



Antecedentes y situación actual de la

# MARICULTURA EN COSTA RICA, con énfasis en el cultivo de camarón en el Golfo de Nicoya



Antecedentes y situación actual de la

# MARICULTURA EN COSTA RICA, con énfasis en el cultivo de camarón en el Golfo de Nicoya

# CRÉDITOS

**AUTORES:** Silvia Ramírez Flores, Cristina Sánchez Godínez, Fresia Villalobos Rojas, Jorge A. Jiménez Ramón, Irene L. Josephy Hernández, Mariano Barrantes Núñez y Carolina Salas Moya.

**DIRECTOR GENERAL:** Jorge A. Jiménez Ramón

**REVISIÓN INTERNA:** Juan M. Posada

**COORDINACIÓN EDITORIAL:** Juan M. Posada y Melissa Álvarez Barquero

**CARTOGRAFÍA:** Marco V. Castro Campos

**FOTOGRAFÍAS:** Portada: Estanque de cultivo de camarón © Silvia Ramírez Flores • Cultivo de ostras, Palito, 2012 (© MarViva) (pg.7) • Ostras cultivadas en Palito, Isla Chira, 2012 (© MarViva) (pg.11) • Camarón blanco (© Chayakorn Lotongkum, chayakorn.lot@gmail.com/Depositphotos) (pg. 13) • Pargo mancha recién capturado (© Angel DiBilio/Shutterstock) (pg. 17) • Ostra fresca cruda del Pacífico (© Picture Partners/Shutterstock) (pg. 19) • Estanque de cultivo de camarón (© Silvia Ramírez Flores) (pg. 21) • Estanque de cultivo de camarón (© Silvia Ramírez Flores) (pg. 27) • Camarones frescos recién capturados (© Trieu Tuan/Shutterstock) (pg. 29) • Una malla con mejillones cuelga a la entrada de una marisquería en el mar (© KawaiiS/Shutterstock) (pg. 30) • Cosecha de camarones provenientes de un cultivo (© Trieu Tuan/Shutterstock) (pg. 31) • Camarón blanco producido con acuicultura, listo para ser exportado (© Phensri Ngamsommitr/Shutterstock) (pg. 32) • Estanque de cultivo de camarón en la zona de Chomes (© Luciano Capelli/MarViva) (pg. 34/35) • Acuicultor alimentando peces (© Attasit saentep/Shutterstock) (pg. 37) • Criadero de peces (© Konstantin Baidin/Shutterstock) (pg. 39) • Camarón blanco juvenil en red de muestreo (© O partime photo/Shutterstock) (pg. 41) • Ramillete de camarones blancos provenientes de cultivo (© Phensri Ngamsommitr/Shutterstock) (pg. 42) • Camarones blancos frescos recién cosechados de un estanque de cultivo (© Meri Hariantisasi/Shutterstock) (pg. 47) • Camarones blancos cosechados, provenientes de estanques de cultivo (© Mati Nitibhon/Shutterstock) (pg. 74/75) • Harina de pescado producida para alimentar peces e invertebrados bajo sistemas de acuicultura (© Wirestock (Mikayel Khachatryan)/Depositphotos) (pg. 76) • Proceso de alimentación en estanques de cultivo de camarón (© photography33 (Angel Nieto)/Depositphotos) (pg. 79) • Toma de muestras de agua en un sistema de cultivo, para comprobar su estado y calidad (© Alona Siniechina/Shutterstock) (pg. 80) • Tanque de cultivo (© panxunbin, XUNBIN PAN/Depositphotos) (pg. 83) • Grupo de camarones blancos en etapa adulta (© Nirapai boonpheng/Shutterstock) (pg. 84) • Contraportada: Proceso de cosecha de camarones en estanque de cultivo (© Silvia Ramírez).

**DISEÑO:** Ingenio, Arte y Comunicación, S.A.

**IMPRESIÓN:** Ingenio, Arte y Comunicación, S.A.

639.809.728.6  
R173a

Ramírez Flores, Silvia  
Antecedentes y situación actual de la maricultura en Costa Rica,  
con énfasis en el cultivo de camarón en el Golfo de Nicoya / autores  
Silvia Ramírez Flores, Cristina Sánchez Godínez, Fresia Villalobos  
Rojas, Jorge A. Jiménez Ramón, Irene L. Josephy Hernández, Mariano  
Barrantes Núñez y Carolina Salas Moya. San José, Costa Rica :  
Fundación MarViva, 2023  
90 páginas, ilustraciones a color, gráficos a color, mapas a color ; PDF

ISBN 978-9930-611-10-4

1. MARICULTURA. 2. COSTA RICA. 3. CAMARONICULTURA. I. Sánchez Godínez,  
Cristina. II. Villalobos Rojas, Fresia. III. Jiménez Ramón, Jorge A. IV. Josephy  
Hernández, Irene L. V. Barrantes Núñez, Mariano. VI. Salas Moya, Carolina. VII. Título

**CITAR PUBLICACIÓN COMO:** Ramírez Flores, S., Sánchez Godínez, C., Villalobos Rojas, F., Jiménez Ramón, J.A., Josephy Hernández, I.L., Barrantes Nuñez, M. y Salas Moya, C. (2023). Antecedentes y situación actual de la maricultura en Costa Rica, con énfasis en el cultivo de camarón en el Golfo de Nicoya. Fundación MarViva, San José, Costa Rica. 92 pp.

© 2023. Fundación MarViva.

Únicamente se permite la reproducción parcial o total de esta obra, por cualquier medio, con autorización escrita de la Fundación MarViva. Dicho uso debe hacerse para fines educativos e investigativos, citando debidamente la fuente.

# CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	06	7.3.1. Dimensiones, volúmenes de llenado de piscinas-pilas y fuentes de agua	46
ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS Y SIGLAS	08	7.3.2. Sistemas de bombeo	47
GLOSARIO	09	7.3.3. Mallas y filtros usados	47
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>	7.3.4. Sistemas auxiliares	48
<b>2. ANTECEDENTES DE LA MARICULTURA EN COSTA RICA</b>	<b>13</b>	7.3.5. Sistemas de disposición de residuos-tratamiento de aguas	48
2.1. Cultivo de camarón blanco	14	7.4. Proceso de cultivo	49
2.2. Cultivo de pargo mancha	17	7.4.1. Adquisición de las postlarvas	49
2.3. Cultivo de la ostra japonesa	18	7.4.2. Densidades de siembra	49
<b>3. PRODUCCIÓN HISTÓRICA Y MERCADO</b>	<b>21</b>	7.4.3. Cultivo	50
3.1. Camarón blanco	22	7.4.4. Alimentación	51
3.2. Pargo mancha	22	7.4.5. Análisis de suelos y aguas	52
3.3. Ostra japonesa	23	7.4.6. Cultivo de camarón orgánico	53
3.4. Movimiento comercial	23	7.4.7. Proceso de cosecha	54
3.4.1. Exportaciones e importaciones	23	7.4.8. Proceso de comercialización	54
3.4.2. Precios a nivel nacional	26	7.4.9. Plantas de proceso acreditadas para productos acuícolas	54
<b>4. INVESTIGACIÓN DE POTENCIALES ESPECIES PARA LA MARICULTURA</b>	<b>27</b>	7.5. Programa sanitario	55
4.1. Peces	28	7.5.1. Buenas prácticas sanitarias	55
4.1.1. Corvina aguada	28	7.5.2. Enfermedades y uso de probióticos y antibióticos	55
4.1.2. Berrugate	28	7.6. Requisitos y planes de mantenimiento	58
4.2. Crustáceos	29	7.7. Condición de la infraestructura actual e inversiones requeridas para mejorarla	59
4.3. Moluscos	30	7.8. Proyección de crecimiento	60
4.3.1. Ostras	30	7.9. Nuevas tecnologías aplicables al cultivo del camarón	62
4.3.2. Pianguas y chuchecas	30	7.10. Retos para la implementación efectiva de la actividad acuícola	69
4.3.3. Mejillones	30	7.11. Recomendaciones para mejorar la producción y el cultivo de camarón	72
<b>5. PROYECTOS EN CURSO PARA EL DESARROLLO DE LA MARICULTURA</b>	<b>31</b>	<b>8. LA MARICULTURA SOSTENIBLE: RETOS Y OPORTUNIDADES</b>	<b>75</b>
5.1. Camarón (cultivo en jaulas flotantes)	32	8.1. Uso de harinas de pescado como alimento	76
5.2. Camarón (cultivo súperintensivo)	33	8.2. Especies introducidas o exóticas	78
5.3. Pargo	33	8.3. Contaminación por enriquecimiento nutritivo y orgánico	79
5.4. Ostras	33	8.4. Contaminación por uso de sustancias químicas	80
<b>6. MARCO REGULATORIO DE LA ACUICULTURA EN COSTA RICA</b>	<b>35</b>	8.5. Desarrollo sostenible de la acuicultura en la región	82
<b>7. DESCRIPCIÓN ACTUAL DEL CULTIVO DE CAMARÓN EN COSTA RICA</b>	<b>41</b>	LITERATURA CITADA	86
7.1. Aspectos generales de la actividad	42	ANEXO 1	90
7.2. Descripción de los empleos generados por la actividad e ingresos mensuales promedio (datos por género)	44		
7.3. Sistemas productivos utilizados	45		

# ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> Camaroneras existentes en el 2018, de acuerdo con la Estrategia Regional para el Manejo y Conservación de los Manglares en el Golfo de Nicoya - Costa Rica, 2019-2030	16
<b>FIGURA 2.</b> Ubicación de las granjas de pargos existentes en el Pacífico de Costa Rica	18
<b>FIGURA 3.</b> Ubicación de las actuales granjas ostrícolas en el Golfo de Nicoya y El Jobo	20
<b>FIGURA 4.</b> Producción histórica (t) de las especies destinadas para la maricultura en Costa Rica, durante el periodo 2008-2019	22
<b>FIGURA 5.</b> A) Exportación y B) importación de camarones (en miles de USD) durante el periodo 2015-2020	23
<b>FIGURA 6.</b> Distribución de las exportaciones de camarón a diferentes países, en función de los ingresos generados (en miles de USD), durante el periodo 2015-2020	24
<b>FIGURA 7.</b> A) Exportación y B) importación de pargo mancha ( <i>Lutjanus guttatus</i> ) en presentación de filete fresco y congelado (en millones de USD), durante el periodo 2015-2020	25
<b>FIGURA 8.</b> Importaciones de ostras (en millones de USD), durante el periodo 2017-2020	25
<b>FIGURA 9.</b> Ubicación geográfica de las camaroneras analizadas para la elaboración del presente informe	43
<b>FIGURA 10.</b> Estructura laboral de los sistemas de cultivo. A) Número de empleados contratados en las camaroneras y B) Estructura de negocio predominante	44
<b>FIGURA 11.</b> Estanques empleados para el cultivo de camarón. A) Estanques de tierra para sistemas semiintensivos. B) Estanques de reservorio para sistemas semiintensivos. C) Estanques de zinc forrados con geomembrana para sistemas súperintensivos. D y E) Estanques rectangulares de madera con geomembrana para sistemas súperintensivos. F) Estanques de experimentación vietnamitas para sistemas súperintensivos	45
<b>FIGURA 12.</b> Porcentaje de fincas según la profundidad (centímetros) del estanque	47
<b>FIGURA 13.</b> Equipo empleado en las fincas de cultivo de camarón. A) Bomba eléctrica, B) Bomba de motor diésel, C) Filtro al ingreso de la estación de bombeo y D) Filtro de los estanques	48
<b>FIGURA 14.</b> Proporción de fincas según el porcentaje recambio de agua de los estanques para el cultivo de camarón	49
<b>FIGURA 15.</b> Proporción de fincas según la densidad (ind/m <sup>2</sup> ) de siembra utilizada	50
<b>FIGURA 16.</b> Proceso de producción de camarones en fincas camaroneras de Costa Rica. A) Revisión del estado de salud de los camarones, B) Método para estimar el consumo de alimento de los camarones mediante comederos y C) Medición semanal para peso promedio	51
<b>FIGURA 17.</b> Proporción de fincas según conversión alimentaria utilizada	52
<b>FIGURA 18.</b> Presencia de agentes patógenos en las fincas camaroneras de Costa Rica, de acuerdo con la encuesta realizada durante el 2021: Virus del Síndrome de la Mancha Blanca (WSSV), Necrosis Hepatopancreática Aguda (AHPND), Necrosis Hepatopancreática (NHP) y Virus de la Necrosis Infecciosa Hipodérmica y Hematopoyética (IHHNV)	56

# ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO 1.</b> Precios de productos marinos (en USD/kg) y sitios de venta, para los años 2018 a 2020	26
<b>CUADRO 2.</b> Instituciones que intervienen en la tramitación de permisos para desarrollar acuicultura	36
<b>CUADRO 3.</b> Volumen de llenado de estanques y procedencia del agua en 25 fincas de producción de camarón	46
<b>CUADRO 4.</b> Promedio de producción de camarón y alimento utilizado de acuerdo con el número de ciclos programados por año	52
<b>CUADRO 5.</b> Porcentaje del total de productores que analizan los parámetros físicoquímicos del agua y la calidad del suelo	53
<b>CUADRO 6.</b> Fincas de producción de camarón orgánico, cantidad de hectáreas y ubicación	53
<b>CUADRO 7.</b> Pruebas de tres modelos experimentales de sistemas súperintensivos, de acuerdo a las características de producción	65
<b>CUADRO 8.</b> Pruebas de tres modelos experimentales de sistemas súperintensivos, de acuerdo a los rendimientos zootécnicos	65
<b>CUADRO 9.</b> Comparación de las variables productivas de sistemas productivos de camarón, aplicando tecnologías semiintensivas y súperintensivas	66
<b>CUADRO 10.</b> Escalas de cultivo según el tipo de organismo marino involucrado, especificadas en el instructivo para la valoración de impactos ambientales	71
<b>CUADRO 11.</b> Principios rectores para el uso de peces silvestres como alimento en acuicultura	77

# Resumen ejecutivo

El presente documento está dedicado a recapitular los antecedentes e informar sobre la situación actual de la maricultura en Costa Rica, desde los inicios con el cultivo de camarón, hasta las investigaciones y experiencias que hay en reproducción y alevinaje de diversas especies. Se hace un particular énfasis en el cultivo del camarón, actividad que representa la mayor producción de maricultura en Costa Rica (aproximadamente 76 % del total de toneladas cultivadas al año), y que tiene un potencial de desarrollo, el cual permitiría reducir los efectos negativos sobre los ecosistemas marinos provocados por la pesca de arrastre de camarón silvestre.

En las últimas tres décadas, la acuicultura a nivel mundial se ha triplicado como respuesta a la alta demanda alimenticia, incluyendo cada vez más la maricultura como una necesidad de complementar las capturas provenientes de la pesca. En Costa Rica, la actividad de cultivo de especies marinas se ha concentrado en el Golfo de Nicoya, cuyas características lo convierten en un lugar óptimo para el cultivo de peces, moluscos y crustáceos. Las principales especies marinas cultivadas son el camarón blanco, el pargo mancha y la ostra japonesa. De acuerdo con las últimas estadísticas

establecidas por el Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPECA), en conjunto con la Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria (SEPSA, 2020), para el 2019 la producción total asociada a la maricultura fue de 3.266,5 toneladas (76,53 % camarón blanco, 22,96 % pargo mancha y 0,50 % ostra japonesa).

Los primeros reportes de cultivo de camarones se dan en el año 1975, con la entrada en operaciones de la empresa Maricultura S.A., en Chomes de Puntarenas. Los esfuerzos de cultivo han estado enfocados en una sola especie de camarón, *Litopenaeus vannamei*, con un aproximado de 1.435 hectáreas de espejo de agua dedicado a esta actividad. En el país predomina el cultivo semiintensivo, con densidades de siembra promedio de 8 individuos por metro cuadrado, con 2,5 ciclos de siembra por año y una producción promedio de 800 kilogramos por hectárea, siendo uno de los sistemas productivos menos eficientes de la región latinoamericana. El cultivo de peces marinos se inició en 1990 con una única especie, el pargo mancha (*Lutjanus guttatus*). Esta especie es capturada en elevadas cantidades por la flota artesanal de pequeña escala del país y cuenta con un alto valor comercial. Actualmente se cuenta con 25 jaulas flotantes en mar abierto, con capacidad de hasta 200 mil peces, en densidades que no sobrepasan los 15 kilogramos por metro cúbico. La actividad de cultivo de la ostra japonesa (*Crassostrea gigas*) se inició en el 2001, con el fin de lograr establecer el ciclo reproductivo de la especie y avanzar en su producción. Este cultivo es de bajo costo en cuanto a la compra de alimento, debido a que las ostras son filtradoras y se alimentan del fitoplancton y sedimentos presentes en el agua, por lo que

su actividad se ha desarrollado de la mano con asociaciones comunitarias, para un total de nueve proyectos a la fecha.

A pesar de los esfuerzos del país por el desarrollo de la maricultura, actividades como el cultivo de camarón ha quedado rezagada en cuanto a tecnología y resultados de producción por área, poniendo en desventaja a los productores nacionales frente al mercado nacional e internacional. Además del rezago tecnológico, la cantidad de trámites requeridos para iniciar la operación de una finca productora supera la capacidad de tiempo e inversión en asesoría legal de los productores. Ante la compleja situación del cultivo en el país, la necesidad del abastecimiento de productos marinos y la disminución de las capturas de la pesca silvestre como resultado de la sobreexplotación de los recursos, es imperativo desarrollar la maricultura en el país. Para lograrlo es necesario diseñar prácticas acuícolas tecnológicamente más avanzadas,

reducir la tramitología e implementar programas de asesoría técnica y legal a los pequeños productores. De esta forma se logrará aumentar la producción acuícola, garantizar la viabilidad de este sector, asegurar su papel clave en el suministro de alimentos y la empleabilidad, mientras que al mismo tiempo se mantiene la integridad de los ecosistemas costero-marinos.



# Siglas, acrónimos y abreviaturas

**ACUAMAR:** Asociación de Cultivadores Marinos

**AHPND:** Necrosis Hepatopancreática Aguda (siglas en inglés por Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease)

**AQM:** Acuimimetismo (siglas en inglés por Aquamimicry)

**Art.:** Artículo

**ASAP:** Asociación de Acuicultores de Paquera

**ASLOPE:** Asociación Local de Pescadores Florida de Isla Venado

**ASOMUPUMO:** Asociación de Mujeres de Punta Morales

**ASOPAR:** Asociación de Pescadores Artesanales de El Jobo

**BFT:** Tecnología *Biofloc* (siglas en inglés para *Biofloc Technology*)

**BID:** Banco Interamericano de Desarrollo

**BPA:** Buenas Prácticas Acuícolas

**cm:** Centímetros

**COONAPROSAL:** Cooperativa Nacional de Productores de Sal

**Coopeacuicultores R.L.:** Cooperativa Autogestionada de Servicios de Acuicultura, Pesca y Turismo R.L.

**COOPESOL R.L.:** Cooperativa de Servicios Múltiples del Sol R.L.

**COOPROLARVA R.L.:** Cooperativa de Productores de Larva de Camarón R.L.

**CRC:** Colones costarricenses

**CVO:** Certificado Veterinario de Operación

**DIPOA:** Dirección de Inocuidad de Productos de Origen

**EIA:** Evaluación de Impacto Ambiental

**EsIA:** Estudio de Impacto Ambiental

**EE.UU.:** Estados Unidos

**FAO:** Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (siglas en inglés por Food and Agriculture Organization)

**FCR:** Tasa de conversión de alimentos (siglas en inglés por Food Conversion Rate)

**FIFO:** Pescado adentro, pescado afuera (siglas en inglés por fish in, fish out)

**g:** Gramos

**ha:** Hectárea

**hp:** Caballos de fuerza (siglas en inglés por horsepower)

**HPDE:** Polietileno de alta densidad (siglas en inglés de high-density polyethylene)

**IHHNV:** Necrosis Infecciosa Hipodérmica y Hematopoyética (siglas en inglés por Infectious Hypodermal and Hematopoietic Necrosis Virus)

**IMAS:** Instituto Mixto de Ayuda Social

**INA:** Instituto Nacional de Aprendizaje

**INAMU:** Instituto Nacional de la Mujer

**INCOPECA:** Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura

**INDER:** Instituto de Desarrollo Rural

**kg:** Kilogramo

**kg/m<sup>3</sup>:** Kilogramos por metro cúbico

**km<sup>2</sup>:** Kilómetros cuadrados

**kW:** Kilovatio

**LAPA:** Laboratorio de Patología Acuícola

**m:** Metros

**m<sup>2</sup>:** Metro cuadrado

**m<sup>3</sup>:** Metro cúbico

**M:** Millones

**MAG:** Ministerio de Agricultura y Ganadería

**MINAE:** Ministerio del Ambiente y Energía

**mm:** Milímetros

**MTSS:** Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.

**NHP:** Necrosis Hepatopancreática (siglas en inglés por Necrotizing Hepatopancreatitis)

**pl:** Postlarva

**PMP:** Parque Marino del Pacífico

**PNE:** Patrimonio Natural del Estado

**SENASA:** Servicio Nacional de Salud Animal

**SENARA:** Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento

**SEPSA:** Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria

**SETENA:** Secretaría Técnica Nacional Ambiental

**SICA:** Sistema de la Integración Centroamericana

**SINAC:** Sistema Nacional de Áreas de Conservación

**SIRPAC:** Sistema Integrado de Registro Pesquero y Acuícola Centroamericano

**SPF:** Libre de patógenos específicos (siglas en inglés por Specific Pathogen-Free)

**SPR:** Resistente a patógenos específicos (siglas en inglés por Specific Pathogen Resistant)

**t:** Toneladas

**UCR:** Universidad de Costa Rica

**UNA:** Universidad Nacional

**UNED:** Universidad Estatal a Distancia

**UNT:** Universidad Técnica Nacional

**USD:** Dólares norteamericanos

**WSSV:** Síndrome de la Mancha Blanca (siglas en inglés por White Spot Syndrome Virus)

**Acuicultura:** Producción comercial en cautividad de animales y de plantas acuáticas en condiciones controladas. La acuicultura comercial implica la propiedad individual o colectiva de los organismos cultivados, así como los procesos de transporte, industrialización y comercialización de esos organismos.

**Acuicultura marina (maricultura):** Acuicultura practicada con agua marina o salobre, tanto en el mar como en la costa.

**Acuimimetismo:** Tecnología acuícola por la que se emulan o imitan las condiciones del medio natural, a través de un sistema acuático controlado por bacterias, que son promovidas y alimentadas mediante fermentos de soja y salvado de arroz.

**Alevín / Alevinaje:** estado larval del pez desde la eclosión hasta el final de la dependencia de la yema endógena como fuente de nutrición.

**Alimentación al voleo:** Este método ampliamente utilizado en el cultivo de especies acuáticas extensivo, semiintensivo e intensivo, consiste en dispersar por todo el estanque las raciones de alimento calculadas.

**Antibiótico:** Conjunto de medicamentos que combaten las infecciones bacterianas, mediante la inhibición del crecimiento bacteriano o su completa eliminación.

**Biofloc:** Agregación de comunidades microbianas (flóculos), integrada por fitoplancton, bacterias y materia orgánica particulada.

**Camarón orgánico:** Camarón producido con prácticas que respetan el medio ambiente, usando postlarvas obtenidas sin el uso de productos químicos, que simula su entorno natural.

**Ciclo de cultivo:** Periodo de tiempo en el que los individuos sembrados permanecen en el estanque de engorde.

**Coloncho:** Especie de camarón excavador de la familia Callichiridae.

**Cosecha:** Proceso de extracción final del estanque de los individuos cultivados.

**Conversión alimenticia:** Relación entre la cantidad de alimento consumido y el peso obtenido del individuo sembrado.

**Cultivo extensivo de camarón:** Aquel que utiliza densidades de siembra de 3 camarones/metro cuadrado y una tasa de recambio de agua de los estanques del 5 %. No utiliza aireación, aunque si aplica fertilizantes y obtiene una sobrevivencia del 50 % de las postlarvas. Se caracteriza por: (i) bajo grado de control (p. ej. del ambiente, alimentación, depredadores, competidores, agentes patógenos); (ii) bajos costos iniciales, nivel tecnológico y eficiencia de producción (rendimiento no supera los 500 kilogramo/hectárea/año); (iii) alta dependencia del clima y de la calidad del agua local y (iv) utiliza cuerpos de agua naturales (p. ej. lagunas, bahías, ensenadas) y de organismos naturales para la acuicultura, a menudo no especificados.

**Cultivo semiintensivo de camarón:** Aquel que utiliza densidades de siembra de 5 a 12 camarones/metro cuadrado y una tasa de recambio de agua de los estanques del 10 al 30 %, con oferta de alimentación suplementaria. Se caracteriza por: (i) una producción aproximada de 2 a 20 toneladas/hectárea/año, que depende fuertemente del alimento natural que es incrementado por fertilización, o también mediante la adición de alimento suplementario; (ii) abastecimiento con juveniles silvestres capturados o producidos en criaderos; (iii) uso regular de fertilizantes orgánicos o inorgánicos; (iv) abastecimiento de agua de mareas o de lluvia y (v) monitoreo simple de la calidad del agua. Se realiza por lo general en estanques tradicionales o mejorados y también en simples sistemas de jaulas.

**Cultivo intensivo (o súperintensivo) de camarón:** Aquel que utiliza densidades de siembra de 75 a 100 camarones/metro cuadrado en estanques pequeños, profundos y con drenaje central para la remoción de la materia orgánica. Se caracteriza por: (i) producción de hasta 200 toneladas/hectárea/año; (ii) alto grado de control, costos iniciales, nivel tecnológico y eficiencia productiva; (iii) tendencia a independizarse del clima y de la calidad del agua del sitio y (iv) uso de sistemas de cultivo artificiales.

**Domesticación del camarón:** Proceso de adaptación ambiental, genética y reproductiva de una especie silvestre de camarón, a un medio de cultivo con condiciones distintas a su hábitat natural.

**Epicomensal:** Organismos que se adhieren a las branquias o a la superficie de los individuos cultivados, cuando dicha actividad se realiza bajo alta densidad de siembra y/o hay pobre calidad de agua en el cultivo.

**Especie exótica:** son aquellas cuya área de distribución geográfica natural no corresponde al territorio nacional y se encuentra en el país como resultado de actividades humanas o por la actividad de la misma especie.

**Estudio de Impacto Ambiental:** Instrumento técnico de evaluación de impacto ambiental, cuya finalidad es la de analizar la actividad, obra o proyecto propuesto, respecto a la condición ambiental del espacio geográfico en que se propone y, sobre esta base, predecir, identificar y valorar los impactos ambientales significativos que determinadas acciones puedan causar sobre ese ambiente y a definir el conjunto de medidas ambientales que permitan su prevención, corrección, mitigación, o en su defecto compensación busca la inserción más armoniosa y equilibrada posible entre la actividad, obra o proyecto propuesto y el ambiente en que se localizara.

**Evaluación de Impacto Ambiental:** Procedimiento administrativo científico-técnico, que permite identificar y predecir cuáles efectos ejercerá sobre el ambiente una actividad, obra o proyecto, cuantificándolos y ponderándolos para conducir a la toma de decisiones.

**Gregarina:** Grupo de protistas parásitos.

**Levante de alevines:** Proceso que va desde el destete hasta obtener alevines de 3 gramos aproximadamente, aunque ello varía con cada especie.

**Levante larval:** Proceso que va desde la eclosión del huevo hasta el destete y primeras alimentaciones.

**Liner:** anglicismo que hace referencia a una membrana plástica de espesor variable, utilizada en acuicultura para cubrir el fondo y la parte interior de los muros, en estanques de cultivo de organismos acuáticos. Los *liners* tienen el objetivo de evitar la infiltración del agua y/o de aislar los organismos en cultivo, del sedimento del fondo del estanque.

**Linternas:** Artefactos hechos de cuerdas y canastas flotantes usadas en el cultivo de ostras.

**Longline:** Cabo de polipropileno (usualmente de 24 milímetros de diámetro y de 100 a 150 metros de longitud) suspendido con boyas, del cual se suspenden diferentes tipos de materiales para cultivo, tales como canastas, bolsas, conteniendo semilla, juveniles o adultos. También se le conoce como línea madre.

**Monje:** Estructura de desagüe de los estanques de cultivo.

**Nauplio:** Estadio inicial de crecimiento del camarón, desde que sale del huevo hasta alcanzar 0,6 milímetros de longitud. No requiere alimentación, ya que se nutren de su reserva embrionaria.

**Patógeno:** Organismo que causa o produce enfermedad.

**Patrimonio Natural del Estado:** Bosques y terrenos forestales de las reservas nacionales, de las áreas declaradas inalienables, de las fincas inscritas a su nombre y de las pertenecientes a municipalidades, instituciones autónomas y demás organismos de la administración pública, excepto inmuebles que garanticen operaciones crediticias con el Sistema Bancario Nacional e ingresen a formar parte de su patrimonio.

**Pellet:** Denominación genérica para referirse a pequeñas porciones de material aglomerado o comprimido de diferentes materiales, entre ellos los alimentos.

**Periodos de retiro:** Tiempo transcurrido entre la aplicación de un antibiótico y la eliminación completa del mismo en el tejido del organismo.

**Piensos:** Mezclas de productos de origen vegetal o animal en su estado natural, frescos o conservados, o de sustancias orgánicas o inorgánicas, que contengan o no aditivos y que estén destinados a la alimentación animal por vía oral.

**Postlarva:** Estadio larval de talla entre 5 y 25 milímetros.

**Precría:** Fase de cultivo en estanques pequeños de 0,5 a 1 hectárea, donde se siembran 12 (postlarvas de 3,3 miligramos) y se engordan hasta llegar a 1 gramo/postlarva.

**Probiótico:** Microorganismos vivos que, después de la ingesta de una cierta cantidad, ejercen beneficios sobre la salud más allá de la nutrición básica natural.

**Profiláctico:** Práctica de algo que previene y protege.

**Raleo:** Recolección que se efectúa previo a la cosecha final, donde se extrae una cantidad de la biomasa. Se aplica cuando el crecimiento de los individuos depende de la densidad.

**Recambio:** Cambio parcial del agua del estanque, que varía de acuerdo con el tipo de cultivo (de 5 % en cultivo extensivo y de 10 a 30 % en cultivo semiintensivo e intensivo).

**Salitrales:** Áreas de alta concentración salina en el suelo, generada por la evaporación del agua mareal, que impide el crecimiento de la vegetación. Usualmente ubicados tierra adentro de los manglares.

**Semilla silvestre de camarón:** Larvas de camarón obtenidas del medio natural, para ser cultivadas en estanques.

**Semilla de ostra:** Ostras de talla entre los 2,8 y los 10 milímetros.

**Transfaunación:** Transferencia o movilidad de organismos y de la carga simbiótica que contienen, ya que ésta puede incluir patógenos, y por tanto promover la dispersión de enfermedades.

