

Revista Ciencias del Mar, UAS

Enero - Marzo 2024

Núm. 2 Vol.1



U N I V E R S I D A D A U T Ó N O M A D E S I N A L O A



E-ISSN (en trámite)



Nota

Científica

El cultivo de camarón *Penaeus* spp. en México con diferente salinidad en el agua

The culture of shrimp *Penaeus* spp. in Mexico with different salinity in the water



1. Ricardo Urías-Sotomayor



0000-0002-7020-061X

Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Paseo Claussen S/N, Colonia Los Pinos, 82000, Mazatlán, Sinaloa, México.



2. José Adán Félix-Ortiz



0000-0001-9511-9108

Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Paseo Claussen S/N, Colonia Los Pinos, 82000, Mazatlán, Sinaloa, México.



3. Jorge Payán-Alejo



0000-0003-4636-0274

Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Paseo Claussen S/N, Colonia Los Pinos, 82000, Mazatlán, Sinaloa, México.



4. Baltazar Ramos-Torres

Programa de Doctorado. Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Paseo Claussen S/N, Colonia Los Pinos, 82000, Mazatlán, Sinaloa, México.

Autor de correspondencia: baltazar.ramos.facimar@uas.edu.mx



CREATIVE COMMONS



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el origina



El cultivo de camarón *Penaeus* spp. en México con diferente salinidad en el agua

The culture of shrimp *Penaeus* spp. in Mexico with different salinity in the water

► RESUMEN

Se hizo una revisión general sobre los aspectos más relevantes del cultivo de camarón blanco *Penaeus spp.* en México considerando a la salinidad del agua como la variable de referencia, en donde se incluyen los cultivos de agua dulce (0 - 1 unidades prácticas de salinidad, PSU, por sus siglas en inglés), agua salobre (> 1 - 30 PSU), agua salina (>30 - 38 PSU) y agua hipersalina (> 38 PSU) y su influencia en el desempeño del camarón *Penaeus spp.*

Palabras clave: Cultivo de camarón, *Penaeus spp.*, salinidad del agua, México.

► ABSTRACT

A general review was made of the most relevant aspects of white shrimp farming *Penaeus spp.* in Mexico considering water salinity as the reference variable, which includes freshwater crops (0 - 1 practical salinity units PSU), brackish water (> 1 - 30 PSU), saline water (> 30 - 38 PSU) and hypersaline water (> 38 PSU) and their influence on the performance of shrimp *Penaeus spp.*

Key words: Shrimp culture, *Penaeus spp.*, water salinity, Mexico



► INTRODUCCIÓN

A nivel global, la pesca y la acuicultura son actividades económicas de suma importancia, ya que generan alimentos, empleos y derrama económica. Durante el año 2020 ambas actividades aportaron conjuntamente 178 millones de toneladas de alimentos, de los cuales, el 49 % correspondieron a la acuicultura. Las especies que más se cultivaron fueron el camarón blanco del Pacífico *Penaeus vannamei* con 5.8 millones de toneladas, seguido por la carpa herbívora *Ctenopharyngodon idellus* con 5.7 millones de toneladas, los ostiones *Crassostrea* spp. con 5.5 millones de toneladas, la carpa plateada *Hypophthalmichthys molitrix* con 4.9 millones de toneladas y la tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* con 4.4 millones de toneladas (FAO, 2022).

En México, durante el 2021, se registró una producción pesquera y acuícola de 1.9 millones de toneladas, de las cuales, el 13 % correspondieron a la producción acuícola. El camarón blanco *P. vannamei* representó la principal especie cultivada con 182,110 t, seguida por la tilapia del Nilo *O. niloticus* con 45,064 t y el ostión *Crassostrea* spp. con 15,602 t (CONAPESCA, 2021). La camaronicultura en México se viene desarrollando de manera consolidada desde mediados de la década de los ochenta, principalmente en los estados del noroeste de México, siendo en la actualidad el camarón blanco *P. vannamei*, la especie que se cultiva comercialmente.

En México, el lugar donde se originaron los primeros ensayos en el cultivo de camarón ha sido una cuestión debatida por distintos autores. Arredondo y Figueroa (2002) sostienen que se realizaron a inicios de 1969, con camarón café *P. californiensis*, en instalaciones del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), Campus Guaymas, en el estado de Sonora.

Otros autores señalan que a principios de la década de los años 1970 se inició un esfuerzo compartido entre el Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora (CICTUS) y la Universidad de Arizona de EE.UU., con el apoyo de la empresa Coca



Cola, quienes desarrollaron un cultivo experimental de ciclo cerrado a nivel intensivo con camarón azul *P. stylirostris*, en un predio ubicado en las inmediaciones de Puerto Peñasco, Sonora, México, cuyas instalaciones construidas ex profeso, fueron reacondicionadas años más tarde (Morales, 1982; Rodríguez de la Cruz, 1988).

