Álvarez, 2014; David-ruales *et al.*, 2018).

CONCLUSIONES

El fortalecimiento del sector camaronicultor en el país es de fundamental importancia para la generación de empleo, aportar a la seguridad alimentaria y la creación de pequeñas empresas. Aunque la producción de camarón en el país está volviendo a surgir, enfrenta varios desafíos. Es necesario investigar acerca de las nuevas tecnologías de producción, además de buscar nuevas fuentes de proteína alternas a la harina de pescado para las formulaciones de alimento artificial, que contribuyan con el desarrollo sustentable y que además sea amigable con el ambiente. Es importante el trabajo de sector público-privado para seguir avanzando en investigaciones para optimizar las técnicas de cría, mejoramiento genético, control de enfermedades y el aprovechamiento de los residuos producidos por la industria, además de la formación de capital humano altamente capacitado para impulsar la producción nacional.

Declaración de intereses de los autores

Los autores de este documento declaran que no tienen intereses financieros y ningún tipo de relaciones personales que pudieran haber influido en la información de este documento.

Agradecimientos

Este documento ha sido elaborado bajo la financiación del proyecto de Regalías: *Desarrollo de una tecnología nutricional de engorde de camarón (BIOCAM-E) para el mejoramiento de la productividad y reducción del impacto ambiental sobre el recurso hídrico de la camaronicultura en el departamento del Atlántico*, BPIN 2020000100418, cuyo ejecutor es la Universidad del Atlántico y co-ejecutor es la Universidad del Magdalena, Colombia, entidades a las que se les agradece el apoyo.

REFERENCIAS

- Aguilera-Díaz, M. M. (2002). Los cultivos de camarón en la Costa Caribe colombiana. In: Misael-Roca (ed.), *Experiencias exportadoras del Caribe colombiano*. Editorial Banco de la república. Bogotá, Colombia. pp: 198-233.
- Ahmed, N., y Thompson, S. (2019). The blue dimensions of aquaculture: A global synthesis. *Science of the Total Environment*, 652, 851-861.
- Arias Hernández, J. (2011). Implicaciones ambientales del uso de harina de pescado en la camaronicultura colombiana. Caso Costa Atlántica. Tesis de maestría, Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Avendaño-Vélez, A., y Posada-Pérez, D. (2018). Estudio de viabilidad proyecto de producción de camarón. Tesis de pregrado, Ingeniería Administrativa, Universidad EIA, Envigado, Colombia.
- BANCOLDEX-PTP. (2014). Estudio para definir y caracterizar la informalidad en 8 sectores seleccionados del Programa de Transformación Productiva. *Resumen ejecutivo sector camaronicultura*.
- Bautista, J. F. F., Vergara, R., Suarez, A. (2017). Evaluación de una fórmula alimenticia para camarón de cultivo (*L. vannamei*) con inclusión de proteína vegetal a base de harina de soya. *Revista AquaTIC*, 1(44), 12-29.
- Bianchi, M. B., Jerônimo, G. T., Pádua, S. B., Satake, F., Ishikawa, M. M., Tavares-Dias, M., Martins, M. L. (2014). The hematological profile of farmed Sorubim lima: reference intervals, cell morphology and cytochemistry. *Veterinarski Arhiv*, 84(6), 677-690.
- Bostock, J., McAndrew, B., Richards, R., Jauncey, K., Telfer, T., Lorenzen, K., Corner, R. (2010). Aquaculture: global status and trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 2897-2912.
- Bravo, L. K., y Santos, G. E. (2019). *Evaluación de dos métodos de alimentación para engorde de camarón blanco*. Tesis de pregrado, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.
- Cao, L., Diana, J. S., Keoleian, G. A., Lai, Q. (2011). Life cycle assessment of Chinese shrimp farming systems targeted for export and domestic sales. *Environmental Science & Technology*, 45(15), 6531-6538.
- Carrera, S. C. (2019). Efectos de la densidad de cultivo y de proteína en la dieta sobre el desempeño del capaz (*Pimelodus grosskopfii*) en estanques. *Mutis*, 9(2), 25-33.
- Carrera, S., Villarreal, R. D. V. (2015). Desempeño productivo del capaz (*Pimelodus grosskopfii*, Steindachner, 1879) bajo diferentes densidades de siembra y de contenido de proteína en la dieta. *Intropica: Revista del Instituto de Investigaciones Tropicales*, 10(1), 20-27.
- Carrera-Quintana, S. C., Gentile, P., Girón-Hernández, J. (2022). An overview on the aquaculture development in Colombia: Current status, opportunities and challenges. *Aquaculture*, 561, 738583.