**Viabilidad ambiental:** Proceso tramitológico que deben cumplir los proyectos en desarrollo, con el fin de obtener la aprobación de las autoridades ambientales, en el que se demuestra que el proyecto tiene un reducido impacto ambiental en el entorno. En Costa Rica, la resolución que emite la Secretaría Técnica Ambiental Nacional es la que avala el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental.

**Vibriosis:** Infección bacteriana causada por diferentes especies de vibrios (tipo de bacteria).

**Zoonosis:** constituye un grupo de enfermedades de los animales que son transmitidas al ser humano por contagio directo con el animal enfermo, a través de algún fluido corporal como orina o saliva, o mediante la presencia de algún intermediario.



*Ostras cultivadas en Palito, Isla Chira, 2012 (© MarViva)*

# 1. Introducción

El crecimiento de la población mundial trae consigo el desafío de obtener alimentos ricos en nutrientes necesarios para el bienestar humano, como lo son los productos marinos. Sin embargo, la sobreexplotación pesquera, tanto a nivel mundial como nacional, ha generado la necesidad de desarrollar nuevas alternativas para suplir a la población de esta proteína de calidad. Por este motivo, mejorar la maricultura se ha convertido en una prioridad (FAO, 2020).

A nivel mundial, la acuicultura se ha desarrollado continuamente, tanto que entre 1990 y el 2020 se cuadruplicó la producción total en volumen de peso (de 21,8 a 87,5 millones de toneladas) alcanzando el 49 % de la producción global de animales acuáticos, con una notable expansión en algunas regiones del mundo, principalmente en los países asiáticos (Naylor et al., 2021; Rocha et al., 2022; FAO, 2022). En el caso de los cultivos de organismos marinos, nace como una necesidad de complementar las capturas provenientes de pesca, satisfacer la demanda de pescado por parte de la población (Rocha et al., 2022), representar una alternativa para el crecimiento socioeconómico de las poblaciones costeras y ser medio para promover la seguridad alimentaria (FAO, 2014).

Diferentes criterios técnicos, sobre la problemática ambiental y socioeconómica detrás de la acuicultura, han mencionado la

importancia de introducirla como un sistema potencial para producir alimentos y bioenergía (Radulovich, 2008). Igualmente, la maricultura presenta muchas ventajas con respecto a otras formas de cultivo, dada la versatilidad en sus aplicaciones productivas, las extensiones de área poco utilizadas, la generación de productos con alta demanda para la industria y la poca contaminación e impacto ambiental, entre otros (Radulovich, 2006).

Para Costa Rica, el recurso acuícola económicamente más importante es el camarón. Y ello no es diferente a nivel mundial. De acuerdo con el informe sobre el Estado Mundial de la Pesca y de la Acuicultura (FAO, 2020), se reporta que para el 2018 se produjeron 9,4 millones de toneladas (t) de crustáceos (camarones, langostas y cangrejos), equivalentes a 69.300 millones de dólares norteamericanos (USD), posicionando al cultivo de camarón como una de las actividades acuícolas de mayor relevancia económica a nivel global. En el 2014 el cultivo de camarones se convirtió en un hito, debido a que su producción superó a la cantidad extraída por la pesca (FAO, 2020). Además, durante el 2018, la acuicultura en Latinoamérica aportó un 18 % de la proteína de origen acuático, destacándose Ecuador como el mayor productor de camarón a nivel mundial, con un aumento del 12 % de su producción, del 2009 al 2018 (FAO, 2020). Gracias a la implementación de nuevas tecnologías de producción, así como el mejoramiento de las ya existentes en el país, en estos países se ha logrado reactivar el sector camaronero permitiendo que este incursione en nuevos mercados nacionales e internacionales con prácticas ambientalmente sostenibles, precios competitivos y medidas sanitarias responsables.



*Camarón blanco (© Chayakorn Lotongkum, chayakorn.lot@gmail.com/Depositphotos)*

## 2. Antecedentes de la maricultura en Costa Rica

Una de las zonas pesqueras más productivas de Costa Rica es el Golfo de Nicoya. Sin embargo, la sobreexplotación del recurso pesquero en el Golfo de Nicoya durante el siglo XX, el uso técnicas altamente destructivas como la pesca de arrastre de camarón, aunado a la creciente contaminación de las aguas costeras han generado recientes problemáticas ambientales y socioeconómicas en la localidad (Radulovich, 2006; Tabash Blanco, 2007; Álvarez y Ross Salazar, 2010). Lo anterior, se ha traducido en un incremento en las brechas de pobreza en sus costas, y una evidente necesidad de la urgente implementación de alternativas productivas, entre las que destaca la maricultura.

El Golfo de Nicoya es una de las áreas del país con mayor potencial para el cultivo de especies acuícolas. Algunas características como su área y profundidad, lo convierten en un lugar óptimo para el cultivo de peces y moluscos (Quesada Céspedes et al., 2019). Además, la protección natural y el recambio del volumen de agua que tiene el Golfo, son idóneas para el desarrollo de la maricultura con bajo impacto ambiental (PMP, 2005). En esta región, junto con la de Quepos, se han iniciado las operaciones de maricultura que hoy predominan en el país. En estos sistemas productivos, las especies que se han utilizado son el camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*), el pargo mancha (*Lutjanus guttatus*) y la ostra japonesa (*Crassostrea gigas*) (INCOPECA y SEPSA, 2019; Peña Navarro y Chacón Guzmán, 2019).

Para el año 2018, la mayoría de los organismos acuáticos que se cultivaban en Costa Rica eran de agua dulce: 80 % tilapia (*Oreochromis* spp.), 3 % trucha arcoíris (*Oncorhynchus* spp.) y menos del 1 % langostinos (*Macrobrachium*

spp). El porcentaje restante se correspondía a organismos marinos antes mencionados, con los siguientes volúmenes: camarón marino (13 %), pargo mancha (3 %) y la ostra japonesa (menos del 1 %) (INCOPECA y SEPSA, 2019). Promover el cultivo diversificado, de especies de agua dulce y marina, aumentaría la producción acuícola y compensaría el impacto socioeconómico derivado de la reducción de la pesca artesanal en las poblaciones costeras (FAO, 2016; Peña Navarro y Chacón Guzmán, 2019).

Las especies tradicionalmente cultivadas, como la tilapia y los camarones marinos, han sufrido una disminución en su producción. La tilapia disminuyó en un 50 % debido a un aumento en las importaciones, tanto de tilapia como de otros peces de menor precio. La misma caída se observa en el caso del camarón, entre los años 2009 a 2015 (Peña Navarro y Chacón Guzmán, 2019), a consecuencia de las limitaciones tecnológicas y de ampliación de infraestructura debido a las políticas ambientales existentes (Peña Navarro y Chacón Guzmán, 2019). Para el caso del camarón, esta reducción es injustificada, ya que existen actualmente muchas opciones para su cultivo que permitirían tecnificar la producción, prevenir pérdidas por enfermedades, reproducir otras especies nativas de interés comercial y buscar formas de producción compatibles con las políticas ambientales del país (Rojas Alfaro et al., 2017; INCOPECA y SEPSA, 2019; Peña Navarro y Chacón Guzmán, 2019).

## 2.1. Cultivo de camarón blanco

Los primeros cultivos de camarones se gestaron en el año 1975, cuando emprendió operaciones la empresa Maricultura S.A., en Chomes de

Puntarenas, con las especies *Litopenaeus stylirostris*, *L. occidentalis* y *L. vannamei*, en un espejo de agua de 180 ha (INCOPECA y SEPSA, 2019). Posteriormente, el cultivo de camarón blanco tomó fuerza en el año 1994, a raíz de la necesidad de los productores de sal de reconvertir sus estanques, debido a que los tratados de libre comercio se tradujeron en la importación de sal más barata desde México. Así, las salineras disponibles, se adaptaron a estanques destinados al cultivo de camarón.

A inicios de 1980, la empresa Cosechas Marinas S.A. desarrolló el primer laboratorio de ciclo cerrado para producir postlarvas (pl) de *L. vannamei*, con las que se expande la actividad en el país (Valverde Moya y Alfaro Montoya, 2013). Para este fin, se utilizaban fincas ubicadas en antiguas zonas de manglares y salitrales, las cuales se aprovechaban de forma alterna para la producción de sal (época seca) y camarón (época lluviosa), mejorando la economía de los productores (Isidro Gutiérrez, comunicación personal, 23 de abril 2021). La expansión del cultivo de camarón se vio restringida en 1990, debido a una mayor protección de los ecosistemas de manglar (Valverde Moya y Alfaro Montoya, 2013), que limitó su substitución y la obtención de nuevas concesiones en áreas de salitrales. Se estima que para ese momento existían alrededor de 1.000 ha dedicadas al cultivo de camarón (Figura 1) (INCOPECA, 2006).

Posterior a las primeras experiencias de esta actividad en el país, la maricultura se enfocó en la especie *L. vannamei*, dada su alta tasa de conversión alimentaria respecto a las otras especies del género, alimentación menos carnívora (por lo que no requiere alta cantidad de proteína en el alimento), tolerancia a amplios rangos de salinidad y alta adaptabilidad

al cautiverio (FAO, 2022). Inicialmente se utilizaba semilla silvestre, pero a causa de las enfermedades que diezmaron la producción, se iniciaron programas de domesticación, que permitieron el suministro más constante de postlarvas de alta calidad, libres de patógenos específicos (SPF) o resistentes a ellos (SPR) (FAO, 2016).

Actualmente, el cultivo de camarón en Costa Rica se caracteriza por ser de tipo semiintensivo, con densidades de cultivo promedio de ocho individuos/metro cuadrado (m<sup>2</sup>), ciclos cortos de 90-120 días de producción y un peso de cosecha entre 12 y 15 g/individuo. Bajo estas condiciones, se pueden obtener de 800 a 1.000 kg de camarón/ha en cada ciclo. Pese a que el promedio de producción está por debajo o es menor a las 2 t/ha/año, que define al cultivo semiintensivo, las características restantes (p. ej. densidad de siembra, recambio de agua, adición de alimento suplementario) sí se ajustan a su definición.

En el 2019 se incursionó en la creación de granjas de camarón a escala piloto, en jaulas flotantes en el Golfo de Nicoya, las cuales se venden como carnada en Áreas Marinas de Pesca Responsable y también se inició con la implementación de cultivos intensivos de camarón en tierra, con sistemas pequeños y altamente tecnificados, aplicando el *biofloc* (Peña -Navarro y Chacón Guzmán, 2019). Inicialmente, las larvas utilizadas eran importadas de Ecuador, Nicaragua y Guatemala. Sin embargo, en el país se ha logrado consolidar un laboratorio de reproducción, que permite obtener nauplios localmente. Además, existen aproximadamente 525 ha dedicadas a la producción de camarón orgánico, el cual es utilizado específicamente para la exportación.



La mayor parte de los productores de camarón están agremiados a la Cooperativa de Servicios Múltiples del Sol R.L. (COOPESOL R.L.). Del 100 % de sus agremiados, un 39 % corresponden a productores de camarón, para un total de 78 productores. Esta actividad genera un total de 306 empleos directos y 764 empleos indirectos, en las 764,20 ha de cultivo asociadas a la cooperativa. La

producción se estima en 2.000 kg/ha/año, para un total de 1.528.400 kg/año. Otros 20 productores se encuentran agremiados a la Cooperativa de Productores de Larva de Camarón (COOPROLARVA R.L), que buscan construir un laboratorio de producción de larva de camarón, capaz de suplir las necesidades del sector.

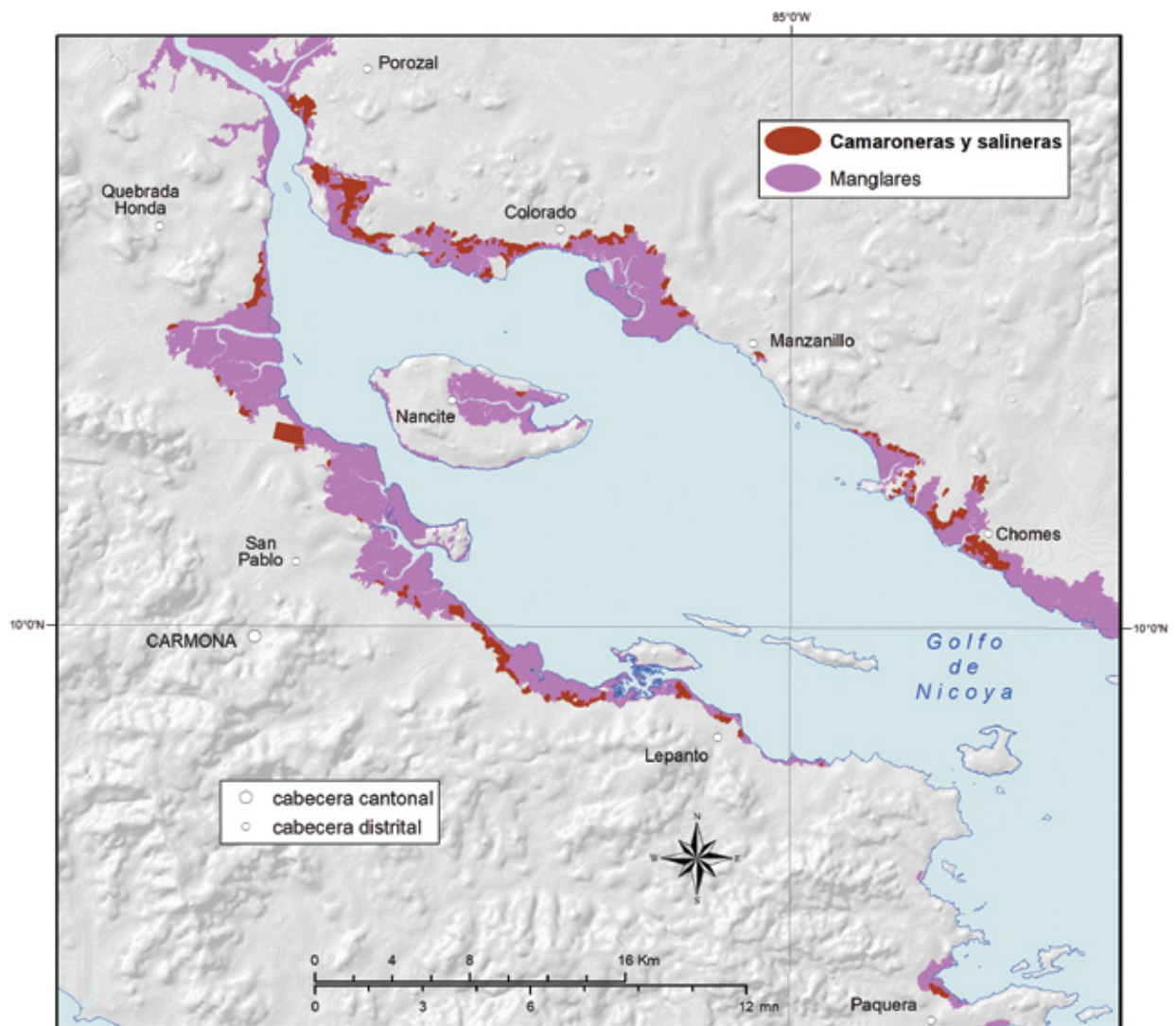


Figura 1. Camaroneras existentes en el 2018, de acuerdo con la Estrategia Regional para el Manejo y Conservación de los Manglares en el Golfo de Nicoya - Costa Rica, 2019-2030 (Fuente: Castro Campos y Jiménez Ramón, 2021)

## 2.2. Cultivo de pargo mancha

El cultivo de peces marinos se inició en 1990, utilizando el pargo mancha (*Lutjanus guttatus*). Esta especie es capturada en elevadas cantidades por la flota artesanal de pequeña escala del país y cuenta con un alto valor comercial. Para el 2020 se reportaron descargas de pargo mancha de 157 t, con un valor comercial de USD 656.000 (INCOPECA, 2022).

Algunas experiencias previas en la producción de semilla fracasaron debido a problemas asociados a la organización y al financiamiento (INCOPECA y SEPSA, 2019). En 1997, la Universidad Nacional (UNA) inició la investigación de la reproducción y engorde del pargo mancha, que logró finalizar satisfactoriamente con la producción de varias generaciones en cautiverio, el cierre del ciclo reproductivo y el adecuado control del engorde. Una vez dominadas estas fases, se transfirió el paquete tecnológico al Parque Marino del Pacífico (PMP), con el objetivo de producir alevines para transferirlos a las comunidades (INCOPECA y SEPSA, 2019). Durante el 2003, el PMP inicia la fase de cultivo en su módulo productivo, instalando una granja piloto en conjunto con la Asociación de Pesca y Cultivo de Isla Venado, donde se logró la producción y venta al sector turismo.

Para el 2007, el PMP logra producir 70.000 juveniles de pargo mancha y por medio de un convenio, transfiere la tecnología a la empresa Industrias Martec S.A. (MARTEC), lo que permitió que la producción escalara a nivel comercial (Peña Navarro y Chacón Guzmán, 2019). Otras experiencias más recientes, incluyen producción de pargo en jaulas flotantes en la Asociación de Acuicultores

de Paquera (ASAP) en Puntarenas y la Asociación de Pescadores en Santa Elena de Cuajiniquil en Guanacaste (OSPESCA, 2017) (Figura 2).

Para el 2018, en Costa Rica se registraba una producción de pargo mancha de 600 t (Chacón Guzmán et al., 2021). Para el 2019, MARTEC contaba con una concesión de 15 kilómetros cuadrados (km<sup>2</sup>) de espejo de agua en mar abierto, con el objetivo de producir 5.000 t de pargo mancha al año (Peña Navarro y Chacón Guzmán, 2019). Esta empresa posee 25 jaulas flotantes, con capacidad de hasta 200 mil peces, en densidades que no sobrepasan los 15 kg por metro cúbico (kg/m<sup>3</sup>) e ingresos anuales entre los USD 28 a 30 millones (Barra, 2018). La aparición de enfermedades asociadas al *Streptococcus* ha provocado la iniciación de procesos para obtener vacunas contra esta bacteria (Barra, 2018). Mientras tanto, el PMP sigue trabajando en mejorar la producción de juveniles de pargo mancha provenientes de reproductores nacidos en cautiverio (Chacón Guzmán et al., 2021).

pargo mancha recién capturado (© Angel DiBiello/Shutterstock)



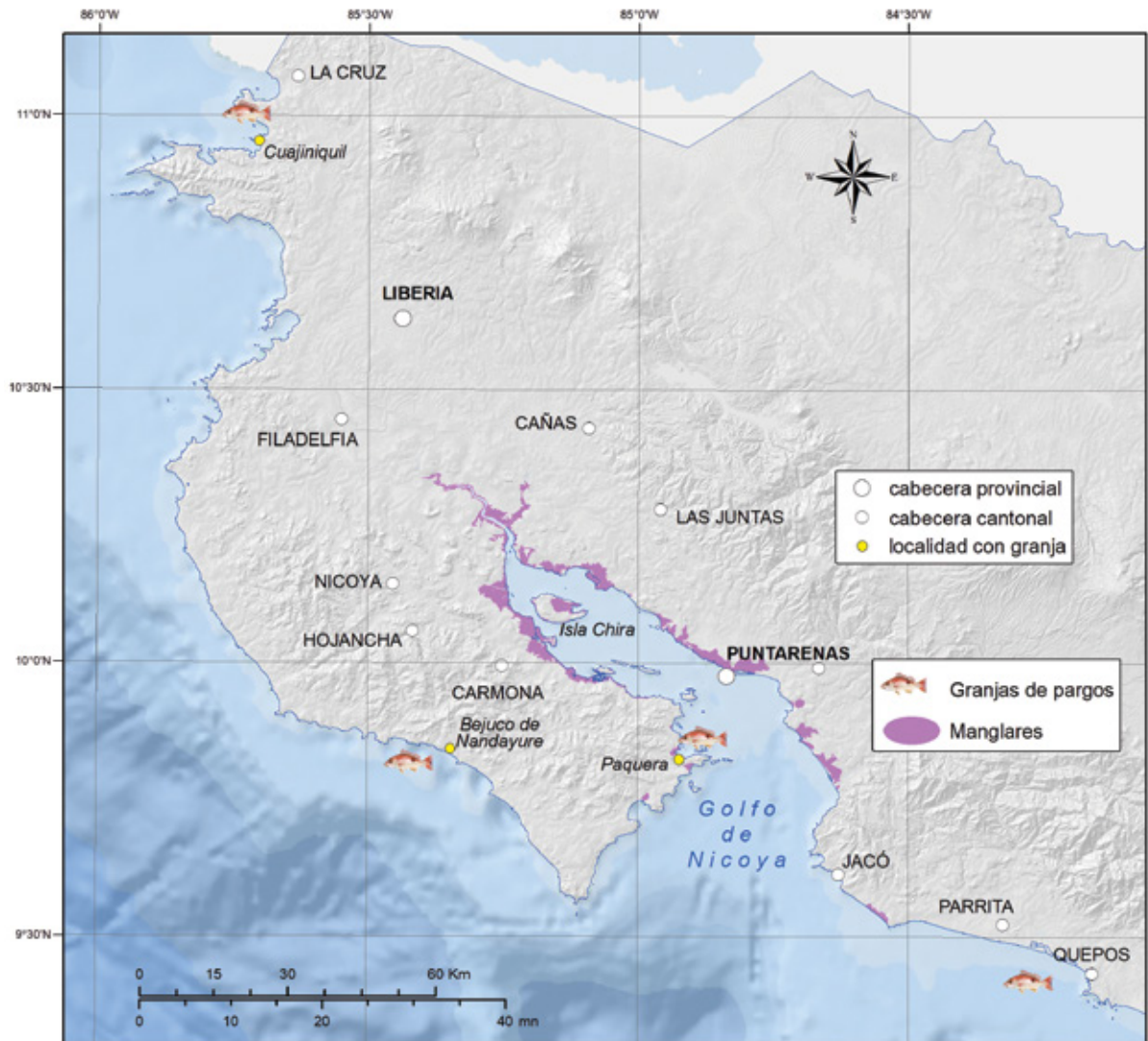


Figura 2. Ubicación de las granjas de pargos existentes en el Pacífico de Costa Rica (Fuente: elaboración propia, a partir de información de OSPESCA, 2017; Peña Navarro y Chacón Guzmán, 2019)

### 2.3. Cultivo de la ostra japonesa

La actividad de cultivo de la ostra japonesa (*Crassostrea gigas*) se inició en el 2001, liderado por la UNA, cuyo objetivo de investigación fue lograr establecer el ciclo

reproductivo de la especie y avanzar en su producción. Logrado esto, se hizo la transferencia tecnológica para su cultivo a comunidades de pescadores (INCOPECA y SEPSA, 2019), considerando que ofrecía varias ventajas, tales como fomentar la seguridad alimentaria, generar empleo y promover el empoderamiento y la educación

técnica informal de las personas a cargo. Este cultivo posee bajos costos en el rubro de alimentación, debido a que las ostras son filtradoras y se alimentan del fitoplancton y sedimentos presentes en el agua (Brusca y Brusca, 2005). El mayor costo está asociado a las horas de trabajo requeridas para el manejo y limpieza de las conchas de las ostras, así como el cuidado de las granjas de cultivo (Quesada Céspedes et al., 2019).

La Estación Marina de la UNA, en Puntarenas, lidera el desarrollo de cultivos de moluscos y ha ampliado la producción de semilla de la ostra japonesa. Debido a la gestión conjunta entre la Estación Marina con otras instituciones como el Instituto Mixto de Ayuda Social (IMAS), el Instituto de Desarrollo Rural (INDER), el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (MTSS) y el Instituto Nacional de la Mujer (INAMU), existen actualmente nueve proyectos de engorde de ostra, liderados por asociaciones comunitarias (Figura 3). Estos proyectos ostrícolas están ubicados

en el Golfo de Nicoya y en Guanacaste, específicamente en Palito y Montero (Isla de Chira), en Cerro Gordo (Colorado de Abangares), Huertos Marinos y la Asociación de Mujeres de Punta Morales (ASOMUPUMO) (Costa de Pájaros), la Asociación Local de Pescadores Florida de Isla Venado (ASLOPE) (Isla Venado), la Asociación de Cultivadores Marinos (ACUAMAR) (Isla Cedros), Ostra Rica (Punta Cuchillo-Paquera) y la Asociación de Pescadores Artesanales de El Jobo (ASOPAR) en El Jobo.



*Ostra fresca cruda del Pacífico (© Picture Partners/Shutterstock)*

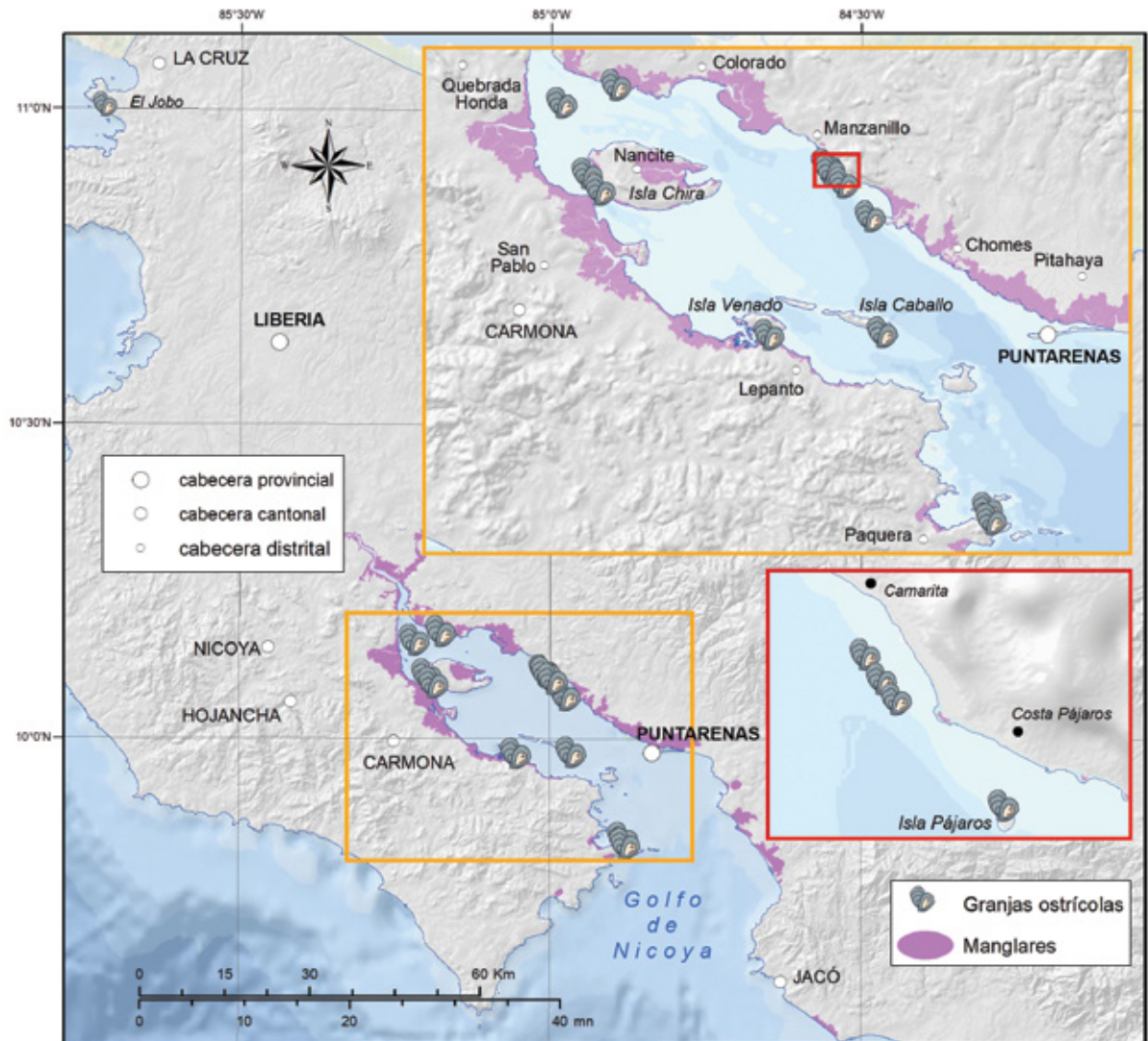


Figura 3. Ubicación de las actuales granjas ostrícolas en el Golfo de Nicoya y El Jobo (Fuente: elaboración propia)



*Estanque de cultivo de camarón (© Silvia Ramírez Flores)*

## 3. Producción histórica y mercado

De acuerdo con las últimas estadísticas establecidas por el Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPECA), en conjunto con la Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria (SEPSA,

2020), para el 2019 la producción total asociada a la maricultura fue de 3.266,5 t. De ello, el 76,53 % correspondió al camarón blanco, el 22,96 % al pargo mancha y un 0,50 % a la ostra japonesa (Figura 4).

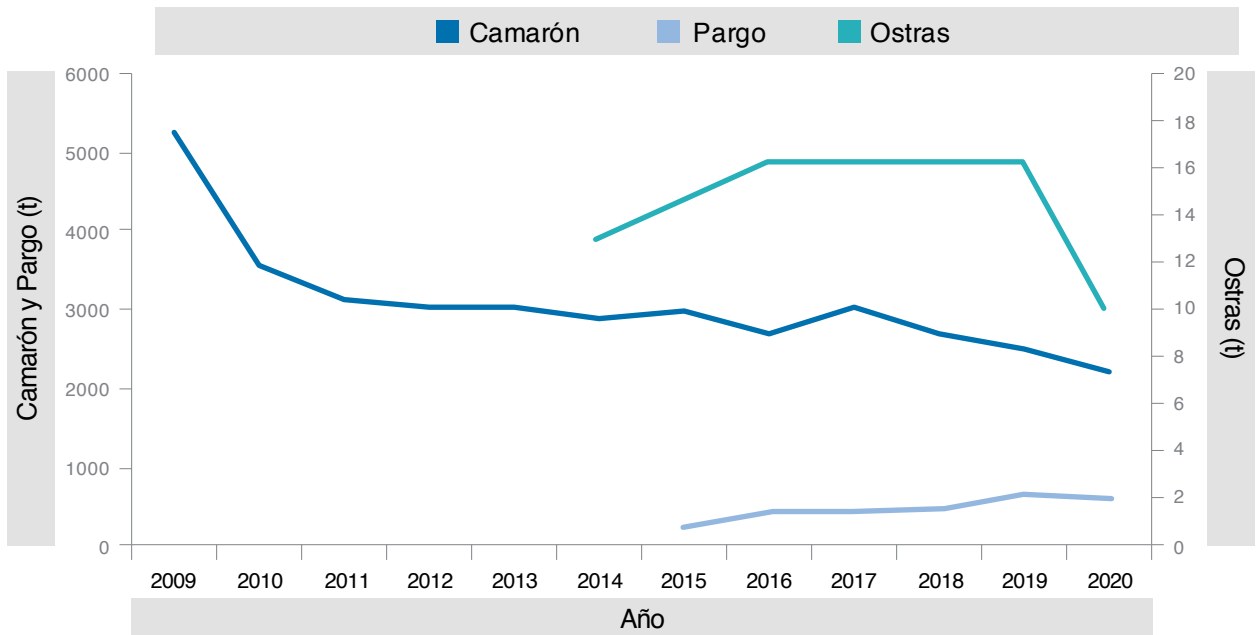


Figura 4. Producción histórica (t) de las especies destinadas para la maricultura en Costa Rica, durante el periodo 2008-2019 (Fuente: SEPSA, 2020)

Para el 2020, la producción total asociada a la maricultura en Costa Rica fue de 2.894,3 t (11,40 % menos producción con respecto al 2019). De ello, el 76,01 % correspondía al camarón blanco, el 23,63 % al pargo mancha y un 0,36 % a la ostra japonesa (Figura 4).