En 1972, se construyeron y operaron con fines experimentales, los primeros estanques rústicos a cielo abierto para el cultivo de camarón, donde se probaron diferentes densidades de siembra y salinidades, en una superficie estimada de 6 ha, cercana a la localidad denominada Ensenada de los Carros, ubicada en el sur de Sinaloa, México (Cabrera-Jiménez y García-Calderón, 1984).

Es importante mencionar que en México, desde mediados de la década de los años 1980 y hasta 1995, la totalidad de las granjas camaroneras comerciales dedicadas a la engorda, eran abastecidas de postlarvas de camarón capturadas en el medio silvestre, las cuales generalmente contenían una composición variable de camarón blanco *P. vannamei*, camarón azul *P. stylirostris* y camarón café *P. californiensis*, en donde una proporción aproximada de 85 % de camarón blanco, 10 % de camarón azul y 5 % de camarón café, proporcionaba excelentes resultados en el crecimiento de la biomasa cultivada (G. Izábal Zazueta com. pers.). Este escenario generó condiciones para que, a partir de 1995, algunos laboratorios de producción de postlarvas de camarón iniciaran sus operaciones con camarón blanco *P. vannamei* (Aragón-Noriega, Córdova-Murueta, Trías-Hernández y García-Juárez, 2000), quienes sirvieron de proveedores de dicho insumo biológico a las granjas camaroneras. Cabe precisar que los primeros reproductores empleados en los laboratorios de producción fueron recolectados en el medio marino, los cuales, han sido mejorados en su calidad y resistencia a través de procesos continuos de selección. Esta transición en la proveeduría de postlarvas de camarón del medio silvestre a las de laboratorios de producción, se llevó desde 1995 a 2004, ya que los laboratorios requirieron de tiempo para su consolidación, lo que les permite en la actualidad proveer la totalidad de las postlarvas que se siembran.



El cultivo de camarón blanco *P. vannamei* en México ha perdurado en forma preponderante desde los años ochenta hasta la fecha, considerando que la incidencia de la enfermedad viral denominada: “infección por el virus de la necrosis hipodérmica y hematopoyética” (IHHNV, por sus siglas en inglés) afectaron significativamente la supervivencia del camarón. A partir de 1995 se tuvieron afectaciones en los cultivos comerciales por la presencia de la enfermedad denominada “infección por el virus del síndrome de Taura” (TVS, por sus siglas en inglés), por lo que a partir de 1997 una empresa con inversión estadounidense ofreció al mercado, en forma simultánea a la producción de postlarvas de camarón blanco *P. vannamei*, postlarvas de camarón azul *P. stylirostris* denominadas “super shrimp”, las cuales solamente permanecieron en el mercado dos años (hasta 1999), que fue cuando se presentó, en la región del noroeste de México, la enfermedad denominada “infección por el virus del síndrome de las manchas blancas” (WSSV, por sus siglas en inglés), la cual afectó severamente a la industria camaronícola durante los años de 1999, 2000 y 2001, ocasionando elevadas mortalidades en los cultivos comerciales de camarón y, consiguientemente, la afectación de la salud financiera de un buen número productores y de empresas dedicadas a esta actividad, lo que provocó su retiro masivo de este negocio. Desde el año 2000 a la fecha, únicamente se producen larvas y postlarvas de camarón blanco *P. vannamei* a través de los laboratorios de producción que operan en la región.

En 2013 se tuvieron episodios severos de epizootias que afectaron sensiblemente a la industria del cultivo de camarón en el noroeste de México, ocasionados por el “síndrome de la mortalidad temprana del camarón” (EMS, por sus siglas en inglés), conocida también posteriormente como “síndrome de la necrosis aguda del hepatopáncreas del camarón” (AHPNS, por sus siglas en inglés) que es una enfermedad de origen bacteriano que ataca al sistema digestivo de los camarones y genera mortandades masivas durante los primeros 30 días del cultivo, con registros de afectaciones de hasta el total de la población en cultivo, en un período de hasta 5 días.

Por su parte, en 2022 operaron en la región del noroeste de México 39 laboratorios dedicados a la producción de postlarvas de camarón (ver figura 1), quienes en conjunto produjeron 17,641 millones de postlarvas para atender con suficiencia y oportunidad la demanda nacional de dicho insumo biológico (Comités de Sanidad Acuícolas de Baja California, Sinaloa, Sonora y Nayarit, 2022).