- Cervantes-Hernández, P., Ramos-Cruz, S., García-Gasca, A. (2006). Evaluación del estado de la pesquería de camarón en el Golfo de Tehuantepec. *Hidrobiológica*, 16(3), 233-239.
- Collazos-Lasso, L. F., y Arias-Castellanos, J. A. (2015). Fundamentos de la tecnología biofloc (BFT). Una alternativa para la piscicultura en Colombia: Una revisión. *Orinoquia*, 19(1), 77-86.
- Covarrubias, J. C. B., y Ruiz, M. (2011). Calidad de agua para el cultivo de Tilapia en tanques de geomembrana. *Revista Fuente*, 3(8), 10-14.
- Crespi, V., y New, M. (2009). Facts Sheets on Aquaculture. *Aquaculture Newsletter*, 32, 9-11.
- David-Ruales, C. A., Bedoya-Mejía, O., Millán-Cardona, L. (2018). Silo de vísceras de truta arco-iris (*Oncorhynchus mykiss*) como complemento para alimentación de ovinos. *Producción+ Limpia*, 13(2), 29-36.
- Díaz, J. M., Vieira, C. A., Melo, G. J. (2011). Diagnóstico de las principales pesquerías del Pacífico colombiano. *Fundación Marviva*, Bogotá, Colombia.
- El-Saadony, M. T., Alagawany, M., Patra, A. K., Kar, I., Tiwari, R., Dawood, M. A., Abdel-Latif, H. M. (2021). The functionality of probiotics in aquaculture: an overview. *Fish & Shellfish Immunology*, 117, 36-52.
- Espinal, C. F., Martínez Covaleta, H. J., González Rodríguez, F. A. (2005). La cadena del camarón de cultivo en Colombia: una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Observatorio Agrocadenas. Bogotá, Colombia.
- Espinos, F. J. (2020). La acuicultura como activo económico y social. *Mediterráneo económico*, 33, 289-307.
- FAO (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul. Roma (Italia), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Departamento de Pesca y Acuicultura. [en línea]. 21 de julio 2023: (<https://www.fao.org/3/cc0461es/cc0461es.pdf>). 288 páginas.
- Fuentes-Pérez, J. F., y Sanz-Ronda, F. J. (2021). A Custom Sensor Network for Autonomous Water Quality Assessment in Fish Farms. *Electronics*, 10(18), 2192.
- García-Criollo, Roberto Andrés, Sánchez-Ortiz, Iván (2015). Evaluación de diferentes drenajes en tanques circulares para cultivo de trucha en sistemas de recirculación. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 13(2), 30-39.
- Gaxiola, G., Brito, A., Maldonado, C., Jimenez-Yan, L., Guzmán, E., Arena, L., Brito, R., Soto, L., & Cuzon, G. (2006). Nutrición y Domesticación de *Litopenaeus vannamei*. Avances en Nutrición Acuicola. VIII Simposio Internacional de Nutrición Acuicola. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México (noviembre 2006)
- Gómez Restrepo, H. J., y Pasculli Henao, L. (2014). Hacia la sostenibilidad y competitividad de la acuicultura colombiana. Acuanal y Fedecua. Programa de Transformación Productiva, PTP Colombia.
- Hahn-von-Hessberg, C. M., Grajales-Quintero, A., Grajales-Hahn, S. (2018). Breve compendio de parámetros de producción para una piscicultura campesina sostenible de zona andina. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 22(1), 86-94.
- Henriksson, P. J. G., Belton, B., Murshed-e-Jahan, K., Rico, A. (2018). Measuring the potential for sustainable intensification of aquaculture in Bangladesh using life cycle assessment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(12), 2958-2963.