52,51 % (2.765 t). Esta mengua se le atribuye a la presencia de enfermedades, la falta de tecnificación, las políticas ambientales, el comercio local y la competencia con producto extranjero (Peña Navarro y Chacón Guzmán, 2019).

### 3.1. Camarón blanco

Como se aprecia en la Figura 4, el cultivo de camarón en Costa Rica ha ido decreciendo a lo largo del tiempo. Los años 2009 y 2015 representaron caídas del 32,70 % y del 9,78 % respectivamente, con relación al año anterior. En cuanto al descenso acumulado del año 2008 al 2019, se dejó de producir un

### 3.2. Pargo mancha

En los últimos cinco años, el cultivo del pargo mancha se ha incrementado en un 214,28 %, de manera que es el sistema productivo con mayor crecimiento en el país. Esto debido a la demanda internacional del producto y sus altos precios (Figura 4).

### 3.3. Ostra japonesa

El cultivo de ostra japonesa presentó una producción estable durante el 2016 y 2019 con un total de 16,3 t/año. Sin embargo, en el 2020 se produjo una disminución para una producción anual de 10,3 t. La producción de ostra japonesa representa alrededor de un 0,50 % del total de la producción acuícola a nivel nacional (Figura 4). A esta baja comercialización, se adiciona, la limitante en la producción de semilla que ha generado poco crecimiento en el sector.

## 3.4. Movimiento comercial

### 3.4.1. Exportaciones e importaciones

En Costa Rica, las principales empresas de maricultura de exportación son MARTEC (con el producto pargo mancha) y Rainbow Export Processing S.A. (con el camarón de cultivo orgánico) (PROCOMER, 2021). La dinámica de estas exportaciones se describe a continuación:

#### 3.4.1.1. Camarón blanco

La exportación total de camarón blanco en el 2020 fue valorada aproximadamente en USD 6,8 M, cifra que corresponde al 50 % de lo reportado en el 2017, cuando las exportaciones de este producto llegaron a USD 14 M (Figura 5A) (PROCOMER, 2021). Por su parte, para el periodo 2019-2020, los países desde donde se importó camarón de cultivo fueron Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá, Argentina, Ecuador y Venezuela, para un total de 5.000 t (Figura 5B).

En cuanto a la participación y el valor del mercado de exportación entre los años 2015 y 2020, los destinos más importantes y valores para todo el periodo fueron: Bélgica (64,30 % y USD 31,2 M), España (14,21 % y 6,9 M USD), Estados Unidos (EE.UU.) (9,41 % y USD 4,6 M), Holanda (4,66 % y USD 2,2 M) y Alemania (4,08 % y USD 2,0 M) (Figura 6) (PROCOMER, 2021).

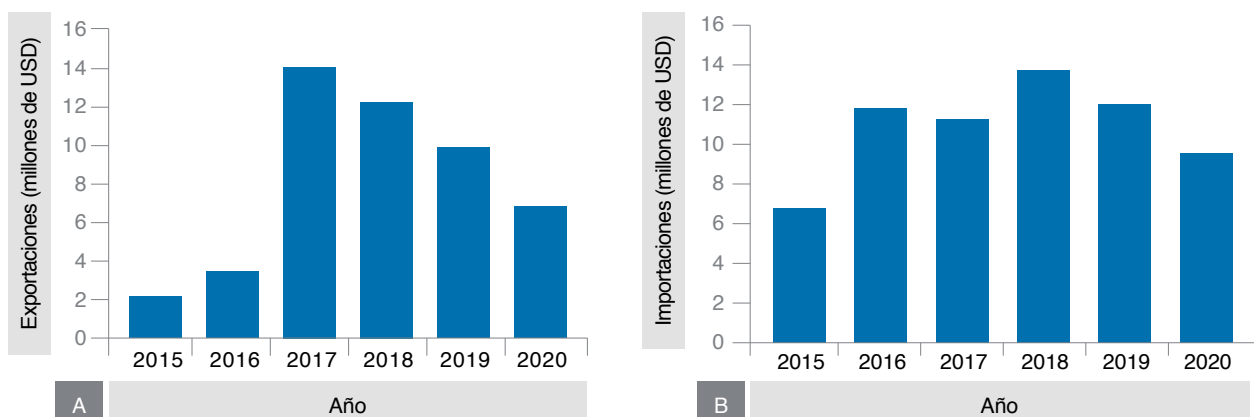


Figura 5. A) Exportación y B) importación de camarones (en millones de USD) durante el periodo 2015-2020 (Fuente: elaboración propia, a partir de información de PROCOMER, 2021)



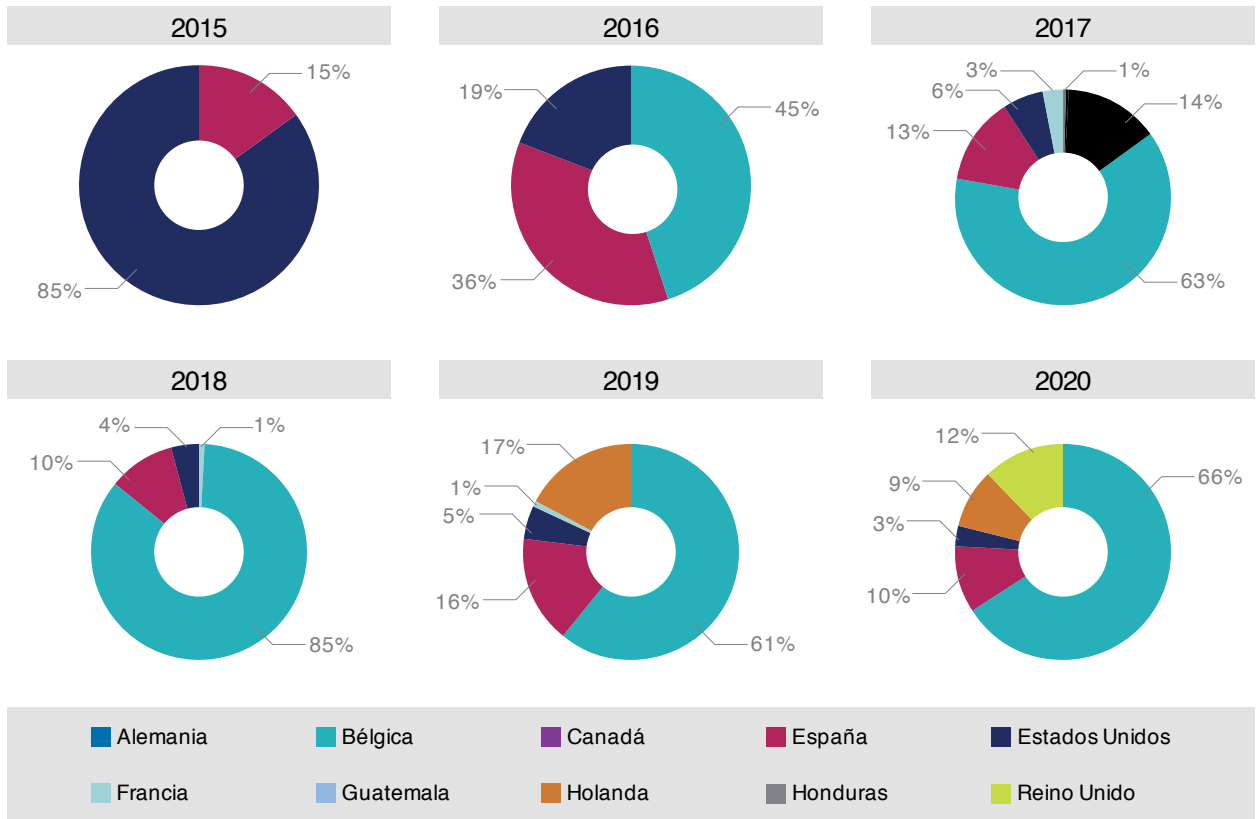


Figura 6. Distribución de las exportaciones de camarón a diferentes países, en función de los ingresos generados (en millones de USD), durante el periodo 2015-2020 (Fuente: elaboración propia, a partir de información de PROCOMER, 2021)

### 3.4.1.2. Pargo mancha

Los datos de PROCOMER, con respecto a las exportaciones del pargo mancha, incluye tanto los volúmenes de origen silvestre como los de cultivo (Figura 7A), observándose que la mayor cantidad se alcanzó en el año 2017. El principal destino para este producto es EE.UU., hacia dónde se dirige el 99 % de las exportaciones, en la presentación de

filete congelado (PROCOMER, 2021). Con respecto a las importaciones, el 70 % de los registros no presenta información sobre el país de origen; mientras que desde Panamá y Nicaragua se importaron para el periodo del 2015-2020 un total de 0,18 y 0,15 M de USD, respectivamente (PROCOMER, 2021). Y durante el año 2020, se importó de EE.UU. USD 2,9 M de pargo (Figura 7B).

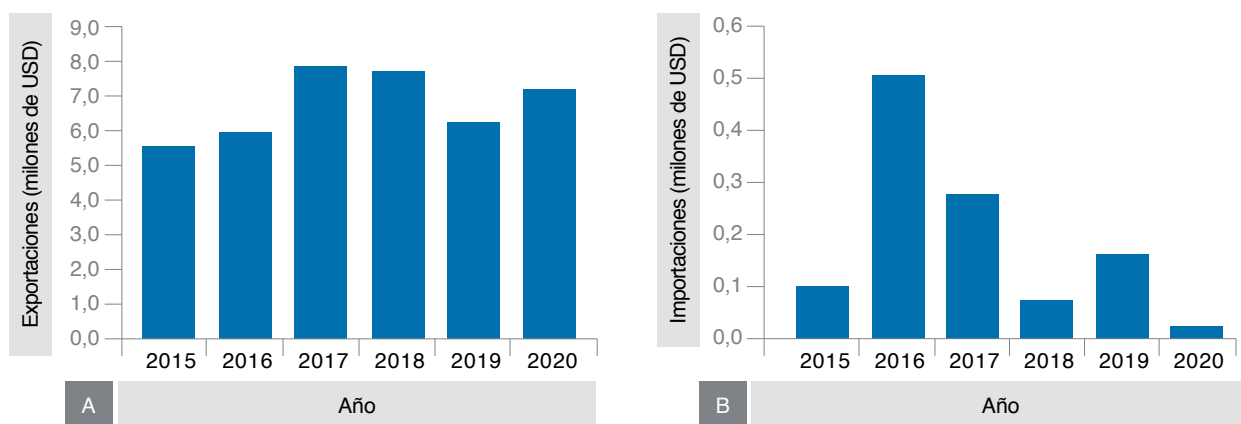


Figura 7. A) Exportación y B) importación de pargo mancha (*Lutjanus guttatus*) en presentación de filete fresco y congelado (en millones de USD), durante el periodo 2015-2020 (Fuente: elaboración propia, a partir de información de PROCOMER, 2021)

### 3.4.1.3. Ostra japonesa

El país no cuenta con registros de exportación de ostras japonesa. Por su parte, el registro de importaciones entre los años 2017 y 2020 indican que provienen en su totalidad de los

EE.UU., con montos que varían entre USD 3,5-7,1 M (Figura 8). El producto nacional posee la presentación de consumo fresco, por lo que todo el producto que se produce es consumido localmente.

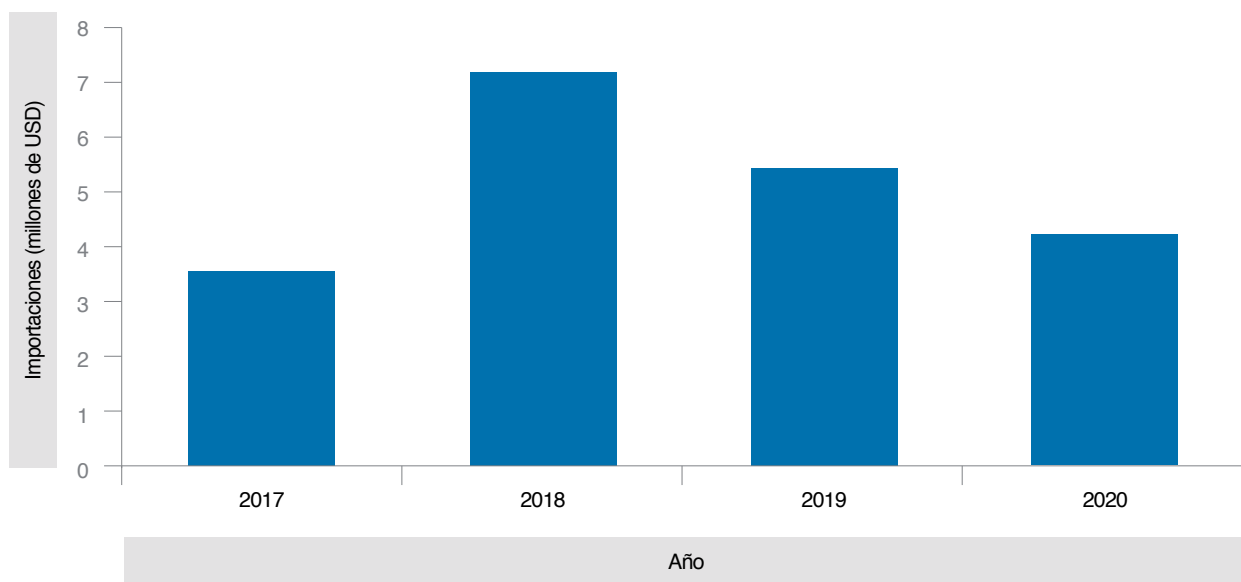


Figura 8. Importaciones de ostras (en millones de USD), durante el periodo 2017-2020 (Fuente: elaboración propia, a partir de información de PROCOMER, 2021)

### 3.4.2. Precios a nivel nacional

Los precios promedio de referencia de la venta del 2018 al 2020, se pueden apreciar en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Precios de productos marinos (en USD/Kg) y sitios de venta, para los años 2018 a 2020 (Fuente: INCOPECA<sup>1</sup>)

PRODUCTO	PUESTOS DE RECIBO	MERCADOS Y SUPERMERCADOS
2018		
CAMARON DE CULTIVO	9,17	16,21
PARGO FILET	NA	23,09
PARGO MANCHA ENTERO	NA	9,33
PARGO MANCHADO 0-1	3,72	NA
PARGO MANCHADO 1-2	4,78	NA
PARGO MANCHADO 2-4	5,22	NA
2019		
CAMARON DE CULTIVO	10,25	15,94
PARGO FILET	NA	22,71
PARGO MANCHA ENTERO	NA	9,18
PARGO MANCHADO 0-1	5,36	NA
PARGO MANCHADO 1-2	5,68	NA
PARGO MANCHADO 2-4	6,12	NA
2020		
CAMARON DE CULTIVO	8,20	15,94
PARGO FILET	NA	22,71
PARGO MANCHA ENTERO	NA	9,18
PARGO MANCHADO 0-1	5,16	NA
PARGO MANCHADO 1-2	5,14	NA
PARGO MANCHADO 2-4	4,97	NA

\*Las categorías corresponden al peso de los individuos, siendo categoría 0-1 pargos de 300 a 499 g, categoría 1-2 pargos de 500 a 999 g y categoría 2-3 pargos de 1.000 g en adelante. NA: No Aplica.

Los datos de INCOPECA no presentan precios para las ostras, por lo que se interpreta que los medios de comercialización del producto siguen siendo de forma directa, con poca o nula intermediación.

1- <http://www.pima.go.cr/incopesca/>



*Estanque de cultivo de camarón (© Silvia Ramírez Flores)*

## 4. Investigación de potenciales especies para la maricultura

En Costa Rica, instituciones estatales como la UNA, Universidad de Costa Rica (UCR), PMP, Universidad Técnica Nacional (UTN) y la Universidad Estatal a Distancia (UNED), han incrementado su investigación en maricultura recientemente. Esta se ha enfocado en desarrollar tecnologías de reproducción y de alevinaje con especies nativas de Costa Rica, que muestren potencial para la maricultura. La investigación se ha dirigido a peces, crustáceos, moluscos y macroalgas. Paralelamente, la industria privada ha adoptado diversos de estos paquetes tecnológicos para la producción. Los principales hallazgos en los grupos estudiados se detallan a continuación:

## 4.1. Peces

El desarrollo de la maricultura con peces ha sido el más lento en el país, debido a los largos periodos de tiempo que ha tomado la aclimatación al cautiverio de los reproductores, la alimentación, la reproducción a ciclo cerrado y la cría de alevines.

### 4.1.1. Corvina aguada

Las corvinas son especies que tienen una gran importancia comercial y enfrentan una elevada presión pesquera (Jiménez et al., 2005; Marín y Vásquez, 2012). En el 2007, la UNA capturó del medio silvestre a los primeros reproductores de corvina aguada (*Cynoscion squamipinnis*) y al año siguiente, con el primer desove de los padrotes, se obtuvo la primera línea de reproductores criados en cautiverio. En el 2009 se iniciaron las pruebas de reproducción controlada y se logró la reproducción y cría larval, lo cual se tradujo en un manual práctico para la reproducción de la especie.

Desde el año 2013, la UNA ha tratado de diseñar protocolos que permitan optimizar la supervivencia y el crecimiento de la corvina reina (*Cynoscion albus*). Luego del periodo de adaptación al cautiverio de los reproductores capturados del medio, se hizo una inducción al desove, lo que permitió obtener un desove de calidad y así contar con una línea de padrotes nacidos en cautiverio. Actualmente, la investigación se centra en mejorar la calidad del alimento que se le da a las larvas y a los juveniles, con el propósito de incrementar su tasa de sobrevivencia (Marvin Ramírez, comunicación personal, 28 de abril 2021).

### 4.1.2. Berrugate

El PMP, en conjunto con la Universidad Católica del Norte de Chile, han incursionado en la investigación del crecimiento en cautiverio del berrugate (*Lobotes pacificus*), especie con un elevado potencial para maricultura al alcanzar tallas comerciales en un menor tiempo en comparación con especies similares como *L. surinamensis*, así como por el buen tamaño de filetes que ofrece y el buen sabor de su carne (Chacón-Guzmán et al. 2019). Los primeros análisis, donde se mantuvieron juveniles capturados en el medio natural, indican que los individuos, después de 100 días de cultivo, alcanzan el tamaño comercial en un tiempo menor que cuando se compara con otras especies similares. Además, demostraron que se requiere mejorar los piensos especializados para la alimentación, pues los disponibles para el pargo, no cubren las necesidades nutricionales de esta especie (Herrera-Ulloa et al., 2019).

## 4.2. Crustáceos

Desde 1975, cuando se realizaron pruebas con las tres especies de camarón blanco (*L. vannamei*, *L. stylirostris* y *L. occidentalis*), se determinó que las dos últimas no deberían incluirse en los cultivos debido a que, al ser más carnívoras, los alimentos disponibles no cubrían las necesidades de proteína. Fue así como se encontró que los individuos crecían menos y su adaptabilidad a las condiciones de cultivo no eran las idóneas (Rojas Alfaro et al., 2017). Sin embargo, diferentes investigaciones en la especie *L. stylirostris*, determinaron que la maduración sexual en los machos podía ser controlada en tres diferentes puntos del sistema reproductor, mientras que en las hembras se desarrolló la maduración ovárica y el desove, con el uso de neurotransmisores (Alfaro et al., 2004). La ventaja de esta técnica

radica en que evita la ablación del pedúnculo ocular y por ende, la alta mortalidad de las hembras reproductoras disminuye (Rojas Alfaro et al., 2017). A pesar de estos avances, sigue sin recomendarse como una especie con un buen potencial para el cultivo en Costa Rica (Rojas Alfaro et al., 2017).



## 4.3. Moluscos

En Costa Rica se han realizado importantes trabajos de investigación con diferentes especies de interés comercial. Esto ha incluido la biología, abundancia poblacional, evaluaciones biométricas y la comprensión del ciclo reproductivo (Cruz y Villalobos, 1993a, 1993b; Cruz y Palacios, 1983). Entre ellas tenemos a:

### 4.3.1. Ostras

El Laboratorio de Cultivo y Reproducción de Moluscos de la UNA logró el desove, producción de semilla y sobrevivencia de las especies *Striostrea prismatica* y *Crassostrea rhizophorae*. Con la primera no se llevaron a cabo pruebas de campo, mientras para la segunda ésta fue trasladada a los sistemas de cultivo utilizados con la ostra japonesa (*C. gigas*), presentándose altas mortalidades, lo cual se ha traducido en que no se hayan retomado las pruebas para mejorar las condiciones de cultivo (Gerardo Zúñiga Calero, comunicación personal, 28 de abril 2021).

### 4.3.2. Pianguas y chuchecas

Tanto para las pianguas (*Anadara tuberculosa* y *A. similis*), como para la chucheca (*Larkinia grandis*), se ha logrado el desove y la obtención de semilla en condiciones de laboratorio. Además, se han colocado bancos de conchas en parcelas dentro de una zona de manglar. Sin embargo, dada su lenta tasa de crecimiento, no se plantea la posibilidad de implementar estos cultivos a nivel comercial (Gerardo Zúñiga Calero, comunicación personal, 24 de abril 2021).

### 4.3.3. Mejillones

Los estudios preliminares con la especie *Mytella guyanensis* empezaron en la década de los años 80, en su hábitat natural. Posteriormente se realizaron estudios de cultivo en balsas, biometría y reproducción (Cruz y Villalobos, 1993a, 1993b; Arroyo Mora y Marín Alpízar, 1998; Ureña Juárez y Díaz Peralta, 2020). En la década del 2010, se evaluaron sitios óptimos para el cultivo de bivalvos en el Golfo de Nicoya (Quesada Céspedes, 2018). Así la UNED en el 2017, en conjunto con asociaciones de mujeres de Isla Chira, iniciaron un proceso de producción de mejillón, con semilla proveniente del medio natural y utilizando sistemas de cultivo similares a los que se utilizan para la ostra. Este proyecto utiliza dos sistemas de producción: el primero tipo *longline*, el cual es utilizado en el cultivo de ostras, y el segundo con balsas modelo a pequeña escala, que emulan las que se utilizan para la producción escalada. Esta balsa se cuadrícula en espacios de un m<sup>2</sup>, y de cada cuadro se cuelgan tres tiras de mecate de ocho a doce metros (m) de largo. En la actualidad funciona únicamente el sistema de *longline*, para el cual se debe hacer mejoras en tecnologías que incrementen su rendimiento.



Una malla con mejillones cuelga a la entrada de una marisqueería en el mar. © KawaiiS/ Shutterstock



*Cosecha de camarones provenientes de un cultivo (© Trieu Tuan/Shutterstock)*

## 5. Proyectos en curso para el desarrollo de la maricultura



## 5.1. Camarón (cultivo en jaulas flotantes)

En el 2020, el PMP inició una granja piloto para el cultivo de camarón en jaulas flotantes. Dicha granja se ubica en Isla Venado, en la parte media del Golfo de Nicoya y se desarrolla en conjunto con la Cooperativa

Autogestionada de Servicios de Acuicultura, Pesca y Turismo R.L. (Coopeacuicultores R.L.). Hoy en día cuentan con el apoyo de instituciones como el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA) que se encarga de la capacitación técnica de los grupos interesados, la UNA que apoya con profesionales en biología, el INCOPECA y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) que aportó los fondos para la construcción y puesta en marcha del sistema. Se trata de un proyecto piloto, que aún no cuenta con los permisos de concesión, pues lo inscribieron como una granja experimental.

Dicho proyecto cuenta con 10 jaulas de fibra de vidrio, de cuatro metros de ancho por siete metros de largo, resultando en sistemas súperintensivos (alta densidad de siembra; ver definición en la sección 7.10), con peso mínimo de comercialización



de 12 a 15 g, el cual se alcanza en tres meses y medio. La alimentación consiste en un pre-digerido elaborado a base de subproductos pesqueros, razón por la que aumenta el costo y el esfuerzo requerido en la elaboración del alimento. De momento, los análisis de viabilidad del proyecto, tanto ambientales como económicos, no están disponibles.

## 5.2. Camarón (cultivo súperintensivo)

En el 2019 se desarrolló un proyecto con inversión privada en la zona de Jicaral, Puntarenas, el cual cuenta con dos estanques de tierra de 500 m<sup>2</sup> cada uno, cubiertos con un *liner* y utilizando la tecnología de *biofloc*, que ayuda a evitar el consumo excesivo de agua debido a los procesos de recambio y mantiene una buena calidad del agua, al reducir la cantidad de nitrógeno presente. En estos estanques se sembró una densidad de 200 individuos/m<sup>2</sup> y se realizaron solamente dos siembras, con las cuales se obtuvo 1.800 kg por estanque. Actualmente, los estanques son utilizados para precría, a la espera de poder mejorar el sistema.

## 5.3. Pargo

Un proyecto para el pargo mancha, que opera en el Golfo de Nicoya, se lleva a cabo desde el PMP, en conjunto con la ASAP. El proyecto está conformado por nueve jaulas flotantes, de seis por seis metros y tres metros de profundidad, para un volumen de 108 m<sup>3</sup> por jaula, y una plataforma flotante con una bodega. La producción no ha escalado para la venta comercial y suplente a proyectos turísticos como el de Isla Tortuga. Según el plan estratégico para la acuicultura de INCOPECSA

y SEPSA (2019), algunas de las dificultades que enfrenta el cultivo de pargo mancha son: el elevado precio de los alevines y los altos costos del alimento, lo que no permite ganancia al productor. Actualmente, esta granja se encuentra en un programa de refinanciamiento para mejorar la infraestructura de las jaulas, ya que las mismas se encuentran en mal estado.

## 5.4. Ostras

En los nueve proyectos existentes se utilizan sistemas de cultivo tipo *longline*. Este sistema consiste en líneas de 100 m ancladas al fondo marino, del que penden 60 “linternas” de hasta 5 niveles, dependiendo de la profundidad a la que se encuentre la granja. En estas linternas se siembran las semillas con tamaños de 2,5 milímetros (mm), y durante ocho meses se mantienen en el agua, donde se realiza el mantenimiento semanal que incluye la limpieza, clasificación por tamaño y distribución para un crecimiento adecuado. Al finalizar se obtienen 200 ostras por linterna, con un tamaño de comercialización de ocho centímetros (cm).

En el 2020, los nueve proyectos que operaban produjeron en conjunto cinco toneladas de ostras, las cuales se distribuyeron dentro del mercado nacional por medio de un intermediario o de forma directa a través de los propietarios de la finca (Gerardo Zúñiga Calero, comunicación personal, 28 de abril 2021). La actividad puede continuar creciendo, pues actualmente las nueve granjas operan con un suministro de semilla constante gracias a la creación del Laboratorio Nacional de Producción de Semillas de Ostras y con la inclusión de la empresa privada en la actividad, así como con la búsqueda de mercados para el producto.





*Estanque de cultivo de camarón en la zona de Chomes (© Luciano Capelli/MarViva)*

## 6. Marco regulatorio de la acuicultura en Costa Rica

La acuicultura en Costa Rica está regulada por una serie de leyes, reglamentos y decretos ejecutivos. El INCOPECA fue designado por Ley de Pesca y Acuicultura (Ley 8436, 2005), como la autoridad ejecutora de la misma y del Plan de Desarrollo Pesquero y Acuícola. Para ello, la institución debe coordinar con los sectores pesquero y acuícola, la promoción y el ordenamiento del desarrollo de la pesca, la caza marítima, la acuicultura y la investigación. Además, debe fomentar, sobre la base de criterios técnicos y científicos, la conservación, el aprovechamiento y el uso sostenible de los recursos biológicos del mar y de la acuicultura. En lo que respecta a acuicultura, el INCOPECA es el encargado de otorgar las autorizaciones para el cultivo de organismos acuáticos en aguas marinas o continentales, así como de emitir el canon para producir productos acuícolas, y de dar asesoría y acompañamiento a los acuicultores.

En los artículos 82 al 89 de la Ley de Pesca y Acuicultura (Ley 8436, 2005), se definen los requisitos para desarrollar proyectos acuícolas. Por su parte, el Reglamento de la Ley de Pesca y Acuicultura (Decreto Ejecutivo 36782, 2011), presenta una serie de definiciones, limitaciones y procedimientos relevantes para la implementación de la actividad (Art. 78-89).

En la tramitación de permisos para desarrollar acuicultura, en el país intervienen otras instituciones como el Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE), la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA), el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA) y el Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA) (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Instituciones que intervienen en la tramitación de permisos para desarrollar acuicultura (Fuente: elaboración propia)

INSTITUCIÓN	FUNCIÓN
INCOPECA	Es el encargado de otorgar las autorizaciones para el cultivo de organismos acuáticos en aguas marinas o continentales, así como de emitir el canon para producir productos acuícolas, y dar asesoría y acompañamiento a los acuicultores. Ejerce el control de la actividad pesquera y acuícola que se realice en aguas marinas e interiores y brinda asistencia técnica a la actividad acuícola en aguas continentales y marinas.
MINAE	Está encargado de otorgar las concesiones para uso y aprovechamiento de aguas por medio de la Dirección de Aguas, así como las concesiones en el mar, zonas costeras y cuerpos de aguas continentales para acuicultura. También es el encargado de otorgar las concesiones para la realización de esta actividad y su criterio es vinculante para las partes, y para el INCOPECA. El MINAE debe normar la forma, el modo, los requisitos y los procedimientos aplicables, en consulta previa y con las consideraciones pertinentes del SENARA o cualquier otro organismo encargado de los usos alternativos de estos terrenos o aguas (Art. 84, 90).
SETENA	Es un órgano descentralizado del MINAE, cuyo propósito consiste en armonizar las acciones productivas con el impacto ambiental, y son los que otorgan viabilidad ambiental y detalle de los usos de agua al solicitante.
SENARA	Es la entidad responsable del aprovechamiento y manejo de acciones de riego, drenaje, prevención de inundaciones y manejo de mantos acuíferos. Tramitan las concesiones de agua en los distritos de riego y permisos para los pozos.
SENASA	Es el organismo responsable de la salud animal en el país. Es un órgano descentralizado del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y establece el Programa Nacional de Sanidad Acuícola. Supervisan las fincas de producción y las plantas exportadoras, así como la importación-exportación de especies vivas.