© Fotografía: Ricardo Urías Sotomayor



Figura 1. Módulo de crianza larval de laboratorio de producción de postlarvas de camarón, ubicado en el sur de Sinaloa.

En 2017, en México, después de haberse cumplido más de 30 años ininterrumpidos dedicados al cultivo comercial de camarón, se contaba con el registro de 1,368 unidades de producción acuícola, con una superficie abierta al cultivo de 77,837 ha, localizadas en 13 estados costeros, tanto del Pacífico como del golfo de México, de cuya superficie el 91.3 % correspondió a Sinaloa y Sonora (DOF, 2021). En ese año, se tuvo una producción registrada de camarón de cultivo de 150,000 t (CONAPESCA, 2017).

Actualmente en México, la camaronicultura representa una industria dinámica bien consolidada, caracterizada por ser fuente generadora de alimentos, empleos, derrama económica y divisas, lo cual beneficia social y económicamente a diferentes regiones del país.

El presente trabajo tiene como propósito, hacer una revisión de las diferentes fuentes de abastecimiento de agua a los sistemas de producción camaronícola dedicados a la engorda de camarón en México, considerando la salinidad del agua como el principal indicador y su relación con la producción de camarón por unidad de superficie, en cuyas fuentes se incluyen los cultivos con agua dulce, salobre, salina e hipersalina.

► DESARROLLO DEL TEMA

En este estudio, se considera a la salinidad como la variable de referencia que caracteriza a las diferentes fuentes de abastecimiento de agua en los sistemas de producción acuícola dedicados a la engorda de camarón *Penaeus* spp., cuyos tipos de cultivo se analizan por separado.

En este contexto, se reconoce que *P. vannamei* es un organismo eurihalino, ya que presenta tolerancia a un amplio intervalo de salinidad en el agua que va de 0.5 - 45 PSU (Godínez-Siordia, Chávez-Sánchez y Gómez-Jiménez, 2011), lo cual permite su desarrollo en estanques a diferentes densidades y salinidades, por lo que se considera factible su cultivo en sitios donde el agua suministrada contiene una baja salinidad (Roy, Davis, Saound y Henry, 2007; Esparza-Leal, Ponce-Palafox, Valenzuela, Arredondo y García-Ulloa, 2010). Otros autores sostienen que *P. vannamei* soporta un intervalo de salinidad en el agua de 1 - 50 PSU (Pante, 1990), mostrando un crecimiento óptimo en aguas con salinidades cercanas a 20 PSU (Li, Chen, Zeng, Chen, Yu, Lai y Qin, 2007).

Cultivos con agua dulce (0 - 1 PSU)

En el cultivo de camarón *Penaeus* spp. bajo condiciones de agua dulce se puede considerar una salinidad de hasta 1 PSU y una conductividad eléctrica del agua no mayor a 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y la conductividad del suelo



no debe exceder los 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en cualquier momento del año (Jory, 2017). Otros autores sostienen que la acuicultura en agua dulce se practica en ambientes dentro del continente y emplea agua dulce, cuya salinidad es menor de 0.5 PSU (Lujan-Monja y Caruajulca, 2020).

En México no tienen registros de cultivos de camarón *P. vannamei* con agua dulce, es decir, con salinidades en el agua < 1 PSU.

Cultivos con agua salobre ($> 1 - 30$ PSU)

El agua salobre se caracteriza por ser el resultado de la combinación de agua dulce y agua salina, que generalmente se presenta en las zonas costeras, cuya salinidad varía de 0.5 a 30 PSU. El agua salobre superficial generalmente se caracteriza por presentar una alta variabilidad de su salinidad, tanto en el espacio como en el tiempo (Lujan-Monja y Caruajulca, 2020). Otro autor señala que las aguas salobres que se emplean en el cultivo de camarón presentan una salinidad > 1 ó 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductancia específica (Jory, 2017).

En algunas regiones del país se cultiva camarón *P. vannamei* en salinidades de 2 a 18 PSU, mediante sistemas de producción similares a los empleados en aguas de mayor salinidad. Colima constituye, a nivel nacional, el estado líder en el cultivo de camarón blanco *P. vannamei* cultivado a baja salinidad, cuya agua que se emplea generalmente está enriquecida con carbonato de calcio (CaCO_3), la cual presenta una salinidad que varía de 2 a 18 PSU, misma que proviene de pozos profundos (100 m aproximadamente), con predominancia de cultivos a nivel intensivo (M. Ávila Tamayo, com. pers.). En Colima se opera una superficie de estanquería del orden de 300 ha, con una producción registrada en 2021 de 6,992 t (DOF, 2021), cuyo manejo acuícola en esta región afortunadamente se ha mantenido al margen de la interacción activa de enfermedades del camarón, consideradas de alto impacto, por las altas mortalidades que generan en los cultivos comerciales.