- Henriksson, P. J., Rico, A., Zhang, W., Ahmad-Al-Nahid, S., Newton, R., Phan, L. T., Guinée, J. B. (2015). Comparison of Asian aquaculture products by use of statistically supported life cycle assessment. *Environmental Science & Technology*, 49(24), 14176-14183.
- Hernández Mancipe, L. E., Londoño Vélez, J. I., Hernández García, K. A., Torres Hernández, L. C. (2019). Los sistemas biofloc: una estrategia eficiente en la producción acuícola. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 14(1), 70-99.
- Holthuis L.B., 1980. *Shrimps and prawns of the world. An annotated catalogue of species of interest to fisheries. FAO species catalogue*. Vol.1. FAO Fish. Synop., (125) Vol.1:271 p.
- Imhoff, M. L., Bounoua, L., Ricketts, T., Loucks, C., Harriss, R., Lawrence, W. T. (2004). Global patterns in human consumption of net primary production. *Nature*, 429(6994), 870-873.
- Li, E., Xu, C., Wang, X., Wang, S., Zhao, Q., Zhang, M., Chen, L. (2018). Gut microbiota and its modulation for healthy farming of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 26(3), 381-399.
- Lillehammer, M., Bangera, R., Salazar, M., Vela, S., Erazo, E. C., Suarez, A., Robinson, N. A. (2020). Genomic selection for white spot syndrome virus resistance in whiteleg shrimp boosts survival under an experimental challenge test. *Scientific reports*, 10(1), 1-13.
- Luchini, L., Wicki, G. (2007). Consideraciones sobre insumos utilizados en los alimentos para organismos acuáticos bajo cultivo. información básica. *Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca*, 50.
- MADR. (2005). Ministerio de agricultura y desarrollo rural. Acuerdo sectorial de competitividad para la cadena de camarón de cultivo. [en línea].15 de agosto de 2022: (<https://sioc.minagricultura.gov.co/Acuicultura/Normatividad/Acuerdo%20de%20Competitividad%20para%20la%20Cadena%20de%20Camaron%20de%20Cultivo.pdf>)
- MADR. (2020). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Cadena de la acuicultura, Dirección de cadenas pecuarias, pesqueras y acuícolas. [en línea].20 de agosto de 2022: (<https://sioc.minagricultura.gov.co/Acuicultura/Documentos/2021-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf> 2021-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf)
- MADR. (2021). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Cadena de la acuicultura, Dirección de cadenas pecuarias, pesqueras y acuícolas. [en línea]. 20 de agosto de 2022:(<https://sioc.minagricultura.gov.co/Acuicultura/Documentos/202131%20Cifras%20Sectoriales.pdf>)
- Maigual-Enriquez, Y. A., Maia, A. A. D., Guerrero-Romero, C. L., Matsumoto, T., Rangel, E. C., de Moraes, L. C. (2019). Comparison of sludges produced from two different recirculating aquaculture systems (RAS) for recycle and disposal. *Aquaculture*, 502, 87-96.
- Mather, C., y Fanning, L. (2019). Social licence and aquaculture: towards a research agenda. *Marine Policy*, 99, 275-282.
- Membreño, L., y González, E. M. (2014). Crecimiento de camarones blancos *Litopenaeus vannamei* en juveniles con dos tipos de alimentos: uno comercial con 25% de proteína vrs experimental con 18% de proteína a densidad de siembra de 12 ind/m² (Sistema semi-intensivo). *Universitas (León). Revista Científica de la UNAN-León.*, 5(2), 102-117.
- Merino, M. C., Bonilla, S. P., Bages, F. (2013). Diagnóstico del estado de la acuicultura en Colombia. Plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia AUNAP-FAO. Bogotá, Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