Los criterios y requisitos que la Ley de Pesca y Acuicultura (Ley 8436, 2005) establecen para solicitar una autorización para acuicultura son (Art. 82-89):

- Requerimiento de una autorización otorgada por el INCOPESCA (aguas marinas o en aguas continentales).
- Concesión para el uso y aprovechamiento de agua, otorgada por el MINAE, a través de la Dirección de Aguas, gestionando con anticipación la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), indicando según su impacto potencial, si el desarrollador debe presentar una carta de compromisos ambientales, un Pronóstico Plan de Gestión Ambiental o un Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) resuelto por la SETENA.
- La viabilidad ambiental emitida por SETENA, la cual es vinculante para las partes y no permite que el proyecto se desarrolle si ésta no es aprobada.
- La concesión y la autorización son derechos temporales.
- Los plazos de la concesión son dados según el artículo 19 de la Ley de Aguas (Ley 276, 1942), por entre 10 a 30 años.

- En el contrato se definen los derechos y deberes, los cánones anuales, las garantías y las limitaciones, y todo lo relativo a las autorizaciones y las concesiones para el desarrollo de la acuicultura.

Según el artículo 84 de la Ley de Pesca y Acuicultura (Ley 8436, 2005), las concesiones acuícolas pueden otorgarse en el mar, porciones de agua y fondo, rocas, y dentro y fuera de bahías o golfos. En tierra firme, las concesiones pueden otorgarse en aguas continentales, naturales o artificiales. Cabe rescatar que los proyectos de maricultura no pueden impedir ni restringir el libre acceso a las playas, ni se pueden vaciar derechos que contaminen, limiten, restrinjan o imposibiliten el acceso a las playas.



La Dirección General de Salud Animal (Ley 8495, 2006), gestionada por el SENASA, es otro cuerpo que norma la acuicultura en Costa Rica. Esta ley establece los siguientes criterios a la hora de llevar a cabo actividades acuícolas (Art. 2):

- Conservar, promover, proteger y restablecer la salud de los animales, con el fin de procurarles mayor bienestar y productividad, en armonía con el medio ambiente.
- Procurar al consumidor la seguridad sanitaria de los alimentos de origen animal y, con ello, la protección de la salud humana.
- Regular y controlar la seguridad sanitaria e inocuidad de los alimentos de origen animal en forma integral, a lo largo de la cadena de producción alimentaria.
- Ejecutar las medidas necesarias para el control veterinario de las zoonosis.
- Vigilar y regular el uso e intercambio de los animales, sus productos y subproductos.
- Regular y supervisar el uso e intercambio del material genético de origen animal, así como determinar el riesgo sanitario que ese material pueda representar para la salud pública veterinaria o animal.
- Registrar, regular y supervisar los medicamentos veterinarios y los alimentos para consumo animal, de manera que no representen un peligro para la salud pública veterinaria, la salud animal y el medio ambiente.
- Procurar el respeto y la implementación de los diferentes acuerdos internacionales,

suscritos por Costa Rica en materia de su competencia.

- Establecer los mecanismos de coordinación entre las diferentes instituciones nacionales y los organismos internacionales involucrados en la materia.

Adicionalmente, existe un marco normativo para regular la acuicultura del camarón y la producción de sal dentro del Patrimonio Natural del Estado (PNE) (Ley 9814, 2020), el cual aplica en la mayor parte de las fincas productoras de camarón del país. Según esta ley, le corresponde al INCOPECA promover y realizar las investigaciones que demuestren la sostenibilidad de la producción de cultivo de camarón, mientras que al MINAE (a través del SINAC) le atañe llevar a cabo las investigaciones sobre los procesos ecológicos en las zonas de manglar como parte del PNE. Los requisitos para obtener permisos para producción de camarón según esta ley son:

- a. Solicitud por escrito en la que se indiquen sus calidades y los medios para recibir las notificaciones generadas por la tramitación del permiso de uso.
- b. El Certificado Veterinario de Operación (CVO) emitido por el SENASA.
- c. Plan para el manejo integral del sistema de cultivo realizado por un profesional ambiental, aprobado por el INCOPECA, y presentado ante el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), con un capítulo que estipule que el aprovechamiento no impactará ni causará detrimento de las características ecológicas del manglar, considerando los posibles efectos acumulativos que se desprendan al área total del manglar

circundante y los permisos de uso ya otorgados.

- d.** Plano actualizado con el levantamiento perimetral en el área que se pretende realizar la producción, el cual deberá coincidir con el área original extendida en la resolución original.
- e.** En el caso de que el gestionante sea una asociación o cooperativa, debe aportar certificación de personería jurídica emitida por el Registro Público.
- f.** Concesión de uso y aprovechamiento de agua, emitida por la Dirección de Aguas del MINAE.
- g.** En el caso de proyectos de camarónicas, se debe contar con la autorización para el cultivo de organismos acuáticos en aguas marinas, otorgada por el INCOPESCA.

El permiso de uso se otorgará por diez años, renovable por períodos iguales a solicitud del interesado y se debe estar anuente a inspecciones anuales por parte del SINAC, y visitas técnicas por parte del INCOPESCA. Una vez otorgado el permiso de uso, queda prohibido al permisionario el cambio del uso permitido, el corte del mangle, efectuar quemas y transferir el permiso. El incumplimiento genera su revocación.

En marzo de 2020 entró en vigencia la Ley N° 9814, “Ley para regular la producción sostenible de sal y camarón de cultivo en modalidad convencional y orgánica”. Por medio de dicha norma,

el Estado costarricense regula la actividad acuícola de camarón y la producción de sal dentro del Patrimonio Natural del Estado (PNE); particularmente, en las áreas de manglar en las que la actividad ya se estaba desarrollando sin los controles y permisos adecuados.

La ley declaró de interés público y social la investigación dirigida a mejorar los procedimientos de producción acuícola que se están implementando en el país, así como la creación de nuevos métodos de producción que aseguren un manejo responsable y sostenible de los servicios ecosistémicos que son parte de esta actividad

Criadero de peces (© Konstantin Boldin/Shutterstock)





productiva (Art. 2). De igual forma, la norma faculta al MINAE, por medio del SINAC, a otorgar o prorrogar, según fuese el caso, los permisos de uso para la producción de camarón de cultivo en áreas de manglar, los cuales deberán estar sujetos a los planes de manejo correspondientes y demás requerimientos técnicos que fuesen establecidos a nivel reglamentario.

En ese contexto, en noviembre de 2021 se emitió el Decreto Ejecutivo N° 43333, “Reglamento para el otorgamiento y regulación de permisos de uso nuevos y renovaciones para la acuicultura de camarón y producción de sal en áreas de manglar dentro del Patrimonio Natural del Estado”, el cual determina la obligatoriedad por parte de la autoridad ambiental de emitir, de manera previa al otorgamiento de permisos, el Plan General de Manejo del Humedal, así como los planes de manejo conjunto de aprovechamiento de los recursos marinos de los humedales. De igual manera, el reglamento detalla cuáles son los requisitos que la persona interesada deberá cumplir para tramitar los permisos de uso nuevos o de renovaciones para la producción de sal y la actividad acuícola de camarón, así como el régimen de prohibiciones y de causales de cierre o de revocatorias de los permisos de uso. Por otro lado, se define por primera vez el uso y reúso de agua en dichas actividades, como el proceso mediante el cual el agua ingresa y sale por efectos de la marea o por técnica de bombeo hacia la producción (Decreto Ejecutivo 43333, 2021; Art. 22).

También, se establece que el monitoreo fisicoquímico de las aguas, que se realice antes de cada cosecha, se deberá aportar al expediente del Permiso de Uso otorgado por el SINAC.

Con el fin de disminuir los riesgos sanitarios en la actividad acuícola, SENASA también apoya el Programa Nacional de Acuicultura con estrategias, actividades técnicas, prevención, control y vigilancia epidemiológica. Estas acciones las lleva a cabo a través de una serie de procedimientos y regulaciones elaboradas por la institución (INCOPECA y SEPSA, 2019). Por último, existen otros instrumentos complementarios destinados a la regulación de la acuicultura en el país, tales como el Plan Nacional de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura, la ley para regular la producción sostenible de sal y camarón de cultivo en modalidad convencional y orgánica (Ley 9814, 2020) y la guía general para la valoración de los impactos ambientales generados por la actividad de maricultura y formularios de categoría (Decreto Ejecutivo 42755, 2020).



*Camarón blanco juvenil en red de muestreo (© O partime photo/Shutterstock)*

## 7. Descripción actual del cultivo de camarón en Costa Rica

## 7.1. Aspectos generales de la actividad

Para el 2016, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) calculaba en 682 las hectáreas dedicadas al cultivo de camarón en Costa Rica (FAO, 2016). Sin embargo, durante el año 2018, el SINAC, en la preparación de la Estrategia Regional para el Manejo y Conservación de los Manglares en el Golfo de Nicoya-Costa Rica 2019-2030, estimó que la cobertura por estanques dedicados a la producción de camarones y/o salineras era de 1.435 ha (SINAC, 2019). En Costa Rica, la producción de camarón se ha enfocado en la parte

interna del Golfo de Nicoya, concentrada en los distritos de Colorado, Lepanto, Chomes, Puerto Jesús y Abangaritos, con un total de 82 fincas, distribuidas a nivel cantonal de la siguiente manera: 48,8 % en el cantón de Puntarenas, 32,9 % en el de Abangares, 7,32 % en el de Nicoya, 3,66 % en el de Nandayure, y 2,44 % en los de Cañas y Aguirre. Fuera del Golfo de Nicoya, en el Pacífico central (cantón de Parrita) y sur (cantón de Osa) se localiza un 2,44 % de las fincas con 1,22 % en cada cantón (Figuras 1 y 8). Pese a que en el 2007 se estimaba que había 118 productores de camarón a lo largo de la costa pacífica de Costa Rica (Blanco Picado, 2008), actualmente no es posible identificar el número de fincas inactivas y su ubicación, dado que las instituciones del Estado (a la fecha) no han recopilado estos datos para cumplir con lo establecido en la nueva normativa de la Ley 9814 (2020) (Jacklyn Rivera Wong, comunicación personal, 14 de abril 2021).

La información presentada en las siguientes secciones del documento se fundamenta en visitas a 25 fincas, las cuales comprenden un espejo de agua de 217,46 ha, ubicadas en Colorado de Abangares, Copal de Nicoya, Lepanto, Jicaral y Punta Morales (Figura 9).



Figura 9. Ubicación geográfica de las camaroneras analizadas para la elaboración del presente informe (Fuente: Castro Campos y Jiménez Ramón, 2021)

## 7.2. Descripción de los empleos generados por la actividad e ingresos mensuales promedio (datos por género)

Las estructuras productivas de las fincas camaroneras en Costa Rica son, en su mayoría, familiares (Figura 10A). La producción depende de entre una y cuatro personas para el cuidado de la finca, la alimentación de los animales cultivados y la administración de las operaciones. El 76 % de las fincas cuenta con al menos dos empleados, contratados de forma directa (Figura 10B). El salario promedio semanal de un administrador es de

colones costarricenses (CRC) 100.000, CRC 70.000 para el encargado de la alimentación y CRC 60.000 para el guardia que cuida las instalaciones. En algunos procesos, como el de la cosecha, se contratan personas adicionales para la faena (generalmente cuatro). El procesamiento, descabezado, pelado y empaque no se lleva a cabo en las fincas, pues el producto es vendido a un intermediario que se encarga de llevarlo a la planta de proceso. El 100 % de las personas contratadas para el manejo de las fincas son hombres. De un total de 25 fincas analizadas, 52 personas resultaron estar contratadas como empleados directos fijos (manejo, alimentación y resguardo) y 54 como empleados directos temporales, mientras dure el proceso de cosecha.

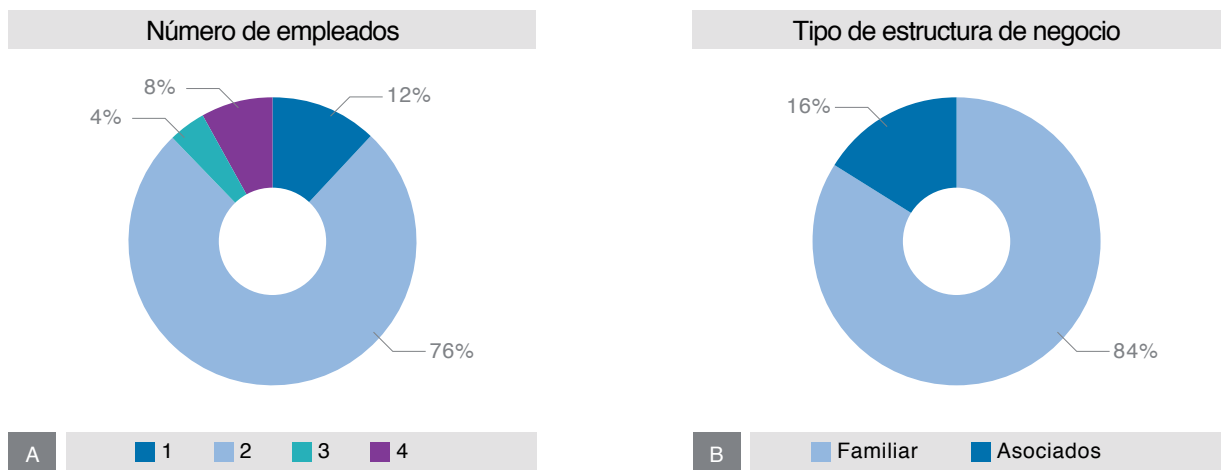
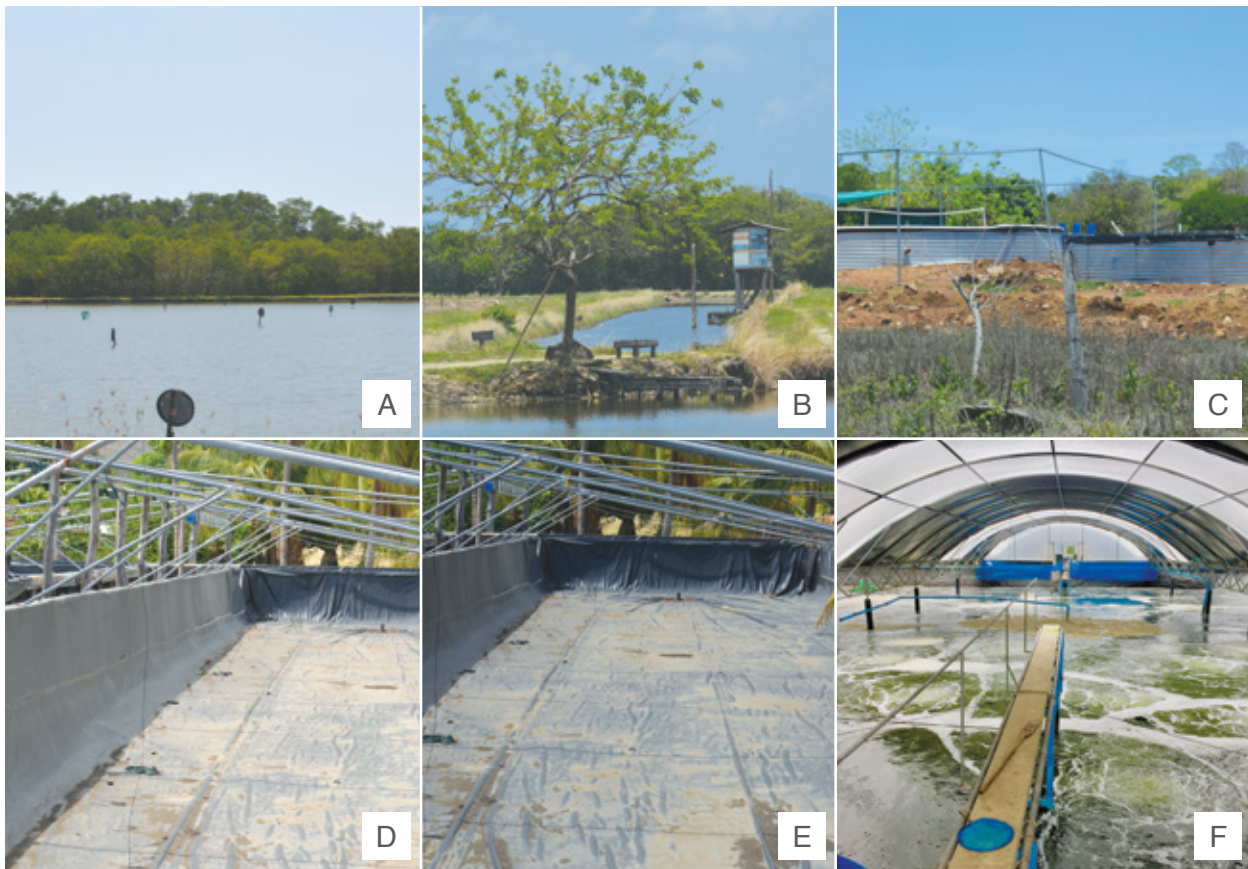


Figura 10. Estructura laboral de los sistemas de cultivo. A) Número de empleados contratados en las camaroneras y B) Estructura de negocio predominante (Fuente: elaboración propia)

### 7.3. Sistemas productivos utilizados

El cultivo semiintensivo es el que predomina en las fincas productoras, el cual se caracteriza por tener bajas densidades de cultivo (entre 5 a 12 individuos/m<sup>2</sup>). Los recambios de agua se realizan aproximadamente cada 15 días, utilizando las mareas más altas del

mes. Las tasas de recambio del agua de los estanques son del 10-20 % del volumen total, el cual se realiza en conjunto con fertilización, pues hay poca productividad primaria en los estanques. Además, se debe utilizar un alimento balanceado con alto contenido de proteína (30 %), para suplir las necesidades nutricionales de los camarones (FAO, 2016). Actualmente se continúa trabajando en estanques de tierra (Figura 11).



**Figura 11.** Estanques en tierra empleados para el cultivo de camarón. A) Estanques de tierra para sistemas semiintensivos. B) Estanques de reservorio para sistemas semiintensivos. C) Estanques de zinc forrados con geomembrana para sistemas súperintensivos. D y E) Estanques rectangulares de madera con geomembrana para sistemas súperintensivos. F) Estanques de experimentación vietnamitas para sistemas súperintensivos (Fuente: de la A-E, © Silvia Ramírez; la F es Archer Dec24 / Shutterstock)

### 7.3.1. Dimensiones, volúmenes de llenado de piscinas-pilas y fuentes de agua

Las dimensiones de los estanques en las fincas de cultivo de camarón fluctúan entre una a siete hectáreas, aunque la mayoría tiene cerca de tres hectáreas (Cuadro 2). En cuanto al volumen de agua requerido para el

llenado de los estanques, se realizó un cálculo para cada finca de acuerdo con la cantidad de hectáreas y la profundidad promedio de los estanques (80 cm), dado que las dimensiones de las piscinas son muy variables (Cuadro 3, Figura 12). Asimismo, el 73 % de las fincas utiliza el agua del estero para el llenado de los estanques, mientras que el 27 % restante utiliza agua directamente del Golfo.

**Cuadro 3.** Volumen de llenado de estanques y procedencia del agua en 25 fincas de producción de camarón (Fuente: elaboración propia)

Finca	Distrito/ Cantón	Dimensiones del estanque (ha)	Volumen de llenado (m <sup>3</sup> )	Fuentes de agua
La Reina	Colorado, Abangares	23	184.000	Estero
Barranquilla	Colorado, Abangares	4	32.000	Estero
Santa Marta/ Santa Teresa	Colorado, Abangares	4,7	37.600	Estero
San Pablo	Colorado, Abangares	4,2	33.600	Estero
Tamarindo	Colorado, Abangares	9,2	73.600	Estero
Jocote	Colorado, Abangares	11,15	89.200	Estero
Crustamar	Colorado, Abangares	9,2	73.600	Golfo
Cerro Mar	Colorado, Abangares	18,75	150.000	Estero
Raizal	Colorado, Abangares	6	48.000	Golfo
Los Chumis	Lepanto, Puntarenas	5	40.000	Golfo
Salinas Lepanto	Lepanto, Puntarenas	27,44	219.520	Golfo
Palito	Lepanto, Puntarenas	12	96.000	Estero
Pochote	Lepanto, Puntarenas	10	80.000	Estero
Pajua	Lepanto, Puntarenas	16,5	132.000	Estero
Camaronera Copal	Quebrada Honda, Nicoya	7,7	61.600	Estero
Camaronera Morales	Chomes, Puntarenas	2	16.000	Estero
Camaronera Chomes	Chomes, Puntarenas	8	64.000	Estero
Islamár	Lepanto, Puntarenas	7,32	58.560	Estero
Don Alvaro	Lepanto, Puntarenas	3,5	28.000	Estero
Jicaral	Lepanto, Puntarenas	7,6	60.800	Estero
Salinera Santa Juana 1	Chomes, Puntarenas	4,5	36.000	Golfo
Salinera Santa Juana 2	Chomes, Puntarenas	7,5	60.000	Golfo
Cocorocas	Chomes, Puntarenas	1,5	12.000	Golfo
Camasol	Chomes, Puntarenas	4	32.000	Estero
Rancho Escondido	Colorado, Abangares	2,7	21.600	Estero

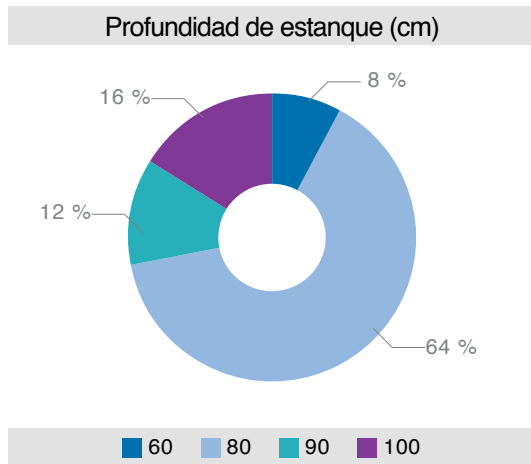


Figura 12. Porcentaje de fincas según la profundidad (centímetros) del estanque (Fuente: elaboración propia)

### 7.3.2. Sistemas de bombeo

Los sistemas de bombeo varían en función de la disponibilidad de electricidad en la finca. Aproximadamente un 80 % de los productores utilizan bombas de diésel, las cuales son motores de camión adaptados para el bombeo, con una fuerza de 60 caballos (hp, por sus siglas en inglés). El otro 20 % de las fincas cuenta con electricidad trifásica, empleando motores de 50 hp. Estas últimas se encuentran localizadas en la zona de Jicaral y Lepanto. En general, el 88 % de los productores manifiestan que el estado de los motores es bueno (Figura 13A y B).

### 7.3.3. Mallas y filtros usados

El sistema de mallas utilizado para los estanques es variable. Algunas de las fincas emplean un primer filtro de malla que previene la entrada de peces y crustáceos (p. ej. jaibas, colonchos y otros camarones silvestres) al momento del bombeo, desde el estero hacia el reservorio. Cada estanque cuenta con un filtro que retiene los organismos que puedan encontrarse en el reservorio. Este filtro tiene una luz de malla más pequeña y se coloca al inicio de la siembra y se limpia únicamente al finalizar la cosecha (Figura 13C y D).

Camarones blancos frescos recién cosechados de un estanque de cultivo (© Meri Hantamisi/Shutterstock)





**Figura 13.** Equipo empleado en las fincas de cultivo de camarón. A) Bomba eléctrica, B) Bomba de motor diésel, C) Filtro al ingreso de la estación de bombeo y D) Filtro de los estanques (Fuente: elaboración propia con fotografías de Silvia Ramírez)

### 7.3.4. Sistemas auxiliares

Los sistemas auxiliares empleados en las fincas son pilas o reservorios. En ellas se bombea agua, que se mantiene acumulada por alguna emergencia (p. ej. para los recambios por caída de oxígeno). De momento no se aplica ningún tratamiento adicional al agua del reservorio.

### 7.3.5. Sistemas de disposición de residuos-tratamiento de aguas

En cuanto al tratamiento de aguas, no existen lagunas de retención para las aguas de los estanques en ninguna de las fincas. Actualmente no hay regulaciones para el vertido de aguas, desde las fincas hacia el estero, de manera que tanto las aguas de

recambio como el vaciado total del estanque, se hace en el estero. En este sentido, la descarga total de los estanques supondría un inconveniente a futuro, debido a que son aguas con restos de fertilizantes o antibióticos, por lo que son consideradas aguas residuales. De acuerdo con el SINAC, el vertido de aguas residuales no se puede hacer hacia los esteros, lo cual podría generar problemas a los productores en el momento que se cree una normativa que lo regule.

Actualmente no hay control por parte de las instituciones del Estado, ni por parte de los productores, debido a que no existen protocolos de control y manejo de las aguas residuales. Se desconoce la calidad del agua que ingresa a la finca al inicio del cultivo y la calidad del agua que sale de la finca al final del ciclo de siembra. Cada 15 días las fincas liberan entre el 10 y 30 % del agua, donde la mayoría de las fincas (56 %) realizan un recambio del 10 % (Figura 14). En total, estas fincas liberan de vuelta al estero un total de 213.624 m<sup>3</sup> de aguas residuales.

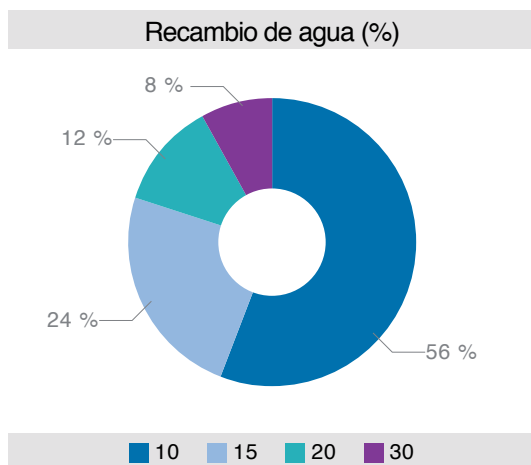


Figura 14. Proporción de fincas según el porcentaje recambio de agua de los estanques para el cultivo de camarón (Fuente: elaboración propia)

## 7.4. Proceso de cultivo

### 7.4.1. Adquisición de las postlarvas

Las postlarvas se adquieren directamente de proveedores nacionales, que se encargan de desarrollar el proceso larvario en laboratorios. En Costa Rica hay dos proveedores que comercializan postlarvas: uno ubicado en Punta Morales y el otro en Jicaral. Actualmente, el 68 % de las fincas utiliza postlarvas del laboratorio ubicado en Punta Morales, un 8 % utiliza postlarvas del otro laboratorio y el restante utiliza de ambos laboratorios, dependiendo de la disponibilidad. Dentro de las características para la selección de las postlarvas por parte del productor se pueden mencionar: la calidad, la disponibilidad, la confianza, el servicio al cliente, el lugar de procedencia del nauplio y las facilidades de siembra (p. ej. disponibilidad de aireación y sistemas de aclimatación en los tanques de las fincas, para mantener a las larvas).

### 7.4.2. Densidades de siembra

Existe mucha variación entre las densidades de siembra que se utilizan en la fase de producción. Lo más común en años anteriores era de 10 a 12 individuos/m<sup>2</sup>. A pesar de ello, los productores utilizan una alta variabilidad de densidades de siembra (Figura 15).

Según los productores, debido a los problemas con las enfermedades en años anteriores, tuvieron que sembrar a densidades bajas de postlarvas, llegando a tener entre tres y cinco individuos/m<sup>2</sup>. No obstante, recientemente han aumentado las densidades de siembra. La mayoría de las fincas están utilizando ocho individuos/m<sup>2</sup> y el rango de siembra varía entre 3 pl/m<sup>2</sup> (baja) y 16 pl/m<sup>2</sup> (alta). Lo

anterior sugiere que los productores están tratando de retomar los niveles de producción que se utilizaban antes del 2017, pero aún con reservas.

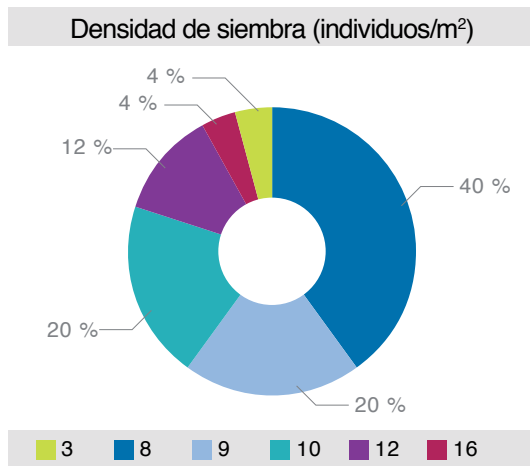


Figura 15. Proporción de fincas según la densidad (ind/m<sup>2</sup>) de siembra utilizada (Fuente: elaboración propia)

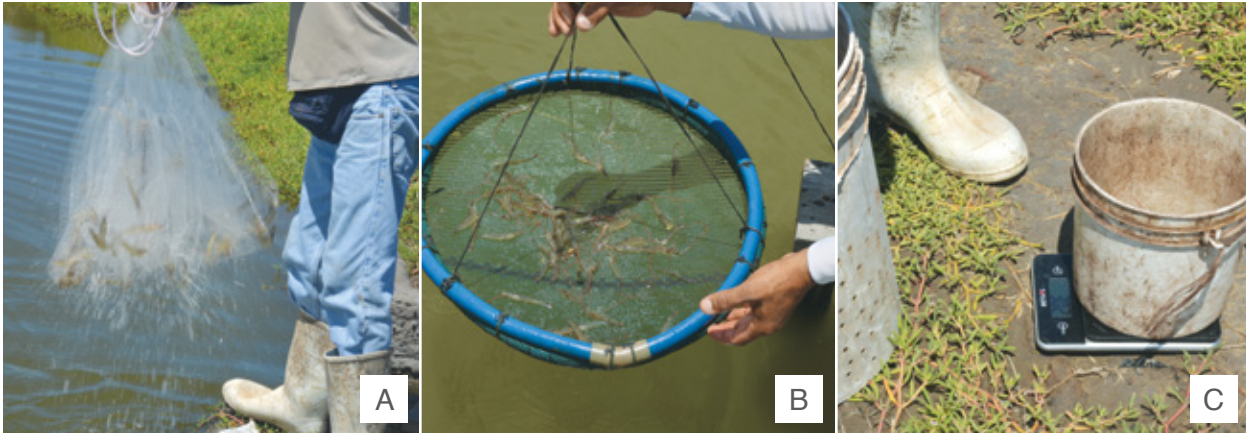
### 7.4.3. Cultivo

El cultivo de camarón en Costa Rica inicia con la siembra de la postlarva en estanques de tierra, que han sido previamente preparados para iniciar la producción. Antes del cultivo, los estanques son desinfectados con cal y secados al sol, durante periodos que van desde los 15 hasta los 60 días. Previo a la siembra (Día 1), los productores trasladan a las postlarvas desde los laboratorios, en bolsas saturadas de oxígeno, con una edad que oscila entre los 10 y 12 días (pl-10 y pl-12).