En un cultivo experimental de camarón blanco del Pacífico *P. vannamei* realizado en Sinaloa, en donde se emplearon contenedores con agua de baja salinidad ($1.2 \pm 0.5 \text{ L}^{-1}$) PSU y con diferente composición iónica, a través de cuatro tratamientos con tres repeticiones cada uno, al igual que



un contenedor con agua marina utilizada como tratamiento testigo ($T_M = 34 \pm 1.4 \text{ g L}^{-1}$) PSU. Los resultados del experimento revelaron que en los tratamientos con baja salinidad se presentaron bajos niveles de desempeño del camarón, en cuanto a crecimiento y supervivencia, y que, en los ambientes donde la relación iónica fue cercana a la del agua marina se registraron los mejores resultados de crecimiento y supervivencia del camarón, lo que sugiere que la presencia en el agua de iones de sodio (Na^+), potasio (K^+), magnesio (Mg^{2+}) y calcio (Ca^{2+}) influyeron significativamente en el crecimiento y la supervivencia de los organismos estudiados (Valenzuela-Madrigal, Valenzuela-Quiñónez, Esparza-Leal, Rodríguez-Quiroz y Aragón-Noriega, 2017).

Se hicieron estimaciones de crecimiento de *P. vannamei* cultivado en agua con salinidad de 2 PSU, en una granja comercial de camarón aledaña al río San Lorenzo, en Sinaloa, México, durante el periodo del 17 de julio al 24 de noviembre de 2002, en cuyo sistema de cultivo se operó con una densidad de siembra de 20 postlarvas por metro cuadrado. Al finalizar el ciclo de engorda, se encontró que el crecimiento promedio de los camarones cosechados fue de $131.5 \pm 4.5 \text{ mm}$ y $17.2 \pm 1.7 \text{ g}$, con un crecimiento promedio de 7 mm por semana y un peso promedio semanal de 0.9 g (Arzola-González, Flores-Campaña, Izábal-Ceja y Gutiérrez-Rubio, 2008).

En un cultivo experimental realizado en Sinaloa, sobre alimentación de camarón blanco *P. vannamei* bajo condiciones de cultivo, en el que se trató de mantener la salinidad en el agua de los estanques en 4.0 PSU y cuya variación de este indicador se debió a la pérdida de agua por filtración, con valores que variaron de $3.93 \pm 0.51 \text{ PSU}$ como mínimo y $4.04 \pm 0.52 \text{ PSU}$ como máximo, se encontró que, bajo estas condiciones, los indicadores físico-químicos de la calidad del agua y particularmente la salinidad no influyeron significativamente en el crecimiento y la supervivencia de los organismos, y por el contrario, la alimentación influyó de manera determinante en el crecimiento, ya que a los organismos a los que se les suministraron alimentos artificiales con bajas concentraciones de lípidos y alto contenido de proteínas, mostraron, hacia el final del ciclo de cultivo, un mejor desarrollo en peso y talla



corporal (Valenzuela-Quiñónez, Esparza-Leal, Nava-Pérez y Rodríguez-Quiroz, 2012).

Por su parte, en un estudio realizado en la región del sur del golfo de México se estimó el crecimiento y la supervivencia de postlarvas de 25 días (PL 25) de camarón rosado *Penaeus duorarum* con aguas subterráneas salinas. Durante el experimento, los camarones se aclimataron de 36 a 5 PSU, utilizando varios tiempos de aclimatación (38 a 45 h) con una tasa variable de reducción de la salinidad (9.9 a 1.4 % h⁻¹). Después de un día de aclimatación no se observaron diferencias ($P > 0.05$) en la supervivencia entre tratamientos (80.7 ± 3.5 %). Se seleccionó la tasa de reducción de salinidad de T1 (bajo tiempo de aclimatación) para aclimatar a las postlarvas (PL) para el experimento, debido a la alta tasa de supervivencia registrada después de la prueba de estrés de salinidad. Durante el experimento, los camarones confinados a una densidad de 80 PL por m² tuvieron la mayor tasa de crecimiento (20 mg por semana⁻¹) y tasa de supervivencia (79 %) en comparación con otras densidades (150 PL por m²; 250 PL por m²). Los resultados demostraron que *P. duorarum* (PL 25) puede aclimatarse exitosamente a condiciones de baja salinidad (5 PSU) con una alta supervivencia y una tasa de crecimiento aceptable en esta fase de desarrollo (45 días) (Gullian, Aramburu, Sanders y López, 2010).