- Moreno, J. M., Muñoz, A. P., Wills, G. A. (2013). Efecto de la inclusión de diferentes fuentes de lípidos sobre parámetros productivos y composición proximal del filete de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* cultivada en jaulas flotantes. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 60(2), 100-111.
- Moreno-Sader, K. A., Martínez-Consuegra, J. D., González-Delgado, Á. D. (2021). Development of a biorefinery approach for shrimp processing in North-Colombia: Process simulation and sustainability assessment. *Environmental Technology & Innovation*, 22, 101461.
- Mungkung, R., Aubin, J., Prihadi, T. H., Slembrouck, J., van der Werf, H. M., Legendre, M. (2013). Life cycle assessment for environmentally sustainable aquaculture management: a case study of combined aquaculture systems for carp and tilapia. *Journal of Cleaner Production*, 57, 249-256.
- Newmark F., Valverde C., Diaz J., Parra G., Bonilla S., Salazar M. (2009) Agenda Prospectiva de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Cadena Productiva de Camarón de Cultivo en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y la Universidad Nacional de Colombia. [en línea] 15 de agosto de 2022: http://www.ceniacua.org/archivos/AGENDA_CAMARON_DE_CULTIVO.pdf
- Oddsson, G. V. (2020). A definition of aquaculture intensity based on production functions—The aquaculture production intensity scale (APIS). *Water*, 12(3), 765.
- Pardo Carrasco, S., Muñoz Ramírez, A. P., Atencio García, V. J., Bonilla, S. P. (2018). Aquaculture in Colombia. *World Aquaculture*, 49(2), 22-26.
- Paredes Mendieta, J. D. (2017). Patologías asociadas al cultivo intensivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* en sistemas cerrados de recirculación (RAS). Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Pauly, D., Zeller, D. (2017). Comments on FAOs state of world fisheries and aquaculture (SOFIA 2016). *Marine Policy*, 77, 176-181.
- Pauly, D., Watson, R., Alder, J. (2005). Global trends in world fisheries: impacts on marine ecosystems and food security. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1453), 5-12.
- Pérez-Rincón, M. A., Hurtado, I. C., Restrepo, S., Bonilla, S. P., Calderón, H., Ramírez, A. (2017). Water footprint measure method for tilapia, cachama and trout production: study cases to Valle del Cauca (Colombia). *Ingeniería y competitividad*, 19(2), 115-126.
- Ruales, C. A. D., Álvarez, G. D. C. (2014). Evaluation of a recirculation system for Dorada (*Brycon moorei*-Steindachner 1878) larvae in the Magdalena River. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 9(2), 179-189.
- Samuel-Fitwi, B., Schroeder, J. P., Schulz, C. (2013). System delimitation in life cycle assessment (LCA) of aquaculture: Striving for valid and comprehensive environmental assessment using rainbow trout farming as a case study. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(3), 577-589.
- SEPEC. (2019). Producción de acuicultura en el área monitoreada por el SEPEC durante el año 2019 [boletín estadístico]. [en línea] 15 de agosto de 2022: (<http://sepec.aunap.gov.co/Home/VerPdf/70>).
- Steffen, W., Persson, Å., Deutsch, L., Zalasiewicz, J., Williams, M., Richardson, K., Svedin, U. (2011). The Anthropocene: From global change to planetary stewardship. *Ambio*, 40(7), 739-761.
- Valenti, W. C., Barros, H. P., Moraes-Valenti, P., Bueno, G. W., Cavalli, R. O. (2021). Aquaculture in Brazil: past, present and future. *Aquaculture Reports*, 19, 100611.

- Viloria, H. M. M., Ante, R. F., Pérez, P. S., Correa, M. C., Jiménez, L. E. A., Llano, C. G., Maestre, E. V. (2014). Caracterización del uso y aprovechamiento de recursos hidrobiológicos en áreas protegidas de Parques Nacionales Naturales en el Caribe de Colombia. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 43(2).
- Wilfart, A., Prudhomme, J., Blancheton, J. P., Aubin, J. (2013). LCA and emergy accounting of aquaculture systems: Towards ecological intensification. *Journal of environmental management*, 121, 96-109.
- Xuan, B. B., Sandorf, E. D., Ngoc, Q. T. K. (2021). Stakeholder perceptions towards sustainable shrimp aquaculture in Vietnam. *Journal of Environmental Management*, 290, 112585.
- Ziegler, F., Emanuelsson, A., Eichelsheim, J. L., Flysjö, A., Ndiaye, V., Thrane, M. (2011). Extended life cycle assessment of southern pink shrimp products originating in Senegalese artisanal and industrial fisheries for export to Europe. *Journal of Industrial Ecology*, 15(4), 527-538.