Durante el traslado se lleva a cabo la aclimatación, que consiste en equiparar la temperatura, la salinidad, el pH y el oxígeno del agua contenida en las bolsas de transporte

con la del agua de los estanques, lo cual se realiza de forma paulatina, hasta que los parámetros en ambos medios sean similares. Para el traslado de las larvas hacia los estanques se utiliza un motor generador de aire para mantener la oxigenación adecuada y aumentar la sobrevivencia de las larvas en esta etapa. Existen varias técnicas que aplican los productores durante el cultivo: la primera es agregar las postlarvas en el estanque donde permanecerán todo el ciclo, y la segunda es incluir las postlarvas en un estanque llamado precría, donde luego de permanecer por un periodo variable, son distribuidas a los estanques finales para terminar el ciclo productivo.

Durante los primeros 20-30 días después de la siembra se realiza el mantenimiento básico, durante el cual, cada día, se revisa la presencia de camarones en los bordes de los estanques para evitar la mortalidad de estos por pérdidas fuera del agua, se agrega alimento balanceado molido para que los animales se acostumbren a los pélet y se espera que los camarones puedan alimentarse de los microorganismos presentes en el estanque. Al finalizar el periodo, se realiza el primer pesaje, esperando que los ejemplares hayan alcanzado un peso de aproximadamente tres o cuatro gramos, y se lleva a cabo un estimado de la densidad (cantidad de animales/m<sup>2</sup>) (Figura 16).



**Figura 16.** Proceso de producción de camarones en fincas camaroneras de Costa Rica. A) Revisión del estado de salud de los camarones, B) Método para estimar el consumo de alimento de los camarones mediante comederos y C) Medición semanal para peso promedio (© Silvia Ramírez)

En las siguientes semanas y hasta completar los 3 meses, se obtienen camarones de aproximadamente 11 a 13 g en la mayoría de los casos (se estima un gramo de ganancia de peso por semana). Cuando los animales hayan alcanzado este peso, los productores deberán realizar las siguientes actividades de forma rutinaria:

1. **Alimentación:** 2 a 4 veces por día, con una cantidad de alimento regulada por tablas de alimentación.
2. **Recambio de agua:** cada 15 días o cuando se requiera sustituir el agua del estanque.
3. **Medición de parámetros fisicoquímicos del agua:** de forma diaria para el oxígeno, la temperatura, la salinidad y la turbidez (con un disco de Secchi).
4. **Pesaje:** de forma semanal, para determinar el peso promedio de los animales y ajustar la cantidad de alimento a ser suministrada.

5. **Revisión del estado de salud de los camarones:** en fresco, una vez por semana.

6. **Revisión de estanques:** de forma diaria, a fin de detectar casos de mortalidad, presencia de depredadores (aves y cocodrilos) y el estado de la infraestructura.

#### 7.4.4. Alimentación

Por lo general la alimentación se realiza dos veces por día (a veces cuatro), para lo cual se divide la proporción que requieren los animales en dos partes iguales. La primera parte se suministra de 6:00 a 8:00 am y la segunda de 4:00 a 5:00 pm. El alimento ofrecido es de tipo convencional, con una composición de 30 % de proteína cruda. En algunas ocasiones, los productores pueden utilizar alimentos con un 35 % de proteína cruda, pero depende de la disponibilidad y los precios de mercado. La mayoría de los piensos balanceados que se utilizan son de las marcas Biomar (48 % de los productores) y Nicovita (36 % de los

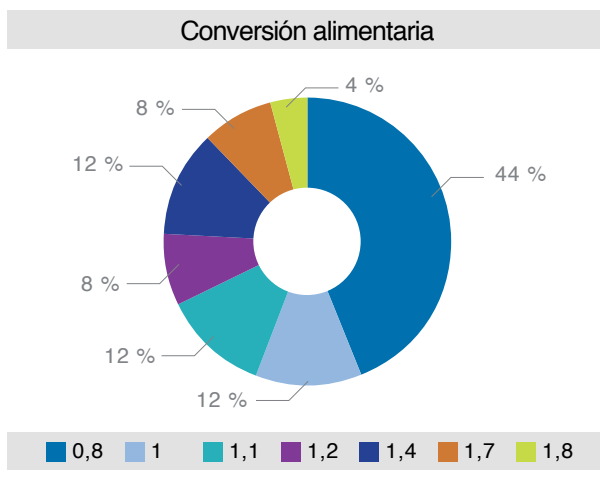
productores), o una combinación de ambas marcas, de acuerdo con la oferta y demanda del producto. Los productores utilizan tablas de alimentación para definir la proporción de alimento que se necesita suministrar, de acuerdo con la talla de los animales. El 76 % de los productores utiliza la alimentación al voleo y con comederos de forma combinada, mientras el restante 24 % utiliza únicamente comederos.

La conversión alimenticia puede determinar la rentabilidad del negocio. Actualmente, los productores manejan mucha variabilidad con respecto a este parámetro, con valores que van desde 0,80 hasta 1,80, siendo la relación óptima de 1:1 (Figura 17). Al realizar el análisis por ciclo, se observa que se producen en promedio 851,28 kg de camarón por ha/ciclo, con un promedio de conversión alimenticia de 1,05 para un consumo aproximado de alimento balanceado de 915,98 kg/ha/ciclo (Cuadro 4).

El 68 % de los productores usualmente tienen dos ciclos productivos por año, mientras que el resto genera hasta tres ciclos por año. Estos ciclos pueden durar 75 (12 %), 90 (64 %), 120 (20 %) y 150 (4 %) días. Con respecto a los raleos, 68 % de los productores indicaron que no hacen raleos, 12 % lo lleva a cabo hasta tres veces, 16 % realiza dos raleos y el 4 % lo hace solo una vez por año.

**Cuadro 4.** Promedio de producción de camarón y alimento utilizado de acuerdo con el número de ciclos programados por año (Fuente: elaboración propia)

Variable (kg/ha)	1 ciclo	2 ciclos	3 ciclos	PROMEDIO/ CICLO
Producción de camarón	851,28	1.798,56	2.553,84	851,28
Alimento utilizado	915,98	1.831,96	2.747,94	915,98
Conversión alimentaria	1,07	1,01	1,07	1,05



**Figura 17.** Proporción de fincas según conversión alimentaria utilizada (Fuente: elaboración propia)

### 7.4.5. Análisis de suelos y aguas

La mayoría de los productores de camarón destinan tiempo para medir los parámetros fisicoquímicos del agua que son esenciales para un buen manejo del sistema productivo. Sin embargo, se determinó que solo la temperatura es analizada diariamente por el 100 % de los productores, mientras que el oxígeno, la turbidez y la salinidad solo se mide en el 96 % de los casos. Ningún productor analiza la acidez del suelo (pH), ya que no lo consideran relevante para la producción (Cuadro 5). Esta especie tolera un amplio rango de pH, de 6 a 9, lo que justifica su poca priorización por parte de los productores. Sin embargo, los cambios bruscos en el pH provocan un desequilibrio en el ecosistema del

estanque, motivo por el cual se recomienda incluir este parámetro en las mediciones (FAO, 2011).

**Cuadro 5.** Porcentaje del total de productores que analizan los parámetros fisicoquímicos del agua y la calidad del suelo (Fuente: elaboración propia)

Parámetros	Sí	No
	Porcentaje (%)	
Oxígeno	96	4
Temperatura	100	0
pH	0	100
Turbidez	96	4
Salinidad	96	4
Calidad del suelo	28	72

En lo que respecta a la calidad del suelo, solamente el 28 % de los productores realiza dicha medición, pese a que este parámetro les permite determinar el estado general de los estanques, y de esa manera, lograr tomar medidas correctivas que se verán reflejadas de forma positiva en la producción. Entre los elementos a evaluar se encuentran los siguientes: nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio, potasio, azufre, hierro, cobre, zinc, manganeso y boro. Adicionalmente a esto, se debería evaluar la humedad, el pH, el carbono y la materia orgánica.

#### 7.4.6. Cultivo de camarón orgánico

La producción de camarón orgánico es similar a la de tipo convencional, en cuanto a la duración de los ciclos de cultivo, la densidad de siembra y el manejo. La diferencia radica en que se deben garantizar varios aspectos que

lo definen como orgánico, entre ellos: utilizar postlarva de camarón orgánica, el alimento debe ser orgánico (se importa desde Ecuador o se utiliza el de Biomar) y no se emplea antibióticos. En Costa Rica, este camarón es de exportación, por lo que los productores asociados envían el producto final a la empresa Rainbow Export Processing S.A., donde se da el descabezado, pelado en diferentes presentaciones, cocción y congelación, para ser enviado al exterior (Baltodano Díaz et al., 2019). Los entes que se encargan de emitir las certificaciones de camarón orgánico para estos productores provienen de Alemania e incluyen a: KIWA (IWA BCS, *organic production standard*), DAkkS (empresa de acreditación alemana) y Esencial Costa Rica (marca país).

Actualmente en Costa Rica hay cerca de 526 ha dedicadas al cultivo de camarón orgánico, donde se producen aproximadamente 1.450 t anuales de producto y se cuenta con 180 colaboradores que laboran en las plantas. Las fincas dedicadas a este tipo de producción son: Cosechas Marinas, Copal, Tierra Adentro, Camaronex y La Palmera<sup>2</sup> (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Fincas de producción de camarón orgánico, cantidad de hectáreas y ubicación (Fuente: [www.shrimp.cr](http://www.shrimp.cr))

Nombre de la Finca	Cantidad (ha)	Ubicación
Finca Copal	35,2	Pacífico Norte
Finca Camaronex	74,5	Pacífico Norte
Finca Tierra Adentro	65,5	Pacífico Norte
Finca La Palmera	31,0	Pacífico Norte
Finca Cosechas Marinas	320	Pacífico Central, Parrita

2- [www.shrimp.cr](http://www.shrimp.cr)

#### 7.4.7. Proceso de cosecha

La cosecha es la fase de la producción final donde se obtienen los camarones que están listos para iniciar el proceso de comercialización. En esta fase, los camarones poseen el peso final seleccionado de acuerdo con los requerimientos del mercado. La detección de camarones con peso de mercado forma parte del trabajo semanal de ajuste de las tablas de alimentación, para lo cual se extrae una muestra de camarones con una atarraya, con el objetivo de calcular el peso promedio por camarón. Si los ejemplares cuentan con el peso adecuado, se puede proceder con la cosecha. Para ello se coloca una red con forma de cono a la salida de las compuertas del estanque, para que ésta atrape a los camarones durante el proceso de vaciado. Esto se lleva a cabo de preferencia por la noche o en horas de la madrugada, para evitar trabajar durante los periodos de mayor exposición a la radiación solar. Otro aspecto que se toma en cuenta es el asegurarse que los camarones no estén en proceso de muda, ya que al estar tan blandos, pueden lastimarse durante el proceso de cosecha. Este trabajo requiere de una mano de obra mínima de 4 personas por hectárea de estanque cosechado. Por lo general, se vacía un estanque por día y la cosecha de éste tiene una duración aproximada de 3-4 horas por ha. Una vez realizada la cosecha, se seca el estanque y comienza el proceso de tratamiento del suelo.

#### 7.4.8. Proceso de comercialización

La comercialización está basada en procesos estructurados, en el que intervienen diferentes participantes. En Costa Rica se exporta camarón a EE.UU. y algunos países europeos, principalmente en la presentación de camarón

orgánico (Baltodano Díaz et al., 2019). El resto del camarón (no orgánico) es para consumo nacional. La comercialización a nivel nacional se realiza con intermediarios a precios que van desde los CRC 2.500 (camarones de 13 a 15 g) hasta los CRC 2.800 (camarones de 15 a 22 g) por kilo. El intermediario se encarga de recoger el producto en la finca, por medio de camiones, y con el hielo necesario para el transporte. Posteriormente, lo llevan a sus plantas de proceso en Puntarenas, donde se lleva a cabo el pelado y descabezado del camarón.

En el momento en que el intermediario sale de la finca, el productor no tiene responsabilidades del proceso de transporte y procesamiento del producto final. La intermediación funciona como una estrategia comercial, ya que minimiza el riesgo y garantiza la comercialización del producto, pero con el efecto negativo de que los precios que recibe el productor son muy inferiores con respecto al valor de venta final (Baltodano Díaz et al., 2019). Algunos productores venden un bajo porcentaje del camarón para carnada, a personas que llegan a sus fincas. Este camarón generalmente se vende por unidad, con un precio que oscila entre los CRC 50-100 cada uno, pero de forma ocasional, ya que no es el objetivo principal de la producción.

#### 7.4.9. Plantas de proceso acreditadas para productos acuícolas

Las plantas que reciben la mayoría del camarón de cultivo no son plantas dedicadas exclusivamente al manejo de productos de provenientes de la acuicultura. Todas procesan productos pesqueros y reciben de los intermediarios el camarón de cultivo. Los tratamientos que realizan son descabezar,

pelar y desvenar, pero no los de congelamiento ni glaseado. De acuerdo con información proporcionada por la Dirección de Inocuidad de Productos de Origen (DIPOA), de SENASA, la mayor parte de estas plantas se ubican en la provincia de Puntarenas, donde se estima que funcionan unas 10 facilidades, entre las que se encuentran PROMAINSA S.A. y DELIMAR INDUSTRIES LTDA. Por su parte, el camarón orgánico de exportación se procesa en la planta Rainbow Export Processing S.A., ubicada en Barranca, Puntarenas<sup>3</sup>.

## 7.5. Programa sanitario

### 7.5.1. Buenas prácticas sanitarias

Según el manual de buenas prácticas para establecimientos de producción primaria de maricultura en camarón (SENASA, 2017), todos los productos acuícolas a ser exportados deben ajustarse al manual de Buenas Prácticas Acuícolas (BPA), que incluye 14 etapas: datos de la finca (información general, misión, visión, descripción del recurso humano, organigrama), ubicación de la finca (croquis), análisis de calidad del agua, descripción de las instalaciones (incluyendo protocolos de limpieza y desinfección), manejo de desechos y control de plagas, sistema para el almacenamiento de alimentos, uso de medicamentos y productos químicos, control de organismos (domésticos y muertos), preparación de los estanques, procedimiento de cosecha y manejo postcosecha, transporte (de alimento y producto final), preservación del producto final (agua y hielo), capacitación en BPA y trazabilidad del producto final.

Los productores de camarón en Costa Rica no implementan de forma regular el BPA, a pesar de que sí cuentan con el CVO. Los productores aplican de forma rutinaria la limpieza del establecimiento, el control de mortalidad y plagas, la preparación de estanques antes de iniciar los ciclos de siembra, el resguardo del alimento y la rotación del inventario de alimento, debido a que la cantidad que se maneja en bodega es baja.

Por otro lado, los establecimientos utilizados para el cultivo de camarón deben presentar rotulaciones en bodegas, para sustancias químicas en uso, combustibles y medicamentos utilizados (SENASA, 2017). De igual manera, deben tener un área para la disposición de cadáveres y desechos orgánicos, alejada de los estanques y cuerpos de agua, donde se deberá aplicar cal y una capa de tierra, con una profundidad de dos metros de profundidad.

### 7.5.2. Enfermedades y uso de probióticos y antibióticos

Los principales problemas que afectan la producción de camarón de cultivo están relacionados con la presencia de enfermedades, que ocasionalmente han llegado a generar mortalidades de hasta el 100 % de la producción. Lo anterior ha sido influenciado por las densidades de siembra, el manejo de parámetros fisicoquímicos del agua y la alimentación, entre otras (Peña Navarro y Varela Mejías, 2016). Investigaciones recientes han detectado la presencia de al menos seis patologías, dentro de las que se mencionan gregarinas, vibrios, epicomensales, bacterias como la Necrosis Hepatopancreática (NHP) y

3- [www.shrimp.cr](http://www.shrimp.cr)

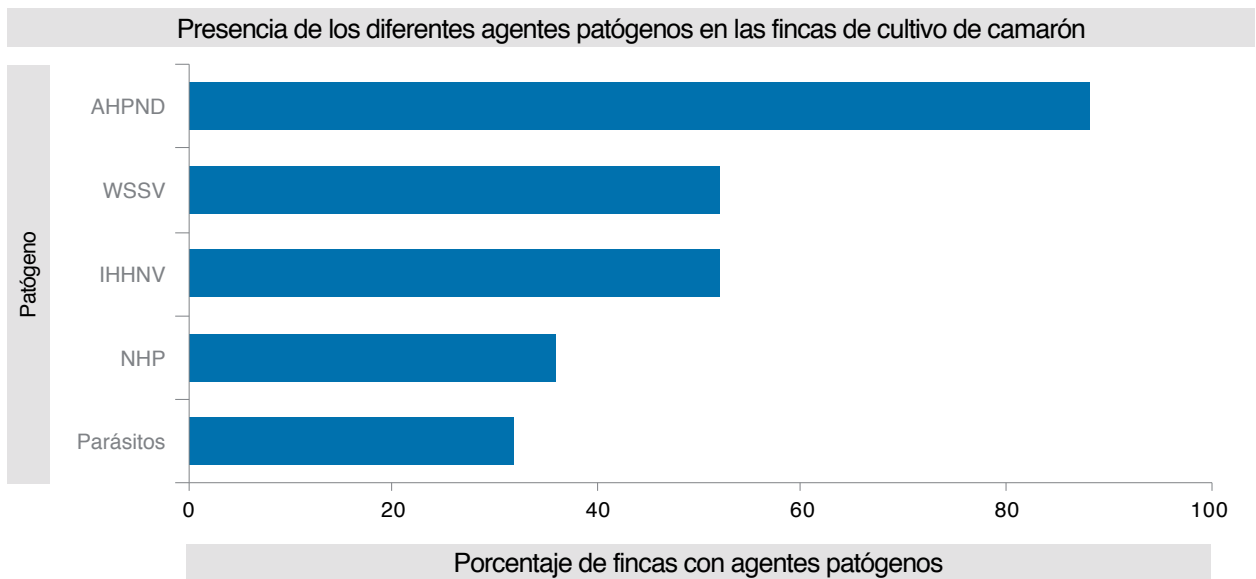


virus como la Necrosis Infecciosa Hipodérmica y Hematopoyética (IHHNV), y el Síndrome de la Mancha Blanca (WSSV). La ocurrencia de estas enfermedades en los cultivos es de 100 % en el caso de gregarinas, 33,89 % en vibriosis, 32,78 % en epicomensales, 13,33 % en NHP, 86,70 % en IHHNV y 6,70 % en WSSV (Peña Navarro et al., 2020a; Peña Navarro y Varela Mejías, 2016).

En Costa Rica, la presencia de la enfermedad bacteriana conocida como Síndrome de Mortalidad Temprana o Necrosis Hepatopancreática Aguda (AHPND, por sus siglas en inglés), generó mortalidades superiores al 80 % en los primeros 30 días de cultivo (Crane, 2019; Varela Mejías et al., 2017). Dicho patógeno se identifica por primera vez en el país en las provincias de

Puntarenas y Guanacaste en los años 2017 y 2018, con una presencia del 33,30 % de las fincas analizadas (15 fincas) (Peña Navarro et al., 2020b). El volumen de agua utilizada y el porcentaje de recambio del agua se mencionan como los principales factores que influyen en la presencia de AHPND, sin descartar la existencia de dicha enfermedad en las postlarvas.

En todas las fincas se conocen las enfermedades: Virus del Síndrome de la Mancha Blanca (WSSV), Necrosis Hepatopancreática Aguda (AHPND), Necrosis Hepatopancreática (NHP) y Virus de la Necrosis Infecciosa Hipodérmica y Hematopoyética (IHHNV) y en todas, se reporta la aparición de algunas de estas enfermedades (Figura 18).



**Figura 18.** Presencia de agentes patógenos en las fincas camaroneras de Costa Rica, de acuerdo con la encuesta realizada durante el 2021: Virus del Síndrome de la Mancha Blanca (WSSV), Necrosis Hepatopancreática Aguda (AHPND), Necrosis Hepatopancreática (NHP) y Virus de la Necrosis Infecciosa Hipodérmica y Hematopoyética (IHHNV) (Fuente: Elaboración propia)

Los antibióticos se emplean en el control de las infecciones bacterianas. Sin embargo, un uso imprudente de estas sustancias puede generar problemas de resistencia por parte del agente patogénico. También, es posible utilizar estos medicamentos con fines profilácticos, en animales sanos que puedan estar bajo algún tipo de riesgo. Los productores indican que, al detectar un evento de mortalidad en los camarones, proceden a incluir antibióticos en la alimentación, sin haber hecho antes algún análisis de laboratorio que les indique si los animales se están muriendo por un problema de tipo bacteriano. El 80 % de las fincas utiliza antibióticos, y de éstas, el 36 % lo han tenido que utilizar dos veces en cada ciclo y 40 % una vez. El producto común que se aplica es TM700, una oxitetraciclina que debe aplicarse en una dosis de 0,65 a 1,5 kg por tonelada de alimento, con periodos de retiro de hasta 14 días.

Sin embargo, esta práctica debería darse según lo establecido por el SENASA, con un diagnóstico previo de la enfermedad que permita una aplicación certera del tipo y cantidad de antibiótico. Es urgente el contar con protocolos obligatorios para la aplicación de antibióticos en las fincas de acuicultura, ya que la forma de aplicación actual puede generar problemas para el productor, pues si no se respetan los periodos de retiro establecidos para el antibiótico aplicado, las aguas estarían contaminadas con este producto y su descarga al ambiente podría generar serios problemas ambientales y el eventual retiro de la concesión.

Los productores no cuentan con protocolos sanitarios preventivos contra la aparición de enfermedades y tampoco poseen personal entrenado que les apoyen en la identificación

oportuna de un patógeno. Por lo general, cuando en la finca se presenta una situación con síntomas evidentes, se aplican antibióticos. Sin embargo, en muchas ocasiones no se dan cuenta de las mortalidades que se les presentan y lamentablemente cuando se percatan, ya es muy tarde para aplicar algún medicamento. La cantidad aplicada en las fincas encuestadas se desconoce, ya que los productores realizan la aplicación de acuerdo con criterios propios. Los productores aplican el antibiótico en función del tamaño del camarón. Así, en ejemplares mayores a tres gramos utilizan una dosis de siete a 10 g de antibiótico por kilogramo de alimento, y de cuatro a cinco gramos de antibiótico por kilogramo de alimento en animales menores de tres gramos.

En Costa Rica existe el Laboratorio de Patología Acuícola (LAPA), de la UTN, que brinda un servicio gratuito para el análisis patológico de camarones, como parte de proyectos de investigación que se desarrollan desde la UTN. Sin embargo, debido a la falta de recursos, lamentablemente el servicio no se ofrece de forma continua. Este inconveniente podría solucionarse con la elaboración de un programa, en conjunto con los productores, que permita atender las necesidades de diagnóstico de enfermedades por un precio menor al cobrado por SENASA.

Otras técnicas que se implementan de forma preventiva es el uso de los probióticos. Los probióticos son microorganismos vivos que ejercen un efecto beneficioso sobre el hospedero, ya que modifican la comunidad microbiana asociada al organismo y también tienen un efecto sobre el ambiente que los rodea. Los probióticos permiten un mejor aprovechamiento del alimento y potencian

su valor nutricional. Además, estimulan la respuesta hacia las enfermedades y mejoran la calidad del entorno (Verschuere et al., 2000). Los probióticos tienen varios mecanismos de acción. Los principales que se emplean en la acuicultura son: la capacidad para colonizar y adherirse al tracto intestinal, la modulación del sistema inmune, la producción de compuestos benéficos, la producción de sustancias antagónicas contra patógenos y la mejora de la calidad del medio acuático (Toledo et al., 2018).

En Costa Rica, los productores utilizan los probióticos directamente en el agua, bajo un protocolo donde mezclan el probiótico con agua y generalmente lo dejan reposar menos de 24 horas antes de agregarlo al agua del estanque. Ello mejora el fondo de los estanques, debido a que se genera menos materia orgánica y con ello incrementa la productividad. En la mayor parte de las fincas se aplica una mezcla de sémola de arroz molida muy fina (semolina) y BIOMIN (que contiene la bacteria *Bacillus subtilis*, que mejora la digestibilidad e inhibe el crecimiento de patógenos en el camarón). En muy pocos casos se hace una aplicación directa de BIOMIN sin semolina.

Este probiótico debe mezclarse en una relación 1:30 con respecto al agua, en una dosis de 0,3 a 1 kg/ha, cada 7 a 28 días, según el sistema de cultivo y la densidad de animales. Pese a estas especificaciones, los productores utilizan el producto a criterio propio o por recomendación de terceros. En cuanto a su uso por ciclo de producción, un 60 % de las fincas aplica el producto tres veces, un 12 % lo hace en dos, el 24 % lo emplea una sola vez y 8 % no utilizan probióticos. La frecuencia de aplicación varía entre una a dos veces por semana. La cantidad de kg/ha es similar

entre las fincas y al comparar la producción con las fincas que no hacen uso de estos productos, no se encuentran diferencias en los resultados. No obstante, los productores han notado mejoras en la calidad de los suelos y mayor impacto en la sobrevivencia de los organismos, debido a la aplicación de estos aditivos comerciales.

## 7.6. Requisitos y planes de mantenimiento

Como parte del funcionamiento de las fincas, se debe cumplir con los siguientes requisitos ante las instituciones que se mencionan a continuación:

- Certificado de Operación Veterinario (SENASA)
- Permiso para desarrollo de actividad acuícola (INCOPESCA)
- Concesión para el uso de la tierra (SINAC)
- Concesión de agua (Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento, SENARA)

Según SENASA (2017), dentro de los pasos que se deben desarrollar para garantizar la calidad del producto están: a) equipos y utensilios limpios y desinfectados, b) área de cosecha libre de productos contaminantes como diésel, aceites, gasolina, basura, entre otros, c) adecuada programación de cosecha, d) hielo y agua potable, e) rapidez en las labores para garantizar la calidad del producto, f) transporte directo a planta procesadora con temperatura igual o menor a cinco grados Celsius (relación hielo-producto de 1:1) y g) registro del proceso.

Por lo general, las fincas cumplen con los permisos citados anteriormente. Sin embargo, en algunos casos los productores están a la espera de la aprobación del reglamento a la Ley 9814 (2020), para poder realizar la renovación de las concesiones, y que el SINAC culmine con los muestreos del estado de las concesiones (Jacklyn Rivera Wong, comunicación personal, 14 de abril 2021).

En cuanto a los planes de mantenimiento, la práctica común es reactiva. Se repara la infraestructura cuando se daña. Se presta más atención a muros perimetrales y la limpieza del fondo de los estanques, tareas que se realizan al menos una vez al año. Se debe dar mantenimiento al perímetro de la finca, para evitar el crecimiento de árboles de mangle dentro de la concesión, actividad que debe ser autorizada por el SINAC. De no realizarse, puede convertirse en un causal para que el productor pierda la concesión (Jacklyn Rivera Wong, comunicación personal, 14 de abril 2021).

## 7.7. Condición de la infraestructura actual e inversiones requeridas para mejorarla

Actualmente, la mayoría de las fincas están produciendo de manera normal, utilizando los estanques total o parcialmente. Solamente se tiene registro de una finca que no está produciendo. En la mayoría de los casos, los productores indicaron estar a un 80-90 % de condiciones óptimas con respecto a la infraestructura para el tipo de cultivo que realizan actualmente (Anexo 1). Entre las necesidades requeridas mencionaron las siguientes:

- **Renovación de muros:** Todos los productores necesitan inversiones en reparaciones de muros, con su respectivo mantenimiento. No obstante, la mayoría indica no tener problemas graves.
- **Remodelación de monjes:** Es necesario invertir en la reparación de los monjes, ya que se observó deterioro y desgaste de estos por el efecto del tiempo.
- **Reparación y mantenimiento de motores de las bombas:** Si bien estos se encuentran en buen estado, es necesario que cuenten con un mantenimiento óptimo, a fin de eliminar residuos y reducir la generación de contaminantes. Se identificó que al menos tres fincas poseen motores en estado regular.
- **Bodega de alimento:** Todas las fincas encuestadas cuentan con la infraestructura para almacenamiento de alimento. Sin embargo, deben aplicarse mejoras menores (p. ej. cerrar de forma adecuada la bodega de alimentos), a fin de que no ingresen plagas (como ratones o ratas), y el espacio cuente con una adecuada ventilación.
- **Profundidad de los estanques:** Al menos cuatro fincas requieren inversiones para incrementar la profundidad de los estanques, con miras a mejorar el aforo de agua.
- **Generadores de electricidad:** Son necesarios a fin de poder utilizar los aireadores, aunque también se valoran otras alternativas como los paneles solares.

- **Es necesario que todas las fincas analizadas cuenten con el equipamiento básico para el desarrollo de la acuicultura, tales como:** oxigenómetros con medición de temperatura, salinómetros, pHmetros, Discos Secchi, aireadores, bombas de agua, bins para cosecha, balanzas para pesar, atarrayas y equipo para la determinación de la calidad del agua (fotómetros). Adicionalmente, se requiere un protocolo de diagnóstico de enfermedades para las fincas, basado en los lineamientos de la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), otros sobre la calidad de las aguas, las postlarvas y los suelos.

## 7.8. Proyección de crecimiento

Las proyecciones de crecimiento de los productores están orientadas a la intensificación y tecnificación de los cultivos, sin expandir las fincas, ya que ello no es posible, por encontrarse en sitios protegidos por Ley. En febrero del 2020, se hicieron las reformas a la Ley 9814 (2020), para regular la producción sostenible de sal y camarón de cultivo en modalidad convencional y orgánica. Esta ley establece que no hay posibilidad de expansión y que las fincas existentes deben hacer un manejo responsable y sostenible de los recursos naturales, los bienes y los servicios ecosistémicos involucrados en la actividad.

Por este motivo, se plantea la posibilidad de implementar sistemas de cultivo súperintensivos, empleando estanques circulares de 10 m de diámetro, elaborados con malla electrosoldada o latas de zinc, cubiertos con geomembrana. Estos estanques

permiten una densidad de siembra entre los 100 y 200 individuos/m<sup>2</sup> y una producción de 1.800 kg/estanque, lo cual aumentaría significativamente la producción actual. Para ello, se deben implementar aireadores que funcionen de manera constante, así como tecnologías que mejoren la calidad del agua y reduzcan los gastos de alimentación. Entre las tecnologías que se podrían utilizar, se encuentran el *biofloc* y el acuímetismo, las cuales consisten en la utilización de microorganismos para emular las condiciones del medio natural (da Silva, 2018). Estos sistemas ya operan en un proyecto ubicado en Punta Morales.