En un cultivo a nivel experimental realizado en Sinaloa, sobre supervivencia de postlarvas de camarón blanco *P. vannamei*, en donde se trabajó con diferentes combinaciones de salinidad y temperatura en el agua, la supervivencia de postlarvas presentó una significancia entre los tratamientos de 5 PSU con 15 °C con las otras salinidades probadas. A temperaturas del agua de 30 y 35 °C entre las salinidades de 5 y 45 PSU no se encontraron diferencias significativas entre los porcentajes de supervivencia de postlarvas, no obstante, en salinidades de 45 PSU en comparación con 15, 25 y 35 PSU, la supervivencia no mostró diferencias significativas para las temperaturas ya referidas. Los resultados indicaron que a temperaturas de 20 y 25 °C con las combinaciones de las salinidades probadas, se alcanzaron las más altas supervivencias y condiciones de resistencia de las postlarvas, ante la exposición de las diferentes condiciones del agua ya citadas (Arzola-González, Piña-Valdez, Nieves-Soto y Medina, 2013).



Cultivos con agua salina (> 30 - 38 PSU)

La acuicultura en el ambiente marino se refiere particularmente a la reproducción, crianza y cosecha de plantas y animales, entre los que se encuentran los camarones, en aguas caracterizadas por presentar una salinidad de más de 30 PSU (Lujan-Monja y Caruajulca, 2020).

En este contexto, a principio de la década de los años 1990, la granja acuícola a cargo de la empresa del sector social denominada Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Ejidal “El Patague”, S. de R. L. de C.V. ubicada en El Dorado, Sinaloa, México que operaba en ese entonces 650 ha dedicadas al cultivo de camarón a nivel semi-intensivo en la fase de engorda, comenzó a presentar mortalidades masivas de camarón en los estanques de cultivo, debido a limitaciones que se presentaban con frecuencia, en cuanto a calidad y cantidad de agua, ya que la granja se abastecía únicamente de ramales estuarinos, localizados en la parte extrema sur del sistema lagunar estuarino Altata-Ensenada del Pabellón, lo que obligó a los productores a buscar alternativas para resolver dichas limitaciones.

Con base en una serie de estudios realizados en materia de ingeniería civil, se resolvió realizar la excavación de un canal de llamada principal con longitud estimada en 7.5 km, con sección trapezoidal de 30 m en base mayor o superficie, 20 m en la base menor o fondo y 3.5 m de profundidad, que comunicara agua marina proveniente de la playa de Ponce a los sistemas de estanquería rústica (ver figura 2). Para proteger del azolvamiento a la boca del canal en la playa, se construyeron dos escolleras sobre la línea de costa, cuya obra marítima requirió de la colocación de 90,000 t de rocas, las cuales fueron trasladadas desde su banco principal ubicado a 42 km de distancia. La obra civil en su conjunto se concluyó y se puso en operación en agosto de 1996 y tuvo una inversión estimada de 2 millones de dólares americanos, la cual fue cubierta en un inicio con la aportación de los socios y complementariamente con financiamiento bancario, el cual fue amortizado por la empresa promotora en los años subsecuentes, lo que les permitió desarrollar el cultivo de camarón en una superficie de estanquería que se extendió rápidamente de 650 ha a 950 ha, por contar

con un ambiente acuático con mejores condiciones de estabilidad, en cuanto a calidad y suficiencia de agua. La salinidad del agua en la fuente de abastecimiento generalmente alcanza 37 PSU, variando en los estanques a causa de la evaporación de cada sitio en particular, así como por la eventual influencia de otras fuentes de agua externas, como lluvias y afluentes de esteros, principalmente.

© Fotografía: Ricardo Urías Sotomayor



Figura 2. Canal de llamada de agua marina para uso acuícola con 7.5 km de longitud.

Estas escolleras constituyen la única obra de infraestructura hidráulica construida en Sinaloa con fines acuaculturales, lo que representa un proyecto único en su género en la región, que ha operado exitosamente desde su construcción realizada hace más de 25 años (ver figura 3).

© Fotografía: Ricardo Urías Sotomayor



Figura 3. Escolleras construidas en playa de Ponce, Sinaloa, para proteger la boca de un canal de llamada artificial para uso acuícola.

Por otra parte, en una instalación acuícola experimental localizada en el estado de Baja California Sur, México, se evaluó el crecimiento y la supervivencia del camarón café *P. californiensis* en la etapa larvaria, empleando diferentes salinidades del agua: 30, 33, 36 y 38 PSU, con una temperatura del agua de 25.0 ± 0.5 °C, en donde los resultados indicaron que no se encontraron diferencias con niveles de significancia en el crecimiento del camarón entre los tratamientos probados. Las supervivencias observadas en los tratamientos con salinidades en el agua de 30, 33 y 36 PSU mostraron similitud y la supervivencia más baja se registró en el tratamiento con 38 PSU. Asimismo, con respecto al tiempo requerido por los organismos para alcanzar las diferentes fases de desarrollo larvario, no se observaron diferencias significativas entre las diferentes salinidades contenidas en los tratamientos (Porchas-Cornejo, Martínez-Córdova, Naranjo-Páramo, Magallón-Barajas, Portillo-Clark y Unzueta-Bustamante, 2000).



Cultivos con agua hipersalina (> 38 PSU)

Algunos cultivos de camarón emplean agua hipersalina en su operación, entre los que se destacan los realizados en los municipios de Mazatlán, Rosario y Escuinapa, ubicados en el sur Sinaloa. En el caso de los dos primeros municipios, las principales fuentes de abastecimiento del agua de las granjas camaroneras se ubican en partes extremas del sistema lagunar Huizache-Caimanero y de la laguna de Aguaverde, donde la salinidad del agua se incrementa sensiblemente durante los meses de estiaje hasta llegar a alcanzar 50 PSU en los estanques y hasta 70 PSU en las fuentes de abastecimiento de profundidad somera (G. I. Rivera Parra, com. pers.).

En Baja California Sur se desarrolló, con fines de estudio, un cultivo intensivo del camarón blanco *P. vannamei* con alta salinidad y reposición mínima de agua, durante los ciclos primavera-verano y verano-otoño, con el fin de caracterizar el cultivo desde el punto de vista técnico, biológico y económico. La densidad de siembra para ambos ciclos en seis unidades experimentales fue de 120 PL por m². La salinidad durante el primer ciclo que duró 105 días se mantuvo entre 44 y 47 PSU, mientras que en el segundo ciclo que duró 92 días varió de 42 a 50 PSU. En las unidades experimentales, los valores promedio de peso final, rendimiento por ha y supervivencia en el ciclo primavera-verano fueron de 13.3 g, 13.5 t y 84.2 %, respectivamente, mientras que en el ciclo verano-otoño fueron de 18.6 g, 18.1 t por ha y 81.2 %, respectivamente (Moreno-Figueroa, 2017).

► DISCUSIÓN

La salinidad óptima para el cultivo del camarón blanco *P. vannamei* no ha sido bien determinada, pero, para el desempeño biológico de la especie, una salinidad entre 15 - 25 PSU es considerada ideal (Boyd, 1990). Según la Carta Nacional Acuícola, publicada por el Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura INAPESCA (hoy Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentables IMIPAS), el intervalo de salinidad para el desarrollo del camarón blanco bajo condiciones de cultivo es de 5 a 40 PSU (DOF, 2021).



P. vannamei exhibe un rápido crecimiento corporal en estanques de cultivo, con incrementos que van de 10 a 20 g en un período de 4 a 5 meses. Este crustáceo es considerado eurihalino, debido a que se puede vivir en ambientes acuáticos donde se presenta un amplio intervalo en la salinidad; no obstante, en ambientes con salinidades de 15 a 30 PSU el camarón blanco *P. vannamei* presenta un buen desempeño en cuanto a crecimiento (González-Becerril, 2001).

En México, dependiendo de la región geográfica y del sitio en particular donde se ubique el proyecto, las fuentes de abastecimiento de agua para uso acuícola pueden ser muy variables en cuanto a calidad, cantidad, accesibilidad y disponibilidad del vital líquido, ya que estas características constituyen un factor determinante en el éxito de este tipo de proyectos productivos.

Dado el conocimiento técnico-científico que se tenía al inicio de las operaciones comerciales de engorda de camarón, los acuicultores buscaron las tierras junto a los esteros o lagunas costeras como prioridad para construir los estanques. Sin embargo, debido a las condiciones financieras de los inversionistas se empezaron a explorar sitios considerados como poco susceptibles, como los mencionados al principio de este trabajo, en donde la fuente de abastecimiento de agua tenía una salinidad imperceptible (< 2 PSU). También se debe considerar que algunos sitios con acceso a esteros o lagunas costeras no tienen afluentes de agua dulce permanentes como ríos y, por tanto, la evaporación ocasiona que la salinidad en los estanques se incremente durante el periodo de engorda. Por esa razón se han presentado en este trabajo los cuatro principales intervalos de salinidad, que corresponden a fuentes de abastecimiento de agua para las instalaciones de cultivo que, a su vez, fueron motivo de la necesidad académica de realizar investigaciones sobre la capacidad de la especie *P. vannamei* para resistir las condiciones a distintas presiones por salinidad.