Otra de las opciones es trabajar con estanques rectangulares, recubiertos por una geomembrana, estructuras tipo tanque o utilizando los estanques de tierra, que se utilizan actualmente. Esta adaptación reduce su tamaño para facilitar su manejo, permite implementar aireación y sistemas de limpieza de fondos, lo cual se traduce en un costo de inversión, de aproximadamente 30 millones de CRC/ha (estimación brindada por los productores en el 2021). Las experiencias en Guatemala con la implementación de sistemas súperintensivos indican que la capacidad de producción es entre 70-80 t/ha/ciclo, en piscinas cuadradas de 0,5 ha (con densidades de siembra que llegan hasta los 600 individuos/m<sup>2</sup>) (Republica, 2020).

Otro factor importante para el mejoramiento de la producción está relacionado a la calidad de la postlarva, debido a que actualmente los productores no tienen seguridad de la calidad ni de la cantidad de organismos que son ofrecidos por el vendedor. Los productores han detectado anomalías en los sistemas de conteo de larvas por parte de los proveedores,

pues tomando en cuenta la mortalidad que tienen durante el ciclo y la cantidad de kilogramos obtenidos al final, los resultados no coinciden con las proyecciones. Ante esto, se requieren protocolos o regulaciones que garanticen la cantidad del producto obtenido y capacitaciones dirigidas al productor sobre la identificación de características de idoneidad de la postlarva. Actualmente solo dos empresas ofrecen el servicio de venta de postlarva, aglutinando una de éstas el 92 % de las ventas.

En el caso de las larvas y los problemas asociados a la importación de enfermedades, la solución que se maneja es trabajar con genética costarricense, para reducir la importación de nauplios. Pese a que el laboratorio de Punta Morales (Activos de Crustáceos del Pacífico S.A.) ya cuenta con el ciclo cerrado para producción de larvas nacionales, aún deben apoyarse en empresas de países como Ecuador, a fin de suplir la demanda del mercado. Bajo las condiciones actuales, la cantidad de larva que se produce en el laboratorio no sería suficiente para suplir a los sistemas súperintensivos. Una mayor inversión en la línea de mejoramiento genéticos de las larvas es un requisito para que el cultivo del camarón avance en el país.

### **Certificaciones y distinciones existentes para productos orgánicos acuícolas**

Las certificaciones promueven la legitimación de los procesos de producción de larva de engorde y de empaque, ya que se garantiza la estabilidad, eficacia y confiabilidad de la empresa, así como la inocuidad del producto. Estas características permiten la diferenciación con la competencia, darle un mayor valor en el mercado y poder colocarse en escenarios de

comercialización emergentes. Las principales certificaciones en acuicultura a nivel mundial incluyen:

- **Best Aquaculture Practices ([www.aquaculturealliance.org](http://www.aquaculturealliance.org)):** es el primer programa completo de certificación acuícola con presencia a nivel mundial en ser reconocido por la Global Sustainable Seafood Initiative y la Global Food Safety Initiative.
- **Aquaculture Stewardship Council ([www.asc-aqua.org](http://www.asc-aqua.org)):** es una organización independiente, internacional y sin fines de lucro, que administra un programa de certificación y etiquetado para la acuicultura responsable.

En Costa Rica, las certificaciones existentes para cultivo orgánico han sido otorgadas por (Baltodano Díaz et al., 2019):

- **Friend of the Sea ([www.friendofthesea.org](http://www.friendofthesea.org)):** el cual proporciona una herramienta útil para la industria acuícola, ya que toma en cuenta el desarrollo de una acuicultura sostenible en el medio marino.
- **Naturland ([www.naturland.de](http://www.naturland.de)):** ha desarrollado unas normas para la certificación de acuicultura orgánica, gracias al intercambio continuo entre la ciencia y la práctica, habiendo logrado hacerlo con más de una docena de especies diferentes en todo el mundo.
- **Kiwa BCS ([www.kiwa.com](http://www.kiwa.com)):** empresa que se encuentra entre las 20 más importantes del mundo en materia de pruebas, inspección y certificación, para la agricultura orgánica y ecológica.

De las empresas encuestadas para el presente estudio, solo ECOS SHRIMP GROUP posee esta certificación.

- **Organic Costa Rica:** sello del MAG, que deberán llevar los productos certificados como orgánicos por agencia nacionales e internacionales. Dichas agencias deberán someterse a las normativas ISO 65 y EN 45011, para ser acreditadas por el MAG.

Otras iniciativas o programas que procuran la seguridad alimentaria en los productos de cultivo son:

- **Global G.A.P** ([www.globalgap.org](http://www.globalgap.org)): el establecimiento de esta norma para la acuicultura tiene origen en la demanda de proveedores y supermercados, con el fin de proporcionar una herramienta que demuestre seguridad alimentaria y bienestar de los animales.
- **USDA Organic** ([www.usda.gov/topics/organic](http://www.usda.gov/topics/organic)): iniciativa del gobierno de los EE.UU., que busca establecer normas para la producción y certificación orgánica de animales acuáticos de granja y sus productos, en las regulaciones orgánicas del USDA.

## 7.9. Nuevas tecnologías aplicables al cultivo del camarón

La industria de producción de camarón a nivel mundial innova y tecnifica sus sistemas continuamente, con el propósito de optimizar los recursos existentes, abaratar los costos de producción y reducir las pérdidas por mortalidades causadas por factores externos,

como las enfermedades. En ese sentido, se han mejorado algunas condiciones, como las relacionadas a la densidad de siembra, los sistemas de aireación, la aclimatación, la calidad del agua (salinidad, temperatura), los recambios de agua, el uso de antibióticos y probióticos, así como el uso de energías limpias para reducir los costos energéticos de las fincas (Aldecoa, 2018).

En acuicultura se conoce como sistemas súperintensivos aquellos controlados y aislados que aprovechan al máximo la capacidad de superficie o volumen del sistema acuícola. Dentro de sus principales características se encuentra el aumento significativo en la producción por unidad de área o volumen, gracias al control de factores como la calidad del agua, la aireación y la nutrición. Usualmente, los sistemas súperintensivos son sistemas con cero o mínimo recambio de agua, por lo que la oxigenación es un proceso que se debe de realizar de manera constante. Usualmente este sistema se lleva a cabo en áreas totales de entre 2.500 y 4.000 m<sup>2</sup>, utilizando una serie de estanques con profundidades que oscilan entre 1,8 y 3 m, con áreas variables, y el fondo de cada estanque debe encontrarse revestido por una geomembrana de HDPE (Nunes et al., 2020). Por otra parte, la alimentación debe llevarse a cabo varias veces al día, de manera manual o con bandejas de alimentación, y este debe ser balanceado, de alta calidad, alto nivel proteico y adecuado para cada una de las fases de crecimiento. El ciclo de producción se detalla en el **Recuadro 1**.

Recuadro 1

## Ciclo de producción en sistemas súperintensivos (Muñoz Chávez y Narváez Castillo, 2018):

- Desinfección de estanques.
- Preparación y control de los parámetros relacionados a la calidad del agua.
- Selección de larvas a sembrar, manteniendo uniformidad en los tamaños.
- Siembra: en el caso del camarón blanco (*L. vannamei*) en Baja California, las densidades promedio en sistemas súperintensivos son de 100 individuos/m<sup>2</sup> (Leyva Ordaz et al., 2010). Por otra parte, Nunes et al. (2020) mencionan que las densidades iniciales pueden variar entre 120 a 300 individuos/m<sup>2</sup>.
- Fase de precría, peso entre dos y cuatro g/individuo.
- Fase de engorde, peso final promedio entre 12 y 15 g.
- Cosecha

Algunos sistemas incluyen solamente el engorde, por lo que se consideran ciclos incompletos. Un ciclo completo posee una duración aproximada de 115 días, con producciones de hasta 40.000 kg/ha, de manera que se obtienen entre 3 y 4 cosechas anuales.

El desarrollo y la evaluación de los sistemas súperintensivos inició en el año 2017, en Vietnam (Arnold et al., 2020). Durante este proceso innovativo, se optimizaron la supervivencia y los rendimientos del crecimiento, la evaluación de los sistemas de bioseguridad y salud del camarón, se agregaron aditivos para manejar *bioflocs* y patógenos, se desarrollaron tecnologías de sensores para monitorear la calidad del agua, se automatizó la colecta y gestión de datos, así como se diseñaron herramientas de programación informática en apoyo a la toma de decisiones y la modelización económica. Otro avance clave ha sido la capacitación del personal en el manejo y mantenimiento de la calidad del agua de los estanques y el uso de los *bioflocs*, dentro de los parámetros óptimos especificados (Nguyen et al., 2019).

Los procesos más críticos desarrollados involucran el mantenimiento de un *biofloc* saludable, mejorando los procesos de maduración microbiana, los sistemas de aireación, los suplementos para el agua, las estrategias de alimentación y los aditivos

alimentarios que no afecten al *biofloc*. Los resultados derivados del perfeccionamiento de este proceso incluyeron un uso eficiente del agua, reducción de la carga de bacterias del género *Vibrio* (tanto en los estanques como en los camarones), la reducción de la producción de lodo en el fondo del estanque, la disminución de los riesgos de bioseguridad y una mejor calidad del camarón en la cosecha (Nguyen et al., 2019).

Diferentes investigaciones en los impactos de la densidad poblacional, las estrategias de cosecha parcial y los métodos alternativos de control del *Vibrio*, contribuyeron de igual forma a optimizar un sistema de cría súperintensivo. Por otra parte, el monitoreo constante de enfermedades para mantener la bioseguridad del proceso ha sido uno de los puntos claves para el éxito de este tipo de sistemas, por lo tanto, la presencia y las cargas de virus y bacterias se monitorean regularmente para identificar el efecto que tienen sobre el crecimiento y la supervivencia de los camarones (Arnold et al., 2020).



Algunos países como EE.UU., México, Guatemala, Brasil, Ecuador, Japón y otros, han replicado la ruta de Vietnam en cuanto a la implementación de sistemas de cultivo súperintensivos los cuales se caracterizan por presentar un uso eficiente del agua, manteniendo su calidad a través del control de las variables físico-químicas. Cabe recalcar que Vietnam es uno de los mayores proveedores de postlarvas para este tipo de sistemas.

En Costa Rica se intenta implementar sistemas súperintensivos en tanques, mejorando las condiciones actuales en la calidad del agua. La alianza de tres cooperativas, COOPESOL (en conjunto con Aqua Feed Consortium), COOPROLARVA y la Cooperativa Nacional de Productores de Sal (COONAPROSAL), en alianza con el sector privado, busca el aumento de la producción y la reactivación del cultivo de camarón. Esta iniciativa incluye el establecimiento de la primera finca experimental en Jicaral, donde se pondrán a prueba sistemas súperintensivos en tanques bajo techo, alejados del manglar, con recirculación de agua y con un sistema de precría.

Este sistema incluiría un recambio de hasta el 30 % del volumen del agua, recirculando la misma después de haber sido tratada con cloro o peróxido de hidrógeno y haciendo un manejo de vertidos, depurados en lagunas de oxidación. El sistema constaría de tres estanques: precría (20 días), segunda precría (50 días) y engorde (50 días). La alimentación se haría a través de un dosificador y requeriría de postlarvas de crecimiento rápido y libres de SPF/SPR. La densidad de siembra sería de 250 a 500 individuos/m<sup>2</sup> y un ciclo de cultivo de 115 días, con una producción de 3,5 kg/

m<sup>2</sup> (Carlos Lara, comunicación personal, 3 de mayo 2021).

Los sistemas súperintensivos de precría proveen de juveniles fuertes, sanos y uniformes, donde el crecimiento compensatorio puede beneficiar la producción cuando se pasan las postlarvas a los estanques de engorde. Dentro de las necesidades de equipamiento se mencionan: geomembranas, tuberías, invernaderos, generadores diésel de 30 kilovatios (kW), tanques circulares de 10 m de diámetro con revestimiento de polietileno de alta densidad (HPDE, por sus siglas en inglés) de un milímetro, sopladores regenerativos de 10 hp, bombas de diésel de cinco caballos de fuerza, alimentadores automáticos, sistemas de sensores para control de parámetros como temperatura, oxígeno, pH, así como programas y equipo de cómputo para registro de parámetros (Gervais y Zeigler, 2014).

Los criaderos súperintensivos permiten un uso mucho más eficiente de la capacidad de carga de los estanques, que el que proporciona la siembra directa de postlarvas, al tiempo que reducen el riesgo de mortalidad. Debido a que los ciclos de los estanques son más cortos, también se reducen los costes fijos diarios por cada kilogramo de camarón producido (Gervais y Zeigler, 2014). No obstante, en el país se deben tener en cuenta algunos factores al momento de implementar estos sistemas, tales como: la disponibilidad y costo de la electricidad en las fincas, el suministro de larvas, el apego a las regulaciones ambientales para que la actividad no genere impactos negativos en sistemas circundantes (aun cuando se realice en tierras alejadas del manglar) y que por este motivo su crecimiento se vea limitado.

En los Cuadros 7 y 8 se pueden observar los resultados de pruebas de cultivo súperintensivos, así como las características de los sistemas utilizados en Brasil (Nunes et al., 2020). Por otro lado, en el Cuadro 9 se

comparan las condiciones y el manejo de los sistemas semiintensivos utilizados en Costa Rica y los súperintensivos que se desean implementar.

**Cuadro 7.** Pruebas de tres modelos experimentales de sistemas súperintensivos, de acuerdo a las características de producción (Fuente: Nunes et al., 2020)

Características	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Densidad inicial (camarones/m <sup>2</sup> )	186	282	659
Profundidad (volumen del tanque)	120 m (6,37 m <sup>3</sup> )	120 m (6,37 m <sup>3</sup> )	150 (7,56 m <sup>3</sup> )
Preparación de agua	Filtro de arena	Filtro de arena	Filtro de arena y cloro
Fertilización de agua	Alimento molido y melaza	Alimento molido y melaza	Simbiótico y melaza
Aireación	Manguera, un punto	Manguera, un punto	Manguera, dos puntos
Régimen de agua	Recambio mínimo	Recambio mínimo	RAS, reuso integral
Cobertura del tanque	Malla sombra 70 %	Malla sombra 70 %	Malla sombra y plástico
Manejo de alimento	Bandejas	Bandejas	Manual y mecánico
Frecuencia de alimentación	4 veces al día	4 veces al día	20 veces al día
Peso corporal inicial (g)	1,74 ± 0,64	1,53 ± 0,33	1,32 ± 0,24
Tiempo de cultivo (días)	81	87	64

**Cuadro 8.** Pruebas de tres modelos experimentales de sistemas súperintensivos, de acuerdo a los rendimientos zootécnicos (Fuente: Nunes et al., 2020)

Rendimiento zootécnico	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Supervivencia final (%)	91,49 ± 5,07	91,65 ± 3,50	82,00 ± 7,0
Crecimiento semana (g)	0,89 ± 0,03 - 1,13 ± 0,19	0,82 ± 0,09 - 1,00 ± 0,04	1,17 ± 0,14
Peso corporal final (g)	12,08 ± 0,22 - 14,76 ± 2,20	11,77 ± 1,11 - 13,95 ± 0,50	11,45 ± 1,27 - 12,98 ± 0,86
Productividad final (g/m <sup>2</sup> )	2227 ± 177	2982 ± 266 - 3573 ± 93	6526 ± 438
Consumo de alimento (g/camarones)	18,5 ± 0,74 - 20,1 ± 0,76	17,6 ± 1,17 - 19,8 ± 1,06	14,0 ± 1,2
Tasa de conversión de alimentos (FCR, por sus siglas en inglés)	1,85 ± 0,19	1,85 ± 0,11	1,63 ± 0,08
Cobertura del tanque	Malla sombra 70 %	Malla sombra 70 %	Malla sombra y plástico
Manejo de alimento	Bandejas	Bandejas	Manual y mecánico
Frecuencia de alimentación	4 veces al día	4 veces al día	20 veces al día
Peso corporal inicial (g)	1,74 ± 0,64	1,53 ± 0,33	1,32 ± 0,24
Tiempo de cultivo (días)	81	87	64

**Cuadro 9.** Comparación de las variables productivas de sistemas productivos de camarón, aplicando tecnologías semi-intensivas y súper-intensivas (Fuente: elaboración propia)

Características	Semiintensivos	Súperintensivos
Tipo de estanque	Tierra de 1 a 2 ha aproximadamente.	Tanques de fibra de vidrio o cemento, forrados en geomembrana con área variable (comúnmente 0,5 a 1 ha).
Calidad del agua	No se monitorean pues la densidad es tan baja que no se requiere. Reposición de pérdidas por evaporación y recambios al menos del 30 % una vez durante el ciclo de siembra.	Se monitorean los niveles de amonio, nitrato y nitrito, así como fósforo. Se emplea recirculación, o se hacen recambios del 100 % del agua durante el día.
Monitoreo de parámetros	Las densidades de siembra bajas no generan problemas como pérdida de oxígeno por lo que no se requieren tomas de parámetros continuas.	Monitoreo automatizado por medio de sensores y desarrollo de una programación informática que permita activar las bombas de aire, por ejemplo.
Alimentación	Manual, con alimento regular.	Sistematizada con alimentos específicos para sistemas súperintensivos.
Microbiota en agua	Fertilización del agua para fomentar el crecimiento de microalgas y uso de probióticos para bacterias.	Sistema de <i>biofloc</i> , flóculos integrados por fitoplancton, bacterias y materia orgánica particulada viva y muerta.
Postlarvas para siembra	pl-10 que se siembra de forma directa al estanque de engorde.	pl- 10 que va a precría 1.
Siembra	Directa en la mayoría de los casos, en ocasiones se hace una precría para llevar la postlarva a 1 g.	Dos siembras de precrias con una duración de 20 días la primera y 50 días la segunda.
Densidad de siembra	8 a 15 individuos por m <sup>2</sup>	250 a 300 individuos por m <sup>2</sup>
Duración del cultivo	90 días, aproximadamente.	115 días.
Peso promedio final	12 a 15 g	20 a 30 g
Sobrevivencia	Entre 50 y 60 %	85 %
kg/ha	800 a 1000 kg	40.000 kg
Factor de conversión alimenticia	1:1 o 1:0,8	1:1,3

Si bien es cierto el sistema superintensivo requiere de una oxigenación constante, este gasto suele ser menor al generado por intercambio de agua en otros sistemas. Según Bowdy et al. (2012) algunas ventajas de los sistemas súperintensivos incluyen:

- La productividad generada en el estanque puede reducir los costos por alimentación.
- La intensificación de la producción en un área menor puede traducirse en un ahorro asociado a los gastos del terreno.
- En el caso de camarones marinos, la dependencia reducida al intercambio de agua facilita que este sistema pueda ser utilizado en zonas más alejadas de las costas, menos sensibles y costosas. Además, se convierte en una alternativa ambientalmente más sostenible.
- La intensificación de la producción permite que se coseche en lapsos de tiempo menores, reduciendo la huella ecológica por kilogramo de producto.

- La diversa comunidad microbiana del sistema mejora la exclusión competitiva de patógenos, aumentando la bioseguridad de la actividad.

A pesar de ser un sistema altamente eficiente y rentable, uno de los mayores obstáculos que presenta la implementación de los sistemas súperintensivos es la alta inversión inicial que se requiere, situación que imposibilita o limita a los productores activos a realizar la conversión de sistemas.

En la actualidad, los sistemas súperintensivos se combinan con tecnologías o medios que permiten al producto desarrollarse eficientemente dentro de una comunidad microbiana bien establecida y a la vez manteniendo, e incluso mejorando, la calidad del agua. Esta tecnología permite que el sistema por sí solo aporte alimentación natural a la especie cultivada, lo que se transforma en una disminución en los costos de compra de alimento con alto valor proteico. Actualmente, las tecnologías más utilizadas en sistemas súperintensivos son el *biofloc* (Recuadro 2) y el acuimimetismo (Recuadro 3).

#### Recuadro 2

##### Sistemas súperintensivos con *biofloc*

La tecnología *biofloc* (BFT, por sus siglas en inglés), consiste en adicionar flóculos o partículas orgánicas sólidas para que se suspendan en el cuerpo de agua (estanque). Estas partículas suspendidas se componen principalmente de hongos, microalgas, bacterias, microinvertebrados, protozoos, rotíferos y detritos (Burford et al., 2004; Serfling, 2006), dominando las bacterias heterotróficas, las cuales ayudan a mejorar la calidad del agua (Asaduzzaman et al., 2008), ya que pueden asimilar el nitrógeno inorgánico de la microbiomasa (Avnimelech, 1999) y controlan a los agentes patológicos (Cohen et al., 2005).

El BFT contribuye a la rentabilidad de los sistemas de producción súperintensivos, ya que disminuye los costos asociados a la alimentación y fertilización (Avnimelech, 2007). Así, para el cultivo de tilapias, el BFT es una fuente de alimento natural que se conserva en el medio en todo momento (Avnimelech, 2007). Por otra parte, al ser un sistema con mínimo o nulo intercambio de agua, los nutrientes no asimilados derivados de excretas o alimento sin consumir se conservan dentro del sistema y pueden ser utilizados posteriormente (Avnimelech, 1999).

Además de la alimentación y aireación u oxigenación, la utilización de *biofloc* debe estar acompañada por el uso de insumos externos, a fin de aumentar la productividad/rentabilidad, tal como el carbono y/o bicarbonato, lo cual apoya y mejora el crecimiento del cultivo, y facilita el crecimiento de la microbiota en el medio (Bowdy et al., 2012). En sistemas que utilizan el BFT, se recomienda mantener una relación carbono:nitrógeno cercana a 15:1 (Deepak et al., 2020).

La producción estacional de camarones con tecnología *biofloc* varía entre los 10.000 y 20.000 kg/ha (1 a 2 kg/m<sup>2</sup>), mientras que para las tilapias es hasta de 30.000 kg/ha. Sin embargo, al combinar esta tecnología con sistemas súperintensivos, podemos obtener producciones de camarón de hasta 10 kg/m<sup>2</sup> (Bowdy et al., 2012).

El uso correcto de esta tecnología se encuentra alineada con la sostenibilidad ambiental en temas acuícolas, ya que disminuye la necesidad de insumos como el agua, requiere de menores áreas y no requiere de la cercanía de la costa u otros cuerpos de agua naturales.

Recuadro 3

## Sistemas súperintensivos con acuimimetismo

La tecnología conocida como acuimimetismo (AQM, por sus siglas en inglés), se ha difundido recientemente. La misma se basa en recrear, en un sistema controlado, las condiciones naturales en las que la especie objetivo se desarrolla, así como sus fuentes naturales de alimento (Zeng et al., 2020). El AQM evita la entrada al sistema de cualquier producto químico ajeno al ambiente natural, los cuales son sustituidos por sistemas simbióticos que se crean a partir de prebióticos y probióticos internamente desarrollados y que a su vez son beneficiosos para la especie objetivo (Zeng et al., 2020). Uno de los resultados de este sistema es generar las condiciones óptimas para el crecimiento de una comunidad microbiana similar a la encontrada en ambientes naturales y que a su vez mantiene la calidad del agua, elimina enfermedades y es fuente de alimento para el cultivo, esto último ayudando a la disminución de la tasa de conversión alimenticia (Zeng et al., 2020).

El AQM utiliza el salvado o fermento de arroz (500 a 1.000 kg/ha), junto con probióticos (*Bacillus* spp. o *Lactobacillus* spp.), como fuente de carbono para las floraciones de fitoplancton y zooplancton, siendo los copépodos el componente de mayor importancia en este grupo. En consecuencia, el plancton, además de ser fuente de alimento para el cultivo, ayuda a mantener la calidad del agua y mejora la heterotrofización con respecto a la autotrofización (Deepak et al., 2020).

La tecnología del acuimimetismo posee ciertas similitudes con el *biofloc*, ya que en ambas tecnologías se busca que el sistema controlado cree condiciones biológicas que maximicen el crecimiento del cultivo y por ende, aumente la productividad. Para el uso del acuimimetismo o de *biofloc* se requiere un mínimo o nulo intercambio de agua, el costo de producción es menor con respecto a otros sistemas que no utilicen estas tecnologías, la tasa de conversión de alimentos disminuye, el sistema crea un ambiente hostil para posibles patógenos, y además, ambas tecnologías requieren el ingreso de carbono externo. Sin embargo, la principal diferencia se basa en que en la tecnología AQM, el control activo de la relación carbono:nitrógeno no es tan importante (Deepak et al., 2020).

Como desventaja, la tecnología AQM no puede ser utilizada en espacios cerrados (interiores), ya que mucha de su dinámica requiere de la luz natural. La información asociada a la producción por ciclo utilizando la tecnología AQM es escasa. No obstante, se espera que los volúmenes de producción sean muy similares a los reportados mediante el uso de tecnología BFT.

El mejoramiento en la producción de camarón de cultivo en Costa Rica debe necesariamente incluir avances tecnológicos (actualmente el país está muy rezagado en este aspecto) y la optimización de los sistemas de cultivo. Dicho mejoramiento tecnológico es un proceso que requiere de una fuerte inversión, necesaria para migrar de cultivos semiintensivos a súperintensivos. Esta migración tecnológica promueve la mitigación del impacto ambiental de la actividad, pues permite que la misma sea realizada fuera de áreas de manglar, con bajo o nulo recambio de agua, con una mejora en el factor de conversión alimenticia y un bajo uso de antibióticos al ser un medio más controlado. Además, se debe considerar un proceso de capacitación y adaptación de parte de los productores para cambiar el método que por años han utilizado. Asimismo, se deben establecer protocolos que permitan

determinar la efectividad de los distintos sistemas de cultivo, pues como se muestra en este diagnóstico, distintas metodologías de cultivo de camarón (p. ej. con precría y sin precría, cantidad de raleos, etc.) obtienen resultados de producción similares, sin la posible identificación de los aciertos o desaciertos de cada una.

Los principales retos para la implementación de esta tecnología en las actuales áreas de cultivo de camarón incluyen:

1. **Acceso a electricidad en las fincas:** es indispensable contar con ello, debido a que los sistemas súperintensivos requieren de un sistema constante de aireación a fin de mantener la calidad del agua. Se calcula que en la actualidad

sólo el 20 % de las fincas cuentan con energía eléctrica.

- 2. Comercialización del producto:** se deben identificar los posibles mercados nacionales e internacionales para el producto cosechado, ya que actualmente únicamente se exporta el camarón de cultivo orgánico. El resto se comercializa a nivel nacional, por medio de intermediarios, que lo transportan a las plantas de proceso en Puntarenas.
- 3. Capacitaciones:** al ser una nueva tecnología, se deben instalar capacidades que puedan brindar el acompañamiento a cada uno de los productores durante el proceso de transición (ver punto 7). Las capacitaciones deben incluir temas como: tecnología de cultivo, equipo requerido, monitoreo de parámetros de agua, tipos de larvas y alimentos, entre otros factores relevantes para el buen funcionamiento del sistema.
- 4. Acceso a terrenos adecuados:** pese a que la mayoría de las iniciativas en temas de tecnificación de los cultivos se están dando en fincas existentes, a largo plazo se podría requerir de permisos para la instalación de sistemas tipo “invernadero”, sobre tierra firme, en sitios con acceso a electricidad cercanos a esteros. Debido a esto, es importante realizar la identificación de áreas potenciales y las características de los terrenos (p. ej. tipo de propiedad, uso de suelo, acceso a carretera, acceso a agua para los estanques, electricidad).
- 5. Disponibilidad de las larvas:** se deben utilizar larvas con una genética más resistente a enfermedades, la cual debe ser domesticada a las condiciones de

cultivo del país. Algunas de las opciones para la importación de la semilla son: Tailandia, Indonesia y Ecuador, y se deberá facilitar su importación.

- 6. Tramitología:** actualmente, el tiempo para obtener los permisos es muy extenso (hasta cuatro años) y se requiere de trámites en distintas instituciones, tales como el MINAE, el INCOPECA, el SENASA y el SENARA, que lo hace un proceso complejo y costoso. Se debe trabajar en optimizar los tiempos de respuesta, y la accesibilidad de los documentos y trámites a los productores. Algunas de las soluciones podrían ser el habilitar una ventanilla única y contar con funcionarios públicos de cada institución, que brinden apoyo al productor en el proceso.
- 7. Inversión:** se calcula que la reconversión tecnológica de un sistema semiintensivo a uno súperintensivo es de aproximadamente USD 30.000, si se adaptan las fincas ya existentes, y de USD 45.000, si el sistema se estableciera en tierra firme, con un costo de producción USD 5.000 por cosecha.

## 7.10. Retos para la implementación efectiva de la actividad acuícola

La regulación de la acuicultura ha enfrentado retos importantes, en virtud de su complejidad técnica y de la gran cantidad de instituciones involucradas en la gestión de los espacios y recursos requeridos para su desarrollo. Adicionalmente, los avances tecnológicos y la urgencia de fomentar un desarrollo sostenible y competitivo de la actividad han hecho

evidente la importancia de asegurar, tanto al sector interesado en incursionar en esta actividad, como a las comunidades locales y organizaciones de la sociedad civil, un marco normativo moderno que permita el desarrollo de esta actividad como una oportunidad de generar progreso social en las comunidades costeras, conservando la salud de nuestros mares.

Entre los retos identificados se puede mencionar la gobernanza de la actividad en el país. El marco normativo actual, otorga responsabilidades y poder de decisión a diversas instituciones del Estado, ante las cuales quienes desean desarrollar este tipo de actividades deben solicitar diferentes permisos. Esta fragmentación de las decisiones llega a generar problemas de gobernabilidad y dificultades para resolver temas específicos (INCOPECA y SEPSA, 2019). Desde el sector productivo se han señalado problemas, como la tramitología excesiva y la duración de más de dos años para la tramitación de permisos y concesiones, así como requerimientos onerosos que representan costos adicionales. El sector productivo percibe la necesidad de mayor seguridad jurídica y rigurosidad en los procesos de delimitación de las áreas de concesión, a fin de evitar la pérdida de concesiones por razones ajenas al sector productivo, tal y como es el caso de las concesiones para cultivo de camarón.

Uno de los retos identificados hasta el momento ha sido la falta de herramientas y conocimiento técnico por parte de la SETENA para evaluar los impactos de proyectos de cultivos marinos en el medio ambiente. Esta situación comenzó a evidenciarse cuando la UNA incursionó en el proceso de solicitud de concesiones para granjas de ostras en

el Golfo de Nicoya. Las particularidades de la actividad ostrícola llevaron a las instituciones involucradas en el proceso de evaluación y otorgamiento de permisos a generar reglamentaciones que permitieran estudiar los impactos ambientales de forma correcta, de acuerdo con las dimensiones del proyecto y con el tipo de organismo que se pretende cultivar. Es así como en el 2020 se creó el Documento de Evaluación Ambiental formulario D5, el cual proporciona, por primera vez, una herramienta para realizar actividades de maricultura. Este documento contiene uno de los requisitos establecidos en la guía general para la valoración de los impactos ambientales generados por la actividad de maricultura y formularios por categoría (Decreto Ejecutivo 42755, 2020), la cual determina los requisitos que debe cumplir cada concesión según la escala de cultivo (familiar, pequeña, mediana y grande) y tipo de organismo marino cultivado (Cuadro 10).