▶ CONCLUSIÓN

Se concluye que el cultivo de camarón *Penaeus* spp. en México continuará siendo técnica, financiera, ambiental y socialmente viable a diferentes salinidades y con diversas fuentes de abastecimiento de agua, por virtud de los atributos biológicos que presenta este recurso y su adaptabilidad a diferentes ambientes. La perspectiva es que se avizora un próspero futuro al cultivo de camarón en México y como sugerencia se propone la adaptación de los protocolos de cultivo en forma particular, según el sitio y condiciones de que disponga la empresa promovente del proyecto productivo.

▶ AGRADECIMIENTOS

El Autor de correspondencia agradece a la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Autónoma de Sinaloa (PROFAPI 2022, PRO_A7_074), y al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CVU 1202902) el apoyo institucional que se está brindado para la realización del Programa de Doctorado en Ciencias en Recursos Acuáticos.

▶ BIBLIOGRAFÍA

Aragón-Noriega, E.A., Córdova-Murueta, J.H., Trías-Hernández, H.L y García-Juárez, A.R. (2000). Efecto de la densidad de siembra y la estacionalidad en la producción de camarón azul *Litopenaeus stylirostris*. INP. SAGARPA. México. *Ciencia Pesquera* No. 14. .

Arredondo-Figueroa, J.L. (2002). El cultivo de camarón en México, actualidades y perspectivas. *Contactos* 43: 41-54. [Cam-Actualidades-en-el-cultivo-de-camarón.pdf \(cesasin.mx\)](#).

Arzola-González, J.F., Flores-Campaña, L.M., Izábal-Ceja, A. y Gutiérrez-Rubio, Y. (2008). Crecimiento de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en un estanque rústico a baja salinidad. *Revista AquaTIC*, No. 28, 8-15 pp. ISSN 1578-4541. <http://www.revistaaquatic.com/ojs/index.php/aquatic/article/view/194>.



Arzola-González, J., Piña-Valdez, P., Nieves-Soto, M. y Medina, J. (2013). Supervivencia de postlarvas de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* a diferentes salinidades y temperaturas. *Rev. MVZ Córdoba*. Vol.18. Supl. 1 Córdoba. [69329148004.pdf \(redalyc.org\)](https://doi.org/10.21860/revista.v18n1.69329148004).

Boyd, C.E. (1990). Water quality in ponds for Aquaculture. *Birmingham Publishing Co.* Birmingham, Alabama, USA. [Water Quality in Ponds for Aquaculture - Claude E. Boyd - Google Libros](#).

Cabrera-Jiménez, J.A. y García-Calderón, J.L. (1984). La acuicultura en México al término de 1982. Informes nacionales para el desarrollo de la acuicultura en América Latina. FAO. *Inf. Pesca*. (294) Supl. 1:138 pp. <https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/aquaculture/a0844t/docrep/005/AD020s/AD020s09.htm>

Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca CONAPESCA. (2017). Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2017. Mazatlán, México. 293 pp. <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>.

Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca CONAPESCA. (2021). Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2021. Mazatlán, México. 292 pp. <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>.

Comités de Sanidad Acuícola de Baja California, Sinaloa, Sonora y Nayarit. (2022). Producción de postlarvas de camarón en México durante 2022. En Revista Industria Acuícola. Edición 19.1. Noviembre de 2022. Pág. 48. ISSN: 2448-6205. https://issuu.com/industriaacuicola/docs/edicion_8.5.

Diario Oficial de la Federación DOF. (2021). Acuerdo mediante el cual se aprueba la actualización de la Carta Nacional Acuícola. Ciudad de México. 102 pp. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5615929&fecha=15/04/2021&print=true.

Esparza-Leal, H., Ponce-Palafox, J.T., Valenzuela, W., Arredondo, J.L. y García-Ulloa, M. (2010). Effects of density on growth and survival of juvenile Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*, reared in low-salinity well water. *Journal of the World Aquaculture Society*. 41: 648-654. DOI: [10.1111/j.1749-7345.2010.00406.x](https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2010.00406.x)

Godínez-Siordia, D.E., Chávez-Sánchez, M.C. y Gómez-Jiménez, S. (2011). Acuicultura epicontinental del camarón blanco del Pacífico, *Litopenaeus vannamei*



(Boone, 1931). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14: 55-62.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93915703004>.

González-Becerril, A. (2001). Modelación bioeconómica de un sistema de producción de camarón *Litopenaeus stylirostris* en Escuinapa, Sinaloa, México. Tesis de Doctorado en Ciencias. Universidad de Colima. Colima, México. 68 pp.

<https://inapesca.gob.mx/portal/Publicaciones/Tesis/2001-Gonzalez-Becerril-Biomodelacion-cultivo-de-camaron-Dr.pdf?download>.

Gullian, M., Aramburu, C., Sanders, B. y López, R. (2010). Viability of culturing pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum* in low-salinity groundwater from the Yucatán Peninsula (SE, México). *Aquaculture*. Volume 302, Issues 3-4, 23: 202-207. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.02.019>.

Jory, D.E. (2017). Crecimiento lejos de la costa: Examinando el cultivo de camarón tierra adentro. Global Aquaculture Alliance. 7 pp.

<https://www.aquaculturealliance.org/advocate/crecimiento-lejos-de-la-costa-examinando-el-cultivo-de-camaron-tierra-adentro/?headlessPrint=AAA>.

Li, E., Chen, L., Zeng, C., Chen, X., Yu, N., Lai, Q. y Qin, J.G. (2007). Growth, body composition, respiration and ambient ammonia nitrogen tolerance of the juvenile white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at different salinities. *Aquaculture*. 265 (1): 385-390. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.02.018>.

Lujan-Monja, M. y A. Caruajulca. (2020). Acuicultura: definición, historia, importancia y clasificación. <https://aquahoy.com/acuicultura-definicion-historia-importancia-clasificacion/>. DOI:

[10.1016/j.aquaculture.2007.02.018](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.02.018).

Morales, J.J. (1982). *El cultivo de camarón*. Revista Técnica Pesquera. 171: 14-16.

Moreno-Figueroa, L.D. 2017. Cultivo intensivo foto-heterotrófico del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* en alta salinidad con reposición mínima de agua. Tesis de Doctorado en Ciencias. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. La Paz, Baja California Sur, México. 88 pp.

<http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/2365>.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO.

(2022). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul*. Roma, 257 pp. <https://www.fao.org/3/ca9229es/ca9229es.pdf>.

<https://doi.org/10.4060/cc0461es>.

Pante, M.J.R. (1990). Influence of environmental stress on the heritability of molting frequency and growth rate of the penaeid shrimp, *Penaeus vannamei*. Thesis Ph. D.



University of Houston-Clear Lake. E.U.A. 95 pp. [Influence of Environmental Stress on the Heritability of Molting Frequency ... - Josefa R. Pante - Google Libros](#)

Porchas-Cornejo, M.A., Martínez-Córdova, L.R., Naranjo-Páramo, J., Magallón-Barajas, F., Portillo-Clark, G. y Unzueta-Bustamante, M.L. (2000). Efecto de la salinidad en la larvicultura de camarón café *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes, 1900) a bajas temperaturas. *Ciencias Marinas*. 3 (26): 503-510. ISSN 0185-3880. [Efecto de la salinidad en la larvicultura de camarón café "Farfantepenaeus californiensis" \(Holmes, 1900\) a bajas temperaturas - Dialnet \(unirioja.es\).](#)

Rodríguez de la Cruz, M.C. (1988). Manual de técnicas para la operación de granjas camaroneras. Secretaría de Pesca. México, D.F. 85 pp.

Roy, L., Davis, D.A., Saound, I.P. y Henry, R.P. (2007). Effects of varying levels of aqueous potassium and magnesium on survival, growth, and respiration of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity waters. *Aquaculture*. 262: 461-469. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.10.011>.

Valenzuela-Madrugal, I.E., Valenzuela-Quiñónez, W., Esparza-Leal, H.M., Rodríguez-Quiroz, G. y Aragón-Noriega, E.A. (2017). Effects of ionic composition on growth and survival of white shrimp *Litopenaeus vannamei* culture at low-salinity well water. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 1(52): 103-112. DOI 10.4067/S0718-19572017000100008. [Effects of ionic composition on growth and survival of white shrimp Litopenaeus vannamei culture at low-salinity well water - Dialnet \(unirioja.es\).](#)

Valenzuela-Quiñónez, H.M. Esparza-Leal, Nava-Pérez, E. y Rodríguez-Quiroz, G. (2012). El cultivo de camarón en agua de baja salinidad con alimento a base de harina de lombriz. *Ra Ximhai*. 67 (8): 131-136. ISSN: 1665-0441. [\(PDF\) El Cultivo De Camarón en Agua De Baja Salinidad | Eusebio Nava - Academia.edu.](#)