**Cuadro 10.** Escalas de cultivo según el tipo de organismo marino involucrado, especificadas en el instructivo para la valoración de impactos ambientales (Fuente: Decreto Ejecutivo 42755, 2020)

Cultivo de camarón en jaulas flotantes			
Escala	Área (ha)	Producción (kg/año)	Categorías
Social / Familiar (SF)	≤ 1,5	≤ 10.000	D5-SF (Registro)
Pequeña (PE)	> 1,5 y ≤ 5	> 10.000 y ≤ 30.000	D5-PE (DJCA)
Mediana (ME)	> 5,1 y ≤ 15	< 30.000 y ≤ 100.000	D5- ME (P-PGA)
Grande (GE)	> 15	> 100.000	D5- GE (EsIA)
Cultivo de peces marinos en jaulas flotantes			
Escala	Área (ha)	Producción (kg/año)	Categorías
Social / Familiar (SF)	≤ 1,5	≤ 15.000	D5-SF (Registro)
Pequeña (PE)	> 1,5 y ≤ 5	> 15.000 y ≤ 50.000	D5-PE (DJCA)
Mediana (ME)	> 5,1 y ≤ 15	< 50.000 y ≤ 250.000	D5- ME (P-PGA)
Grande (GE)	> 15	> 250.000	D5- GE (EsIA)
Cultivo de ostras, mejillones y otros moluscos bivalvos en jaulas flotantes			
Escala	Área (ha)	Producción (kg/año)	Categorías
Social / Familiar (SF)	≤ 2	≤ 10.000	D5-SF (Registro)
Pequeña (PE)	> 2 y ≤ 6	> 10.000 y ≤ 30.000	D5-PE (DJCA)
Mediana (ME)	> 6 y ≤ 20	< 30.000 y ≤ 100.000	D5- ME (P-PGA)
Grande (GE)	> 20	> 100.000	D5- GE (EsIA)

PGA: Plan de gestión ambiental, DJCA: Declaración Jurada de Compromisos Ambientales, EsIA: Estudio de Impacto Ambiental, D5- Formulario de Evaluación Ambiental.

Asimismo, la complejidad técnica de la actividad acuícola y el conocimiento limitado por parte de personas tomadoras de decisión al respecto sobre cómo ponderar el desarrollo de la práctica con regulaciones en materia de espacios sometidos a algún tipo de protección o categoría de manejo por parte de autoridades ambientales, ha implicado la necesidad de abogar por reformas normativas, inclusive, en regulaciones recientemente aprobadas. Este es el caso de la Ley 9814 (2020), la cual, según el Programa Nacional de Humedales del SINAC, es necesario reajustar con el fin de que los productores que tienen sus concesiones vencidas puedan renovarlas

siempre y cuando cumplan con todos los requisitos, y las concesiones no se encuentren en procesos judiciales (Jacklyn Rivera Wong, comunicación personal, 4-abril-2021).

Por otra parte, la regulación vigente también presenta vacíos que deben atenderse, con el fin de asegurar el desarrollo sostenible de la actividad. Particularmente, a la fecha no existe una reglamentación para el vertido de aguas de las camaroneras a los manglares. Aunque recientemente se establece que el monitoreo de las aguas debe compartirse con el SINAC, no existen parámetros por parte del Ministerio de Salud que regulen estos vertidos. Además,



las aguas utilizadas en los estanques no se consideran vertidos si no contienen restos de antibióticos y fertilizantes, por lo que este criterio debe ser considerado por parte de los productores.

### 7.11. Recomendaciones para mejorar la producción y el cultivo de camarón

El mejoramiento de los sistemas de cultivo en Costa Rica, específicamente el de camarón, requiere una transformación tecnológica que optimice los resultados de producción en un área pequeña de fácil manejo. Muchos países alrededor del mundo y de la región (p. ej. Ecuador, Guatemala, Brasil) utilizan sistemas súperintensivos, donde la densidad de siembra y la producción se ven optimizados en un sistema controlado, con mínimo recambio de agua y alto control sobre factores que puedan afectar la producción, como lo son las enfermedades. No obstante, se debe considerar que este sistema requiere de aireación constante, siendo el acceso a energía eléctrica la mayor limitante en las fincas de cultivo del país. Habilitar el acceso a energía eléctrica en las fincas existentes permitiría una migración de los sistemas semiintensivos a los sistemas súperintensivos, esto sin tener que mudarse a otras áreas para establecer nuevos estanques. De hecho, es posible realizar modificaciones a los estanques existentes (p. ej. instalación de una geomembrana y la aireación constante), para lograr una mejor calidad de agua en espacios más pequeños, a la par que se aumenta la densidad de siembra y por ende la producción. Asimismo, se debe avanzar en la importación y la domesticación de semillas genéticamente modificadas y más resistentes a enfermedades, así como a

la utilización de probióticos y bacteriófagos, con el fin de disminuir el uso indiscriminado de antibióticos. Dicha importación debe ir acompañada de protocolos y seguimiento por parte de las instituciones para que dichas semillas no sean un riesgo para los ecosistemas circundantes en caso de fuga o mal manejo. Por otro lado, es necesario garantizar el suministro de mayor cantidad de larvas, si se busca implementar sistemas súperintensivos de cultivo de camarón. Dado que la inversión para el desarrollo de un sistema súperintensivo puede ser aproximadamente USD 45 mil/ha, se recomienda que se mejore de manera paulatina las condiciones de los estanques actuales.

Además de la migración tecnológica, se deben mejorar el seguimiento y registro de las metodologías y datos de producción en las fincas, debido a que actualmente no es posible determinar qué factores podrían estar influyendo en obtener más o menos producción. Es decir, pese a que en Costa Rica todos los productores utilizan el mismo sistema de cultivo (semiintensivo), existen variaciones en la forma en que se desarrolla (p. ej. distinta cantidad de raleos o el uso o no de estanques de precría).

La generación de herramientas y capacidades, para que haya un mejor registro de las metodologías y sus resultados, debe ir acompañado de un seguimiento y programa de capacitación que podría ser apoyado por instituciones competentes en el tema, como INCOPECA, UTN, UNA y ONG. Aunado a lo anterior, es necesario que se desarrolle un programa de monitoreo de enfermedades que permita, en forma constante, tomar decisiones acertadas sobre el tratamiento de los organismos en cultivo. Esto previene

el uso de antibióticos de forma desmedida y sin conocimiento previo de la enfermedad, del tipo de antibiótico y la cantidad requerida. Esta medida también tendrá un efecto positivo sobre las aguas residuales, pues al disminuir el uso de antibióticos también se disminuyen los impactos que puedan generar las descargas de agua con estos residuos. Dicho programa debe estar conformado por instituciones de gobierno como SENASA, en alianza con laboratorios o universidades que faciliten la detección en corto tiempo.

Actualmente, los productores de camarón venden su producto a intermediarios, pues no cuentan con la infraestructura adecuada para su procesamiento. Lo anterior tiene como consecuencia que el valor pagado al productor sea bajo, con respecto al precio ofrecido al consumidor final. Como parte de la reactivación económica de este sector, se deben mejorar las condiciones de comercialización del camarón de cultivo en el país, así como establecer estrategias que brinden un mayor acceso de este producto a los consumidores, incluidas mejoras en las regulaciones de etiquetado para una más clara identificación del producto nacional. Asimismo, un aumento en la producción actual de camarón de cultivo debe ir acompañado de la apertura de mercados internacionales para su exportación.

La complejidad técnica para el otorgamiento de permisos y la gran cantidad de instituciones involucradas dificulta la efectiva tramitología de parte de los productores, quienes tienen acceso limitado a herramientas digitales y asesoría legal. Los prolongados tiempos de trámite desmotivan al sector a continuar con dicha actividad. Asimismo, el aumento en requisitos ha hecho que los costos sean elevados.

La habilitación de una ventanilla única y el aumento en la cantidad de funcionarios que puedan apoyarles en la tramitología son claves para la reactivación económica de este sector. También se recomienda realizar un análisis de los trámites y la duración en la resolución de cada uno, de manera que se identifiquen los nudos críticos y se propongan soluciones para la agilización de estos.

En general, el sector de cultivo acuícola en el país requiere un mayor acompañamiento y apoyo en la generación de capacidades que les permita alinearse con los avances tecnológicos que ya se desarrollan en países de la región y a los cuales no se ha tenido acceso. Promover intercambio de experiencias con expertos en nuevas tecnologías, el acercamiento con inversionistas y el trabajo conjunto de las cooperativas en las cuales los productores son agremiados, es fundamental para el desarrollo de sistemas de cultivo eficientes y ambientalmente sostenibles.





*Camarones blancos cosechados, provenientes de estanques de cultivo (© Mati Nitibhon/Shutterstock)*

## 8. La maricultura sostenible: retos y oportunidades

La industria mundial de los productos del mar se encuentra en una encrucijada. A medida que la pesca se estanca en volumen, se queda cada vez más por debajo de la creciente demanda mundial de productos del mar, para lo cual se anticipa que para el año 2030 habrá un déficit entre 50 y 80 millones de toneladas de productos del mar (FAO, 2009). Es claro que esta brecha no se llenará con la pesca, sino con operaciones asociadas a la acuicultura, que ya suministran casi el 50 % de los productos del mar que se consumen en todo el mundo. En consecuencia, es imperativo diseñar prácticas acuícolas responsables que permitan mantener la integridad de los ecosistemas y, al mismo tiempo, garanticen la viabilidad de este sector y su papel clave en el suministro de alimentos (OECD/Thierry Chopin, 2010).

Debido al incremento en la producción y en el comercio de la acuicultura, han surgido preocupaciones en relación con los posibles impactos negativos sobre el ambiente, las comunidades y los consumidores. Diversos actores enumeran una serie de impactos ambientales, económicos y sociales que se han detectado con el uso de estos sistemas (Varela Mejías y Varela Moraga, 2019; Isla Molleda et al., 2020; OSPESCA, 2020). A

continuación, se detallan las mayores preocupaciones con respecto al impacto ambiental y riesgo ecológico asociadas a la maricultura, así como las oportunidades para mitigar dichos impactos.

## 8.1. Uso de harinas de pescado como alimento

La acuicultura ha generado la necesidad de suplir de alimentos balanceados a los animales cultivados, principalmente peces y camarones. Actualmente se usan harinas de pescado, cuya obtención a su vez depende mayoritariamente de la captura de animales silvestres. El uso de esta materia prima para la fabricación de los alimentos ha venido en aumento, pasando de un 10 % en 1980 hasta alcanzar el 46 % para el año 2006 (Varela Mejías y Varela Moraga, 2019). Algunas preocupaciones con relación al uso de peces como alimento son (FAO, 2013):

- Disminución de las poblaciones de peces silvestres que son utilizadas como alimento, a causa de una pesquería en reducción.
- Disminución de peces de bajo valor, generalmente accesibles a poblaciones vulnerables en mercados costeros, provocado por el uso de peces provenientes de la pesca incidental o del excedente de desembarques.
- Incremento en la presión pesquera por parte de aquellas pesquerías que reducen el valor de la pesca al procesar sus capturas en harina y aceite de pescado o que son objetivo directo de actividades no selectivas (p. ej. la pesca de arrastre).
- Reducción de las oportunidades de trabajo en la costa, en comparación a si los peces fueran destinados para el procesamiento y consumo directo de humanos.

Harina de pescado producida para alimentar peces e invertebrados bajo sistemas de acuicultura (@ Wirestock (Mikayel Khachatryan)/Depositphotos)



- Afectación de los ecosistemas marinos por la remoción de grandes cantidades de peces de forraje, causando un desbalance en la red trófica.

de que la finca no cuente con la información completa para realizar dicha valoración, se recomienda promover regulaciones para que el alimento incluya la información necesaria para realizarlo.

Según BAP (2021), como parte de la responsabilidad ambiental que tienen las fincas o las plantas de proceso de alimento, es necesario realizar un uso eficiente de la harina y aceite de pescado. La finca deberá calcular y registrar una relación FIFO (Pescado adentro, pescado afuera; por sus siglas en inglés) final, los cuales no deben de exceder los valores máximos establecidos . En el caso

Por su parte, FAO (2013) desarrolló orientaciones técnicas sobre el “Uso de peces silvestres como alimento en la acuicultura”, basadas en diez principios que abarcan cinco asuntos principales (Cuadro 11). Proveerse de alimentos que sigan estas orientaciones debe ser un requisito para la operación de granjas de maricultura.

**Cuadro 11.** Principios rectores para el uso de peces silvestres como alimento en acuicultura (Fuente: elaboración propia, a partir de información de FAO, 2013)

Tema	Principio
Consideraciones relacionadas con el manejo pesquero	Principio 1. La acuicultura debe utilizar recursos de pesquerías manejados responsablemente.
	Principio 2. Deben implementarse los marcos de manejo pesquero responsables en los sitios donde se colectan organismos silvestres para uso como alimento.
Impactos en el ecosistema y ambientales	Principio 3. Las operaciones de pesquería de reducción y las de peces alimento no deben impactar significativamente el ambiente o crear impactos negativos significativos a nivel ecosistémico, incluyendo los impactos sobre la biodiversidad.
Asuntos éticos y uso responsable	Principio 4. El uso de peces como alimento no debe impactar negativamente los medios de vida y comprometer la seguridad alimentaria de grupos vulnerables, especialmente de aquellos que dependen directamente del recurso.
	Principio 5. El uso de peces como alimento no debe ser controlado solo por el mercado.
	Principio 6. Formulación de políticas relacionadas al uso de peces como alimento no debe excluir a otros usuarios de este recurso primario.
Desarrollo y tecnología en acuicultura	Principio 7. Se debe alentar a que la acuicultura haga un movimiento progresivo para dejar de usar pescado fresco como materia prima o para alimentos balanceados/compuestos.
	Principio 8. El uso de peces como alimento no debe comprometer la seguridad alimentaria y la calidad de los productos de acuicultura.
	Principio 9. El uso de materias primas alternativas (tanto de origen animal y vegetal) no debe comprometer la seguridad alimentaria y la calidad de los productos de acuicultura.
Necesidades de estadística e información para el manejo	Principio 10. El manejo de las pesquerías de reducción y peces alimento o de aquellas con niveles altos de pesca incidental, la cual es directa o indirectamente utilizada como alimento para peces, requiere de información biológica, ecológica y ambiental sólida, así como información del suministro y de la cadena de valor, y de un proceso participativo en la toma de decisiones que incluya a todos los usuarios (operadores de la pesca, comerciantes, alimentos acuícolas y las asociaciones de productores de acuicultura).

4- FIFO para *Litopenaeus vannamei*-1.0, para especies no nombradas en BPA (2021) como el pargo mancha-4 o 5.

## 8.2. Especies introducidas o exóticas

Se deben de tomar en cuenta dos argumentos muy poderosos antes de decidirse a introducir una especie exótica de alto potencial biológico en una zona en donde se cuente con las condiciones favorables para su desarrollo. El primer argumento está relacionado con la evidencia de escapes de los organismos cultivados y la entrada en contacto con especies nativas.

El contacto de especies introducidas con especies nativas es un factor que puede afectar la estabilidad y permanencia de las poblaciones silvestre locales y sus ecosistemas (Cáceres Martínez y Vásquez Yeomans, 2014; MarViva, 2020). Considerando que hoy en día las especies cultivadas pueden haber estado sujetas a programas de selección genética o incluso tratarse de organismos transgénicos, existen recelos en cuanto al potencial de hibridación con poblaciones naturales de las mismas especies (Buschmann, 2001). Sin embargo, las manipulaciones que hasta ahora se manejan generan híbridos estériles.

El segundo argumento que juega en contra de la introducción de especies exóticas es la introducción de enfermedades, ya que las especies exóticas cultivadas pueden ser un reservorio de patógenos que afecten a otras especies silvestres (Buschmann, 2001). En ese sentido, la introducción de especies exóticas puede implicar la introducción de simbiosis, agentes causantes de enfermedades con la capacidad de transmitirlos a las especies nativas (Cáceres Martínez y Vásquez Yeomans, 2014). Para minimizar el riesgo de enfermedades, las especies deben pasar por un periodo de cuarentena, antes de ser cultivadas.

Con respecto al cultivo de especies exóticas, Fundación MarViva no recomienda el uso de especies introducidas al país en las operaciones de maricultura. Esto con la finalidad de evitar la afectación de la estabilidad y permanencia de las poblaciones silvestre locales y sus ecosistemas. Las fincas que logren un permiso gubernamental para cultivar especies exóticas deberían de contar, al menos, con estrictos planes y procedimientos que minimicen el riesgo de escapes de individuos al ambiente natural aledaño, lo cual debe ser certificado por la autoridad competente o por una certificación reconocida por el sector pesquero nacional o internacional (MarViva, 2020). Sobre el control de escapes, las mejores prácticas de la acuicultura indican que todos los sistemas de alojamiento, transporte y cultivo deben estar diseñados, operados y mantenidos para minimizar la liberación de animales acuáticos en cualquier etapa de su vida (BAP, 2021). Además, es un requisito la instalación de pantallas y redes de un tamaño para retener a los animales de granja más pequeños presentes en la granja, como barrera entre la unidad de cultivo y el medio ambiente.

También es importante minimizar la posibilidad de transfaunación, que ocurre al trasladar la especie cultivada junto con competidores, depredadores, parásitos y enfermedades entre una región y otra (p. ej. costa Caribe vs. costa Pacífica), lo que puede comprometer el desarrollo acuícola y pesquero en una región. Para esto es importante establecer un programa que regule el traslado o movimiento de material biológico entre diferentes zonas geográficas del país (Cáceres Martínez y Vásquez Yeomans, 2014).

### 8.3. Contaminación por enriquecimiento nutritivo y orgánico

Las actividades acuícolas provocan el vertido de productos metabólicos de desecho (heces, pseudoheces y excreciones) y piensos no consumidos en el medio marino, que se depositan en la columna de agua y el sedimento (Barg, 1994). Las heces y restos de alimento tienen mayores contenidos de carbono (C), nitrógeno (N) y fósforo (P) que los sedimentos naturales. Esto produce que los fondos, bajo los sistemas de cultivo, puedan tener muy alto contenido de materia orgánica y nutrientes (hipernutricación), seguido posiblemente de eutroficación (aumento de producción primaria) en la masa de agua (Barg, 1994; Cuéllar Anjel et al., 2010). La materia orgánica acumulada estimula la producción bacteriana, cambiando la composición química, la estructura y funciones de los sedimentos (Buschmann, 2001). Los cambios en la ecología del fitoplancton pueden provocar floraciones de algas perjudiciales para los organismos silvestres y de cultivo (Barg, 1994). El enriquecimiento orgánico del ecosistema bentónico puede tener como resultado el aumento de consumo de oxígeno por la deposición y formación de sedimentos anóxicos, y, en casos extremos, emanaciones de dióxido de carbono, metano y sulfuro de hidrógeno; aumento de la remineralización del nitrógeno orgánico y reducción en la biomasa de la macrofauna, abundancia y composición de especies (Barg, 1994).

La calidad de las aguas descargadas de los estanques, son reflejo de las prácticas de manejo del alimento, fertilizantes y otros insumos utilizados durante el cultivo. En consecuencia, como parte de las buenas prácticas, las fincas deben calcular los índices de carga ambiental para el nitrógeno y el fósforo totales, en función de los datos recopilados sobre el tipo de sistema de producción, la tasa de conversión alimenticia y el intercambio de agua (BPA, 2021).

Algunas de las técnicas de manejo de este impacto incluyen el reciclaje o recirculación de agua a través de un sistema de estanques, el cual permite que el agua se depure y pueda volver a ser usada. Esta práctica permite reducir efluentes de los estanques, disminuir la entrada de agua proveniente del estero, bajar el costo de combustibles y evita la pérdida de la productividad



natural de los estanques (Cuéllar Anjel et al., 2010; Barraza Guardado et al., 2014). Así mismo, el deterioro de la calidad de agua en los estanques de cultivo de camarón puede ser causado por la mala preparación de los estanques y reservorios, excesivas densidades de siembra, excesivas tasas de alimentación, uso desmedido de fertilizantes y/o bombeo de agua de mala calidad (Cuéllar Anjel et al., 2010). Por lo tanto, es indispensable mejorar las prácticas de manejo y así tener un impacto positivo en la calidad de agua de los estanques, que ayude a reducir las cargas de contaminantes al estuario.

## 8.4. Contaminación por uso de sustancias químicas

A la contaminación de materia orgánica, se suma una producida por los agentes químicos utilizados en las distintas prácticas de acuicultura. Entre las sustancias se incluyen elementos utilizados en la construcción, en la protección contra la corrosión y como sustancias antiincrustantes, así como otros que habitualmente se utilizan en las actividades de cultivo (anestésicos, hormonas, entre otros). También se cuentan algunos pigmentos incorporados al alimento, desinfectantes y diferentes productos utilizados para el control de enfermedades (biocidas, promotores para el control de predadores y otros) (Barg, 1994). Algunos de ellos se usan en cantidades extremadamente insignificantes, pero, en la gran mayoría de los casos, no se tiene información certera de sus posibles efectos sobre el medio ambiente. Estos químicos también producen residuos que permanecen en el ambiente y tienen diversos efectos sobre la biota (Buschmann, 2001).

Una acuicultura bien planificada incluirá medidas para la biodegradación de sus propios residuos. Así, los productos químicos elegidos para su empleo en las instalaciones de acuicultura deberán ser del tipo degradable y se deberán tomar medidas necesarias para evitar descargas de materiales

tóxicos, respetando los tiempos de retiro que debe darse antes de la descarga, para garantizar la degradación de la sustancia.

Con respecto al uso de cualquier tratamiento con agentes antimicrobianos, es preferible que se basen únicamente en recomendaciones y autorizaciones supervisadas por un especialista en salud de animales acuáticos o un veterinario calificado, y se usen solo para tratar enfermedades diagnosticadas, respaldadas por pruebas de sensibilidad a agentes antimicrobianos realizadas lo antes posible, de acuerdo con las instrucciones del producto, etiquetas y regulaciones nacionales (BPA, 2021).

Cuando se utilizan para la acuicultura extensiones abiertas de agua, como en el caso de los cultivos en jaula o cercas, se deberá dar la debida atención a sus posibles efectos sobre el flujo del agua, sedimentación, acumulación de residuos, etc., y se deberán tomar las medidas necesarias para prevenir el deterioro del ambiente (FAO, 1984).

Con respecto a la preparación de estanques y recambio de agua, se recomiendan las siguientes acciones (Cuéllar Anjel et al., 2010):

- El protocolo de producción de la granja debe definir un patrón efectivo de preparación de los estanques, incluyendo los canales reservorios y las áreas de sedimentación (cuando existan).
- Durante la producción, es necesario un plan de monitoreo de los parámetros físicos, químicos y biológicos del estanque, para mantener el control y tomar acciones oportunas dirigidas a contar con rangos aceptables de cada parámetro de calidad de agua tanto para la producción, como en los efluentes que se vierten a los estuarios.
- Si es posible, sólo agregar agua para reponer el nivel perdido por evaporación, infiltración o fugas. La decisión de realizar recambios de agua tiene que estar supeditada a un análisis de la situación que se esté dando en el estanque y sólo debe tomarse cuando no exista otra solución al problema.
- La utilización de insumos dirigidos a mejorar y mantener la calidad del agua, como para el cultivo, deben estar autorizados y ser usados con actitud responsable, de acuerdo con la necesidad técnicamente determinada y siguiendo las recomendaciones de las fichas técnicas del fabricante.
- Los productores durante episodios patológicos, se debe evitar la descarga de efluentes en el momento de su identificación, así como inmediatamente después de una aplicación de insumos destinados al control de dicho problema sanitario.
- No se debe realizar recambio de agua justo cuando se hacen aplicaciones de productos tendientes a mejorar la calidad del agua de los estanques.
- Debe ser evitado el uso innecesario del agua dulce como alternativa para bajar la salinidad en los estanques, pues se ha convertido en un recurso escaso para uso doméstico en muchas partes del mundo.

## 8.5. Desarrollo sostenible de la acuicultura en la región

La Estrategia Regional para el Crecimiento Azul en los países del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA) detalla una serie de retos estratégicos para el desarrollo sostenible de la acuicultura en la región (OSPESCA, 2020):

- 1. Gobernanza, disponibilidad y accesibilidad de datos:** La Política de Integración de Pesca y Acuicultura recoge la consolidación del Sistema Integrado de Registro Pesquero y Acuícola Centroamericano (SIRPAC), cuyo fin es el de mantener la información de productores y comercializadores del sector acuícola actualizados, incluyendo aquellos relacionados con los productos disponibles en los países miembros del SICA. Ello ayudará a posicionar la acuicultura de la región en mercados internacionales.
- 2. Mitigación y adaptación al cambio climático:** El cambio climático puede impactar directa e indirectamente a la acuicultura, a través de las pérdidas de producción y daños en infraestructuras provocadas por fenómenos extremos (inundaciones, aumento del riesgo de enfermedades, proliferación de algas nocivas, etc.), influyendo negativamente en la rentabilidad y sostenibilidad de las empresas. Las medidas de adaptación incluyen la reducción de riesgo, al incrementar la capacidad del sector para afrontar los peligros y reducir la exposición de los sitios (reubicación de cultivos). Estas deben incluir también a la cadena de valor (comercialización, auxiliares y, laboratorios, entre otros).
- 3. Fomento de la biotecnología y la innovación como elemento para la mejora de los productos y sistemas de cultivo:** La biotecnología puede ser el aliado que contribuya a la sostenibilidad del sector acuícola. Por ejemplo, en el ámbito de la elaboración de piensos y harinas, se están desarrollando líneas de investigación que buscan fuentes alternativas de proteínas a partir de algas que, incluso, pueden mejorarse a través de técnicas de biotecnología produciendo dietas más nutritivas, que mejoren el crecimiento y las propiedades organolépticas del producto final. Dichas dietas y alternativas de alimentos deben evaluarse según la especie que se esté cultivando.
- 4. Refuerzo y potenciación de la cadena de valor:** La acuicultura es mucho más que una actividad para el suministro de alimentos, ya que a su alrededor se generan una serie de servicios derivados y valor “no visible”, que constituye todo lo que necesitan las instalaciones para realizar su actividad (p. ej. mantenimiento, servicios de buceo, transporte, construcción naval, equipos, etc.). Todo ello promueve la creación de empleo y servicios especializados, que están dando lugar a nuevas empresas de salud, control medioambiental, genética, entre otros. Todos estos servicios agregados son los que constituyen la cadena de valor de la acuicultura. Reforzar dicha cadena precisa de la coordinación y colaboración intersectorial, el involucramiento de

diferentes actores a nivel regional para alentar la cooperación y el mayor aprovechamiento de las experiencias y lecciones aprendidas.

- 5. Refuerzo del papel de la mujer en la acuicultura:** El trabajo de las mujeres es fundamental para el mantenimiento, sostenibilidad y rentabilidad de la actividad acuícola. Para ello se deben reforzar las siguientes áreas: i) apoyar al emprendimiento femenino y la asociatividad productiva y comercial, ii) garantizar la participación de las mujeres en la toma de decisiones, iii) darle mayor visibilidad a su conocimiento en la acuicultura, a través de su vocería en campañas de sensibilización, iii) promover su incorporación laboral en el sector acuícola, con igualdad de oportunidades y una remuneración justa, iv) apoyar a las empresas lideradas por mujeres y v) fomentar la formación de

mujeres en los ámbitos de la empresa (p. ej. negociación).

**6. Profesionalización del sector y fomento al emprendimiento:** Para un óptimo desarrollo de la actividad acuícola a lo largo de su cadena de valor, es imprescindible disponer de personal con la cualificación adecuada a las demandas y necesidades del sector. Adicionalmente, el emprendimiento puede presentarse como una oportunidad de empleo en zonas costeras y del interior, como una vía de obtención de ingresos que supla la baja oferta de empleo en algunas zonas. El fomento de esta práctica deberá ir acompañado de formación y apoyo a las personas emprendedoras, la transferencia tecnológica, el fomento del enfoque ecosistémico de la acuicultura y el acceso a financiación y mercados.

**7. Certificación de la Maricultura:** Los consumidores y los mercados internacionales, cada vez más exigen productos acuícolas que cumplan parámetros de sostenibilidad y trazabilidad. La aplicación de la certificación en la acuicultura se ve ahora como una herramienta basada en el mercado y con un gran potencial para minimizar los virtuales impactos negativos, aumentar los

beneficios sociales y del consumidor, así como la confianza en el proceso productivo y de comercialización de la acuicultura. Así mismo, las certificaciones incluyen directrices que proveen orientación para el desarrollo, organización e implementación de sistemas confiables de certificación de la acuicultura (ver Recuadro 4).

Grupo de camarones blancos en etapa adulta (© Nirapai boonpheng/Shutterstock)



Recuadro 4

Pilares y actividades para certificar el uso de buenas prácticas en la acuicultura (Fuente: elaboración propia, a partir de información de BPA, 2021)

Pilar	Actividades
<b>Seguridad alimentaria</b> Las granjas deberán realizar una evaluación que identifique los posibles riesgos de contaminación del entorno circundante que puedan afectar la seguridad alimentaria de los productos de una granja acuícola, incluido el monitoreo de cualquier cambio en las prácticas de uso de la tierra de la cuenca a lo largo del tiempo. La granja deberá desarrollar un plan de manejo que describa los procedimientos para monitorear y controlar esos riesgos y proporcionar evidencia de que el plan es operativo y efectivo.	Gestión de productos químicos y medicamentos
	Saneamiento microbiano, higiene, cosecha y transporte
<b>Responsabilidad social</b> Las granjas deberán tener documentos vigentes y válidos para probar el uso legal de la tierra y en agua, de las licencias comerciales y de funcionamiento y para demostrar el cumplimiento de las reglamentaciones ambientales locales y nacionales. Las granjas deben de asegurar relaciones constructivas con la comunidad y contar con políticas y procedimientos no discriminatorios relacionados con la salud y seguridad de los trabajadores y el cumplimiento de los requisitos relacionados con estos (p. ej. salarios, beneficios, horas, prácticas de contratación, edad mínima, salud y protección), entre otros.	Derechos legales y cumplimiento normativo
	Relaciones con las comunitarias locales
	Derechos de los trabajadores y relaciones con los empleados
	Salarios y beneficios
	Horas laborales
	Trabajo forzoso, en régimen de servidumbre, tráfico y penitenciario
	Trabajo infantil y trabajadores jóvenes
	Contratación y condiciones de empleo
	Discriminación, disciplina, abuso y acoso
	Libertad de asociación y negociación colectiva
Salud y seguridad de los trabajadores	
<b>Responsabilidad ambiental</b> Se deben incluir cláusulas de auditoría específicas, a fin de gestionar los impactos ambientales identificados y considerados más importantes. Sin embargo, los impactos ambientales y su gestión variarán según el tipo de sistema de producción (p. ej. estanques, jaulas, sistemas de flujo continuo), la intensidad del sistema de producción y, en menor medida, de las especies cultivadas.	Gestión de efluentes: estanques, sistemas de flujo continuo no costeros y sistemas de acuicultura de recirculación
	Protección del hábitat y selección del sitio: estanques y todos los demás sistemas terrestres
	Monitoreo de sedimentos y calidad del agua
	Uso eficiente de harina y aceite de pescado
	Fuentes de almacenamiento y organismos genéticamente modificados
	Control de escapes
	Protección de la biodiversidad y la vida silvestre
	Almacenamiento y manejo de suministros agrícolas y residuos sólidos
<b>Salud y bienestar animal</b> La granja deberá contar con un plan o manual operativo de gestión de la salud animal, revisado y aprobado por un especialista en salud de los animales acuáticos.	Salud y bioseguridad
	Bienestar
<b>Trazabilidad</b> La finca deberá operar un sistema efectivo de recolección y mantenimiento de registros que proporcione información completa y precisa, realizado y supervisado por una persona capacitada o un equipo responsable.	Los archivos originales o los registros en papel se conservarán durante cinco años para permitir la verificación de los datos electrónicos.

# LITERATURA CITADA

- Aldecoa, J. (2018). Estrategias tecnológicas para mejorar el cultivo de camarón. Ciencia MX, Agencia Informativa Conacyt. Disponible en: <http://www.cienciamx.com/index.php/ciencia/mundo-vivo/20717-estrategias-tecnologicas-cultivo-camaron>
- Alfaro, J., Zúñiga, G. y Komen, J. (2004). Induction of ovarian maturation and spawning by combined treatment of serotonin and a dopamine antagonist, spiperone in *Litopenaeus stylirostris* and *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 236(1): 511-522. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.09.020>
- Álvarez, J., y Ross Salazar, E. (2010). *La pesca de arrastre en Costa Rica*. Fundación MarViva, San José, Costa Rica. 55 pp. Disponible en: [https://marviva.net/wp-content/uploads/2021/11/pesca\\_arrastre\\_cr.pdf](https://marviva.net/wp-content/uploads/2021/11/pesca_arrastre_cr.pdf)
- Arnold, S., Emerenciano, M.G.C., Cowley, J.A., Little, B., Rahman, A. y Perrin, T. (2020). Collaboration drives innovations in super-intensive indoor shrimp farming. *Responsible Seafood Advocate*. Disponible en: <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/collaboration-drives-innovations-in-super-intensive-indoor-shrimp-farming/>
- Arroyo Mora, D. y Marín Alpizar, B. (1998). Crecimiento de *Mytella guyanensis* (Bivalvia: Mytilidae) en balsas flotantes. San José, Costa Rica. *Revista Biología Tropical*, 46(1): 21–26. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/29630/29601>
- Asaduzzaman, M., Wahab, M.A., Verdegem, M.C.J., Huque, S., Salam, M.A., y Azim, M.E. (2008). C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. *Aquaculture*, 280(1-4): 117-123. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.04.019>
- Avnimelech, Y. (1999). Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176(3-4): 227-235. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00085-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00085-X)
- Avnimelech, Y. (2007). Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture*, 264(1-4): 140-147. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.11.025>
- Baltodano Díaz, H., Campos Jiménez, J., Díaz Madrigal, S. y Rojas Carvajal, M.J. (2019). *Las cadenas de valor y comercialización en Costa Rica. El caso de la intermediación comercial en las camaronerías orgánicas de Nandayure, Guanacaste*. Informe de seminario de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Comercio y Negocios Internacionales con énfasis en Mercado Internacional. Universidad Nacional de Costa Rica, Facultad de Ciencias Sociales, Escuela de Relaciones Internacionales, Heredia, Costa Rica. 108 pp. Disponible en: <https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/22754>
- BAP (2021). Aquaculture Facility Certification. BAP Farm Standard. Best Aquaculture Practices Certification Standards, Guidelines. Issue 3.0. 73 pp. Disponible en: <https://www.bapcertification.org/Downloadables/pdf/P1%20-%20Standard%20-%20Farm%20Standard%20-%20Issue%203.0%20-%2001-March-2021-GSA.pdf>
- Barg, U.C. (1994). Orientaciones para la promoción de la ordenación medioambiental del desarrollo de la acuicultura costera (basadas en un estudio selectivo de experiencias e ideas). FAO Documento Técnico de Pesca, N° 328. Roma, FAO. 138 pp. Disponible en: <https://www.fao.org/3/t0697s/T0697S00.HTM#toc>
- Barra, P. (2018). Industrias Martec: La empresa pesquera que es pionera en cultivar pargo rojo en Costa Rica. *Mundo acuícola*, 118: 28-31. Disponible en: [https://issuu.com/revistamundoacuicola/docs/edicion\\_118](https://issuu.com/revistamundoacuicola/docs/edicion_118)
- Barraza Guardado, R.H., Martínez Córdova, L.R., Enríquez Ocaña, L.F., Martínez Porchas, M., Miranda Baeza, A. y Porchas Cornejo, M.A. (2014). Efecto de efluentes de granjas camarónicas sobre parámetros de la calidad del agua y del sedimento frente a la costa de Sonora, México. *Ciencias Marinas*, 40(4): 221–235. Disponible en: <https://doi.org/10.7773/cm.v40i4.2424>
- Blanco Picado, P. (2008). Costa Rica con alto potencial para el cultivo de camarón orgánico. *Crisol*, 20: 16-18. Disponible en: [https://odi.ucr.ac.cr/medios/documentos/crisol/revista\\_crisol\\_20.pdf](https://odi.ucr.ac.cr/medios/documentos/crisol/revista_crisol_20.pdf)
- Bowdy, C.L., Andrew, A.J., Leffler, J.W. y Avnimelech Y. (2012). Biofloc-based Aquaculture Systems. En: J.H. Tidwell, Ed. *Aquaculture production systems*. John Wiley & Sons, Kentucky, Estados Unidos, pp. 278-307. Disponible en: <https://books.google.com.pa/books?id=h-k3QYl66ZMC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Brusca, R.C. y Brusca, G.J. (2005). *Invertebrados*. 2da edición. McGraw Hill / Interamericana de España, S. A. 1005 pp.
- Burford, M.A., Thompson, P.J., McIntosh, R.P., Bauman, R.H. y Pearson, D.C. (2004). The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. *Aquaculture*, 232(1-4): 525-537. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00541-6](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00541-6)
- Buschmann, A.H. (2001). Impacto ambiental de la acuicultura. *El estado de la investigación en Chile y el mundo: un análisis bibliográfico de los avances y restricciones para una producción sustentable en los sistemas acuáticos*. Terram Publicaciones. Santiago, Chile. 67 pp. Disponible en: <https://cetmar.org/DOCUMENTACION/dyp/ImpactoChileacuicultura.pdf>
- Cáceres Martínez, J., y Vásquez Yeomans, R. (2014). *Manual de buenas prácticas para el cultivo de moluscos bivalvos*. OIRSA-OSPESCA. 117 pp. Disponible en: [https://isamx.org/sitio/pdfs/Manual%20de\\_BPde\\_M\\_Version%20Digital\\_011014155613.pdf](https://isamx.org/sitio/pdfs/Manual%20de_BPde_M_Version%20Digital_011014155613.pdf)
- Castro Campos, M.V. y Jiménez Ramón, J.A., Eds. (2021). Atlas Marino-Costero del Golfo de Nicoya, Costa Rica. Fundación MarViva, San José. 313 pp. Disponible en: <https://www.marviva.net/sites/default/files/2021-12/Atlas%20Golfo%20Nicoya%20web.pdf>
- Chacón Guzmán, J., Carvajal Oses, M. y Herrera Ulloa, Á. (2021). Optimización del cultivo larvario para la producción de juveniles del pargo manchado *Lutjanus guttatus* en Costa Rica. *Uniciencia*, 35(2): e14104. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.15359/ru.35-2.2>

- Chacón Guzmán, J., Carvajal Oses, M., Herrera Ulloa, A. y Toledo Agüero, P. (2019). Growth and fillet yield in recirculation systems of *Lobotes pacificus* (Perciformes: Lobotidae), a species with aquaculture potential. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, 11(2): 129-143. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15359/revmar.11-2.7>
- Cohen, J.M., Samochoa, T.M., Fox, J.M., Gandy, R.L. y Lawrence, A.L. (2005). Characterization of water quality factors during intensive raceway production of juvenile *Litopenaeus vannamei* using limited discharge and biosecure management tools. *Aquacultural Engineering*, 32(3-4): 425-442. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.1016/j.aquaeng.2004.09.005>
- Crane, M. (2019). Acute hepatopancreatic necrosis disease. En: World Organisation for Animal Health Ed. *Manual of Diagnostic Tests for Aquatic Animals*. Pp. 1-12 (Capítulo 2.2.1). Disponible en: [https://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Health\\_standards/aahm/current/chapitre\\_ahpnd.pdf](https://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Health_standards/aahm/current/chapitre_ahpnd.pdf)
- Cruz, R.A. y Palacios, J.A. (1983). Biometría del molusco *Anadara tuberculosa* (Pelecypoda: Arcidae) en Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. *Revista Biología Tropical*, 31(2): 175-179. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/24931/25136>
- Cruz, R.A. y Villalobos, C.R. (1993a). Monthly changes in tissue weight and biochemical composition of the mussel *Mytella guyanensis* (Bivalvia: Mytilidae) in Costa Rica. *Revista Biología Tropical*, 41(1): 93-96. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/23312/23614>
- Cruz, R.A. y Villalobos, C.R. (1993b). Shell length at sexual maturity and spawning cycle of *Mytella guyanensis* (Bivalvia: Mytilidae) from Costa Rica. *Revista Biología Tropical*, 41(1): 89-92. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/23311/23613>
- Cuéllar Anjel, J., C. Lara, V. Morales, A. De Gracia y O. García Suárez. 2010. Manual de buenas prácticas de manejo para el cultivo del camarón blanco *Penaeus vannamei*. OIRSA-OSPEECA, C.A. 132 pp. Disponible en: <https://aquadocs.org/handle/1834/32462>
- da Silva, A. (2018). Tecnología *biofloc* y acuimimetismo como alternativas para una acuicultura sustentable. Panorama Acuícola. Disponible en: <https://panoramaacuicola.com/2018/01/04/tecnologia-biofloc-y-acuimimetismo-como-alternativas-para-una-acuicultura-sustentable/>
- Decreto Ejecutivo 36782/2011-MINAET-MAG-MOPT-TUR-SP-S-MTSS, del 24 de mayo, que reglamenta la Ley de Pesca y Acuicultura núm 8436. La Gaceta núm. 188, Alcance núm. 71, del 30 de septiembre de 2011. Disponible en: [https://www.imprentanacional.go.cr/pub/2011/09/30/ALCA71\\_30\\_09\\_2011.pdf](https://www.imprentanacional.go.cr/pub/2011/09/30/ALCA71_30_09_2011.pdf)
- Decreto Ejecutivo 42755/2020-MINAE, del 11 de diciembre, que decreta la guía general para la valoración de los impactos ambientales generados por la actividad de maricultura y formularios por categoría. La Gaceta núm. 36, del 22 de febrero de 2021. Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/cos201784.pdf>
- Decreto Ejecutivo 43333/2021-MINAE-MAG, del 18 de noviembre, que reglamenta el otorgamiento y regulación de permisos de uso nuevos y renovaciones para la acuicultura de camarón y producción de sal en áreas de manglar dentro del Patrimonio Natural del Estado. La Gaceta núm. 248, Alcance núm. 265, del 24 de diciembre de 2021. Disponible en: [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=96042&nValor3=128368&strTipM=TC](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=96042&nValor3=128368&strTipM=TC)
- Deepak, A.P., Vasava, R.J., Elchelwar, V.R., Tandel, D.H., Vadher, K.H., Shrivastava, V. y Prabhakar, P. (2020). Aquamimicry: New an innovative approach for sustainable development of aquaculture. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 8(2): 1029-1031. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/341399140>
- FAO (1984). ADCP/REP/83/20 - Planificación del Desarrollo de la Acuicultura. Programa de desarrollo y coordinación de la acuicultura. <https://www.fao.org/3/X5743S/x5743s0c.htm#10.2%20poluci%C3%B3n%20acu%C3%A1tica%20y%20otros%20cambios%20ambientales>
- FAO (2009). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2008. La sostenibilidad en acción. Roma. 176 pp. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i0250e/i0250e.pdf>
- FAO (2011). Directrices técnicas para la certificación en la acuicultura. Rome/Roma, FAO. 122 pp.
- FAO (2013). *Desarrollo de la acuicultura. 5. Uso de peces silvestres como alimento en acuicultura*. FAO Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable. No. 5, Supl. 5. Roma. 85 pp. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i1917s/i1917s.pdf>
- FAO (2014). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2014. Oportunidades y desafíos. Roma. 274 pp. Disponible en: <https://www.fao.org/documents/card/es/c/8af01c79-cb1f-42e5-ae4a-d8531cf12794/>
- FAO (2016). Análisis de la situación actual del sector acuícola en Costa Rica. San José, Costa Rica: FAO, 139 pp.
- FAO (2020). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción. Roma. 243 pp. Disponible en: <https://doi.org/10.4060/ca9229es>
- FAO (2022). *Penaeus vannamei*. Cultured Aquatic Species Information Programme. Texto de Briggs, M., División de Pesca y Acuicultura [en línea]. Roma. Disponible en: [http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Penaeus\\_vannamei/es](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Penaeus_vannamei/es)
- FAO (2022). The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>
- Gervais, N. y Zeigler, T. (2014). Hyper-intensive nursery systems offer advantages for shrimp culture. *Responsible Seafood Advocate*. Disponible en: <https://www.globalseafood.org/advocate/hyper-intensive-nursery-systems-offer-advantages-for-shrimp-culture/#:~:text=Intensive%20nurseries%20allow%20much%20more,each%20kilogram%20of%20shrimp%20produced>
- Herrera Ulloa, A., Toledo Agüero, P., Carvajal Oses, M. y Chacón-Guzmán, J. (2019). Crecimiento y rendimiento en filete de *Lobotes pacificus* (Perciformes: Lobotidae) en sistemas recirculados, una especie con potencial en acuicultura. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, 11(2): 119-133. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=633766166002>
- INCOPEECA. (2006). Memoria Institucional 2002-2006. Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura. Imprenta Nacional. San José, Costa Rica. 92 pp.



INCOPESCA (2022). Información producción nacional pesquera 2020. Departamento de información pesquera y acuícola. Disponible en: [http://www.incopescas.go.cr/acerca\\_incopescas/transparencia\\_institucional/datos\\_abiertos/estadisticas\\_pesqueras/informacion\\_produccion\\_nacional\\_pesquera\\_2020.xlsx](http://www.incopescas.go.cr/acerca_incopescas/transparencia_institucional/datos_abiertos/estadisticas_pesqueras/informacion_produccion_nacional_pesquera_2020.xlsx)

INCOPESCA y SEPSA (2019). Plan estratégico de la acuicultura en Costa Rica, 2019-2023. San José, Costa Rica. 77 pp. Disponible en: [http://www.infoagro.go.cr/documents/Plan\\_Estrategico\\_Acuicultura\\_Costa\\_Rica\\_2019-2023.pdf](http://www.infoagro.go.cr/documents/Plan_Estrategico_Acuicultura_Costa_Rica_2019-2023.pdf)

Isla Molleda, M, Loria Sunza, H.B. y Tello Cetina, J.A. (2020). Sistemas sostenibles de producción para el desarrollo del maricultivo con enfoque ecosistémico. La Acuicultura Multitrófica Integrada (AMTI). *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras* 37(1): 8-20. Disponible en: <https://aquadocs.org/handle/1834/41641>

Jiménez, M.T., Pastor, E., Grau, A., Alconchel, J.I., Sánchez, R. y Cárdenas, S. (2005). Revisión del cultivo de esciéndidos en el mundo, con especial atención a la corvina *Argyrosomus regius* (Asso, 1801). *Boletín Instituto Español de Oceanografía*, 21(1-4): 169-175. Disponible en: <http://www.repositorio.ieo.es/e-ieo/bitstream/handle/10508/1379/80-78-1-PB.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Ley 276/1942, del 26 de agosto, por medio de la cual se decreta la Ley de Aguas. La Gaceta núm. 190, del 28 de agosto de 1942. Disponible en: <https://da.go.cr/wp-content/uploads/2016/06/Ley-de-Aguas-N%C2%BA-276.pdf>

Ley 8436/2005, del 10 de febrero, por medio de la cual se decreta la Ley de Pesca y Acuicultura. La Gaceta núm. 78, del 25 de abril de 2005. Disponible en: <https://repositorio.uned.ac.cr/reuned/handle/120809/224?show=full>

Ley 8495/2006, del 6 de abril, por medio de la cual se decreta la Ley General del Servicio Nacional de Salud Animal. La Gaceta núm. 93, del 16 de mayo de 2006. Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/cos78033.pdf>

Ley 9814 (2020), del 18 de febrero, por medio de la cual se regula la producción sostenible de sal y camarón de cultivo en modalidad convencional y orgánica. La Gaceta 42, Alcance 34, del 3 de marzo de 2020. Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/cos200067.pdf>

Leyva Ordaz, G.A., Sáenz Gaxiola, L. y Guevara Escamilla, S. (2010). *Protocolo de prevención y contingencias para el cultivo de camarón en Baja California*. Comité Estatal de Sanidad Acuícola e Inocuidad de Baja California, México. 38 pp. Disponible en: [http://www.cesaibc.org/sitio/archivos/Protocolodecontingenciacamaron\\_200313153207.pdf](http://www.cesaibc.org/sitio/archivos/Protocolodecontingenciacamaron_200313153207.pdf)

Marín, B. y Vásquez, A.R. (2012). Estimación de la talla de primera madurez sexual criterio L50% (TPMS) de la corvina reina *Cynoscion albus* (Perciforme: Scianidae) bajo condiciones de sobreexplotación de su población en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. Documento Técnico N° 11 del Departamento de Investigación y Desarrollo del Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura. 15 pp. Disponible en: <https://documents.ec/document/estimacin-de-la-talla-de-primera-madurez-sexual-criterio-l50-tpm-de-2019-06-11.html?page=1>

MarViva. (2020). Guía de implementación del Estándar de Responsabilidad Ambiental para la Comercialización de Pescado. 87 pp.

Muñoz Chávez, A.G. y Narváez Castillo, G.L. (2018). *Estudio de factibilidad del cultivo hiperintensivo de camarón mediante sistema de biofloc en la provincia de El Oro*. Trabajo de titulación para obtener el grado de Ingeniero en Gestión Empresarial internacional. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. 153 pp. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/11562>

Naylor, R.L., Hardy, R.W., Buschmann, A.H., Bush, S.R., Cao, L., Klinger, D.H., Little, D.C., Lubchenco, J., Shumway, S.E. y Troell, M. (2021). A 20-year retrospective review of global aquaculture. *Nature*, 591: 551–563. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03308-6>

Nguyen, T.A.T, Nguyen, K.A.T. y Jolly, C. (2019). Is Super-Intensification the Solution to Shrimp Production and Export Sustainability?. *Sustainability*, 11(19): 5277. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su11195277>

Nunes, A.J.P., Guedes Coutinho, A., Camelo de Sena, D., Alves Rufino, L., Campos Oliveira Neto, S., Sabry Neto, H., Basilio dos Santos, I. Nepomuceno Soares, A. (2020). Cultivo de juveniles de camarones blancos del Pacífico en condiciones superintensivas. *Responsible Seafood Advocate*. Disponible en: <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/cultivo-de-juveniles-de-camarones-blanco-del-pacifico-en-condiciones-superintensivas/>

OECD/Thierry Chopin. (2010). "Integrated Multi-Trophic Aquaculture", in *Advancing the Aquaculture Agenda: Workshop Proceedings*, OECD Publishing, Paris. Disponible en: <https://doi.org/10.1787/9789264088726-15-en>.

OSPESCA (2017). Hoja de ruta para el cultivo de las especies de pargo, en el marco de las alianzas en los países del SICA (Propuesta). Taller Regional hacia el cultivo de pargos en los países del SICA, San José, Costa Rica. 28 pp. Disponible en: [https://www.sica.int/busqueda/busqueda\\_archivo.aspx?Archivo=odoc\\_107458\\_1\\_27042017.pdf](https://www.sica.int/busqueda/busqueda_archivo.aspx?Archivo=odoc_107458_1_27042017.pdf). Parajeles Mora, J.F., Peña Navarro, N., Solorzano Morales, A. y Dolz, G. (2021). Detección de IHNV en el cultivo de *Litopenaeus vannamei* en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 32(2): 587-598. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/43179/46510>

OSPESCA (2020). Estrategia Regional para el Crecimiento Azul en los países del SICA. 90 pp. Disponible en: [https://www.sica.int/documentos/estrategia-regional-para-el-crecimiento-azul-en-los-paises-del-sica\\_1\\_126695.html](https://www.sica.int/documentos/estrategia-regional-para-el-crecimiento-azul-en-los-paises-del-sica_1_126695.html)

Peña Navarro, N. y Chacón Guzmán, J. (2019). Acuicultura en Costa Rica. *World Aquaculture*, 23-28. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/339944348>

Peña Navarro, N. y Varela Mejías, A. (2016). Prevalencia de las principales enfermedades infecciosas en el camarón blanco *Penaeus vannamei* cultivado en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 51(3): 553–564. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572016000300007>

Peña Navarro, N., Castro Vásquez, R. y Dolz, G. (2020a). Virus del Síndrome de la mancha blanca y *Enterocytozoon hepatopenaei* en camarón de cultivo en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 31(2): 479-489. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/39627/42115>

- Peña Navarro, N., Castro Vásquez, R., Vargas Leitón, B. y Dolz, G. (2020b). Molecular detection of acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND) in *Penaeus vannamei* shrimps in Costa Rica. *Aquaculture*, 523(2020): 735190. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735190>
- PMP (2005). Maricultura en el Golfo de Nicoya (proyecto interinstitucional). Resumen de factibilidad económica y social. 10 pp. Disponible en: [http://parquemarino.com/wp-content/themes/yoo\\_micasa\\_wp/documents/marine\\_fish\\_production/Factibilidad%20cultivo%20pargo%20mancha%20abril%202005.pdf](http://parquemarino.com/wp-content/themes/yoo_micasa_wp/documents/marine_fish_production/Factibilidad%20cultivo%20pargo%20mancha%20abril%202005.pdf)
- PROCOMER (2021). Portal estadístico de comercio exterior. Disponible en: <http://sistemas.procomer.go.cr/estadisticas/inicio.aspx>
- Quesada Céspedes, R. (2018). *Identificación de los sitios óptimos para el cultivo de ostras en el golfo de Nicoya, Costa Rica, utilizando los sistemas de información geográfica como insumo para el ordenamiento espacial marino*. Tesis para optar al grado de Maestría en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección). Universidad Nacional de Costa Rica, Heredia, Costa Rica. 70 pp. Disponible en: <https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/14285>
- Quesada Céspedes, R., Arias Valverde, S., Pacheco Urpí, O., Zuñiga Calero, G., Pacheco Prieto, O., Vega Bolaños, H., Calvo Vargas, E. y Berrocal Artavia, K. (2019). Retos de la acuicultura marina litoral: Caso cultivo de ostras en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. En: Y. Morales-López, Ed. *Memorias del I Congreso Internacional de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional*, Costa Rica, 2019 (e212, pp. 1-9). Heredia: Universidad Nacional. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15359/cicen.1.70>
- Radulovich, R. (2006). Cultivando el mar. *Agronomía Costarricense*, 30(1): 115-132. Disponible en: [https://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v30n01\\_115.pdf](https://www.mag.go.cr/rev_agr/v30n01_115.pdf)
- Radulovich, R. (2008). Maricultura a mar abierto en Costa Rica. *Ambientico*, 179: 7–14. Disponible en: <https://www.ambientico.una.ac.cr/revista-ambientico/maricultura-a-mar-abierto-en-costa-rica/>
- República, 2020. Cultivo de camarón súperintensivo en Guatemala. Disponible en: <https://republica.gt/economia/2020-3-10-21-10-0-cultivo-de-camaron-super-intensivo-en-guatemala>
- Rocha, C.P., Cabral, H.N., Marques, J.C. y Gonçalves, A.M.M. (2022). A Global Overview of Aquaculture Food Production with a Focus on the Activity's Development in Transitional Systems—The Case Study of a South European Country (Portugal). *Journal of Marine Sciences and Engineering*, 10(3): 417. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/jmse10030417>
- Rojas Alfaro, R., Sancho Blanco, C. y Vega Corrales, L. (2017). Avances biotecnológicos sobre maricultura en Costa Rica. Una revisión de la investigación desarrollada por la Escuela de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional. *Uniciencia*, 31(2): 111-119. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15359/ru.31-2.8>
- SINAC. 2019. Estrategia Regional para el Manejo y Conservación de los Manglares en el Golfo de Nicoya-Costa Rica-2019-2030. San José-Costa Rica
- SENASA (2017). Buenas prácticas para establecimientos de producción primaria de acuicultura en camarón. Disponible en: <http://www.senasa.go.cr/informacion/manuales-de-buenas-practicas>
- SEPSA (2020). Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria. *Boletín Estadístico Agropecuario*, 30(2016-2019): 1-141. Disponible en: <http://www.infoagro.go.cr/BEA/BEA30.pdf>
- Serfling, S.A. (2006). Microbial flocs: Natural treatment method supports freshwater, marine species in recirculating systems. *Global Aquaculture Advocate*, 9(3): 34-36. Disponible en: <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/microbial-flocs-for-aquaculture/?headlessPrint=AAAAPIA9c8r7gs82oWZBA>
- Tabash Blanco, F.A. (2007). Explotación de la pesquería de arrastre de camarón durante el período 1991-1999 en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 55(1): 207-218. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/6072>
- Toledo, A., Castillo, N.M., Carrillo, O. y Arenal, A. (2018). Probióticos: una realidad en el cultivo de camarones. Artículo de revisión. *Revista de Producción Animal*, 30(2): 57-71. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-79202018000200009&lng=es&tng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202018000200009&lng=es&tng=es)
- Ureña Juárez, P. y Díaz Peralta, C. (2020). Cultivo en suspensión de *Mytella guyanensis* (Bivalvia: Mytilidae) en Isla Chira, Costa Rica: implicaciones ambientales y biológicas. *Repertorio Científico*, 23(2): 76-88. Disponible en: <https://doi.org/10.22458/rc.v23i2.3029>
- Valverde Moya, J.A. y Alfaro Montoya, J. (2013). La experiencia del cultivo comercial de camarones marinos en estanques de producción en Costa Rica. *Revista de Ciencias Marinas y Costeras*, 5: 87–105. Disponible en: <https://doi.org/10.15359/revmar.5.6>
- Varela Mejías, A. y Varela Moraga, T. (2019). La camaricultura como fuente sustentable de alimentos de origen animal. Logros, retos y oportunidades. *Ecología y Desarrollo Sostenible*, (1): 1-12. Disponible en: <https://revistas.ulatina.ac.cr/index.php/ecologia/article/view/306/349>
- Varela Mejías, A., Peña Navarro, N. y Aranguren Caro, L.F., (2017). Necrosis aguda del hepatopáncreas: una revisión de la enfermedad en *Penaeus vannamei*. *Agronomía Mesoamericana*, 28(3): 735–745. Disponible en: <https://doi.org/10.15517/ma.v28i3.27788>
- Verschuere, L., Rombaut, G., Sorgeloos, P. y Verstraete, W. (2000). Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 64(4): 655–671. Disponible en: <https://doi.org/10.1128/mbr.64.4.655-671.2000>
- Zeng, S., Khoruamkid, S., Kongpakdee, W., Wei, D., Yu, L., Wang, H., Deng, Z., Weng, S., Huang, Z., He, J. y Satapornvanit, K. (2020). Dissimilarity of microbial diversity of pond water, shrimp intestine and sediment in Aquamimicry system. *AMB Express*, 10(1): 1-11. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13568-020-01119-y>

## Anexo 1

Estado de la infraestructura en las fincas camaroneras entrevistadas													
Fincas	Profundidad promedio del estanque (cm)	Estado del Estanque*	Tipo de bomba	Estado bomba	Sistema de tratamiento de aguas	Compuertas	Estado Compuertas	Muros Perimetrales	Estado Muros	Reservorios	Estado Reservorios	Alreadores**	Estado Alreadores
La Reina	80	Bueno	Diesel	Buena	No	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno
Barranquilla	100	Bueno	Diesel	Buena	No	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno
Santa Marta/Santa Teresa	80	Bueno	Diesel	Buena	No	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno
San Pablo	80	Bueno	Diesel	Buena	No	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno
Tamarindo	80	Bueno	Diesel	Buena	No	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno
Jocote	100	Bueno	Diesel	Buena	No	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno
Crustamar	60	Bueno	Diesel	Buena	No	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno	No	No tiene
Cerro Mar	100	Bueno	Diesel	Buena	No	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno
Raizal	60	Bueno	Diesel	Buena	No	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno	No	No tiene
Los Chumis	80	Bueno	Diesel	Buena	No	Sí	Regular (necesitan reparación)	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Diesel
Salinas Lepanto	80	Regular (necesario aumentar la profundidad)	Eléctrica	Buena	No	Sí	Bueno	Sí	Regular (necesita levantarse)	Sí	Bueno	No	No tiene
Palito	90	Bueno	Eléctrica	Buena	No	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno	No	No tiene
Pochote	90	Bueno	Eléctrica	Buena	No	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno	No	No tiene
Pajua	90	Bueno	Eléctrica	Buena	No	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno	No	No tiene
Camaronera Copal	80	Bueno	Diesel	Buena	No	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno	No	No tiene
Camaronera Morales	80	Bueno	Diesel	Buena	No	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno	No	No tiene
Camaronera Chomes	80	Bueno	Diesel	Buena	No	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno	No	No tiene
Islamár	80	Bueno	Diesel	Regular	No	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno
Don Álvaro	80	Bueno	Eléctrica	Regular	No	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno
Jicaral	80	Bueno	Diesel	Regular	No	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno
Salinera Santa Juana 1	80	Regular (necesario aumentar la profundidad)	Diesel	Buenas	No	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno	No	No tiene
Salinera Santa Juana 2	80	Regular (necesario aumentar la profundidad)	Diesel	Buenas	No	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno	No	No tiene
Cocorocas	80	Regular (necesario aumentar la profundidad)	Diesel	Buenas	No	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno	No	No tiene
Camasol	100	Bueno	Diesel	Buenas	No	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno
Rancho Escondido	80	Bueno	Diesel	Buenas	No	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno	Sí	Bueno



Proceso de cosecha de camarones en estanque de cultivo (© Silvia Ramírez)



**NUESTRAS OFICINAS:**  
COSTA RICA +506 4052-2500  
PANAMÁ +507 317-4350  
COLOMBIA + 571 743-5207

**BÚSQUENOS TAMBIÉN EN:**



Para colaborar con nuestra gestión:  
[donaciones@marviva.net](mailto:donaciones@marviva.net)  
[www.marviva.net](http://www.marviva.net)