

Compuestos herbales: Una alternativa en el control de la enfermedad de la necrosis aguda del hepatopáncreas (AHPND)

Herbal compounds: An alternative in the control of
acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND)

Recursos Naturales y Sociedad, 2024. Vol. 10 (1): 33-52. <https://doi.org/10.18846/renaysoc.2024.10.10.01.0004>

Christian Minjarez-Osorio¹, Mónica Guadalupe Serna-Medina¹, Enrique de la Re-Vega¹, Ángel Martínez-Durazo¹,
Carolina Gallardo-Ybarra¹, Reina Castro-Longoria¹, José Manuel Grijalva-Chon¹

¹Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México.
Autor de Correspondencia: Christian Minjarez-Osorio, christian.minjarez@unison.mx



Resumen

La Enfermedad de la Necrosis Aguda del Hepatopáncreas (AHPND) es una de las enfermedades emergentes más críticas debido a las altas mortalidades que pueden presentarse en los cultivos comerciales de camarón, ocasionando con ello, pérdidas económicas significativas. Actualmente, se sabe que la enfermedad es causada por diversas especies patogénicas de *Vibrio*, las cuales contienen el plásmido AHPND con los genes toxigénicos *pirA* y *PirB*. Los antibióticos han sido utilizados como respuesta ante cualquier signo de enfermedad, sin embargo, su uso desmedido ha llevado a la aparición de cepas bacterianas resistentes por lo que su utilización no es muy recomendada. Las preparaciones a base de hierbas contienen compuestos activos potentes de efecto antioxidante, inmunoestimulante y principalmente, antimicrobiano. Es por lo anterior, que la presente revisión tiene por objetivo ofrecer un panorama actual de los compuestos herbales como una opción interesante y ecológicamente amigable en el control de infecciones bacterianas causadas específicamente por *Vibrio* spp. AHPND.

Palabras clave: *Vibrio*, Compuestos herbales, Enfermedad de la Necrosis Aguda del Hepatopáncreas (AHPND), Plásmido, Producción de camarón.

Abstract

The Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease (AHPND) is one of the most critical emerging shrimp disease due to the high mortalities that occurs in commercial shrimp farming, leading to a significant economic loss. Nowadays, it is known that AHPND may be caused by several pathogenic *Vibrio* species, carrying the AHPND plasmid with the toxigenic genes *pirA* and *pirB*.

Antibiotics have been the main response to any sign of disease, nevertheless, the misusing of these products has led to the emergence of resistant bacterial strains, whereby its use is no longer recommended. Herbal extracts contain powerful active chemicals compounds with antioxidant, immunostimulant and antimicrobial effects. Therefore, the main aim of this review is to offer a current overview of the herbal extracts as a promising and eco-friendly alternative to control bacterial infections caused specifically by *Vibrio* spp. AHPND.

Key words: *Vibrio*, Plasmid, Herbal extracts, Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease (AHPND), Shrimp production

Introducción

Es bien sabido que México presenta un gran potencial para ser un país líder en la producción acuícola, debido a sus recursos naturales, geográficos, sociales y

culturales. Prueba de ello, es que en el 2017, alcanzó su más alta producción histórica por acuicultura, la cual fue de 404,551t, siendo el cultivo de camarón blanco del Pacífico, *Penaeus vannamei*, una de las especies mayormente cultivadas con 270,000 t, representando el 67% de la producción total (Porchas-Cornejo *et al.* 2018).

En México, la camaronicultura comenzó gracias a un esfuerzo en conjunto de varias instituciones, entre ellas la Universidad de Sonora. Como resultado de este esfuerzo, se logró desarrollar el primer cultivo intensivo de camarón azul, *Penaeus stylirostris* en la desaparecida Unidad Experimental Peñasco, localizada en la ciudad de Puerto Peñasco, Sonora, México (Bartolini-Rosales y Torres-García, 2004).

Históricamente, la región noroeste de México ha sido la zona más productiva del país, siendo los estados de Sonora y Sinaloa donde

se ha concentrado la mayor parte de la producción acuícola. Específicamente en el estado de Sonora, se produjeron alrededor de 70 mil t de camarón en el 2020, superando en más de cinco mil toneladas la producción del año anterior, lo cual, ubicó al estado de Sonora como líder nacional en la producción camaronícola (COSAES, 2021).

El camarón blanco del Pacífico, *P. vannamei*, es cultivado principalmente en tres modelos acuícolas: extensivo, semi-intensivo e intensivo. La diferencia entre estos modelos está basado en el nivel de tecnificación utilizado, el cual incluye el control sobre las variables fisicoquímicas (temperatura, pH, salinidad, alcalinidad), tasa de recambio diario, inversión en la compra de alimento balanceado, control constante de la ración alimenticia, entre otras (Cortés *et al.* 2021). Generalmente, las granjas comienzan a operar en el mes de marzo y terminan la fase de engorda a finales de octubre o principios de noviembre, una vez que la temperatura del agua ha descendido. La alimentación se maneja en dosis diaria, la cual se ajusta de acuerdo con la biomasa del estanque. Los estanques por lo general, se siembran a razón de 20 ó 30 organismos por m² y son cosechados cuando alcanzan los 30 g, sin embargo, se pueden llevar a cabo pre cosechas con el fin de liberar espacio en el estanque, además con ello, se evita que el oxígeno descienda a valores críticos que puedan causar mortalidad.



Figura 1. Fases del cultivo de camarón blanco del Pacífico, *P. vannamei* en la región de Sonora.

Los criterios principales para determinar el tiempo de cosecha se basan principalmente en el cálculo de la producción, precio

en el mercado y costos de producción (Casillas-Hernández *et al.* 2006).

Habitat y ecología

El camarón blanco del Pacífico, *P. vannamei*, es una especie nativa de la costa oriental del Océano Pacífico, distribuyéndose desde el estado de Sonora en México, hasta las costas de Perú en Sudamérica (**Figura 2**), en donde las aguas superan los 20°C durante todo el año. Los ejemplares adultos viven y se reproducen en el mar abierto, mientras que las postlarvas migran a las costas donde continúan su desarrollo. Una vez que los organismos entran a la pre adultez, llevan a cabo una migración a los sistemas costeros en busca de refugio y alimento.



Figura 2. Distribución del camarón blanco del Pacífico, *P. vannamei*.

Adicionalmente, algunos reportes indican que los organismos maduran sexualmente a partir de los 20 g, lo cual se logra entre los seis y siete meses de vida (Briggs, 2009).

Ciclo de vida

Una vez que los organismos se encuentran sexualmente maduros, las hembras liberan sus huevos, los cuales son fecundados por los machos. Después de 16h aproximadamente, eclosionan las primeras larvas denominadas nauplios, caracterizadas por ser fototácticas positivas, es decir, son atraídas por la luz. Durante esta etapa, los nauplios no requieren de alimentación, ya que utilizan su vitelo como fuente de alimento. En las siguientes fases larvarias; protozoea, mysis y postlarva continúan siendo planctónicas durante un lapso de tiempo, es decir, se alimentan de fitoplancton y zooplancton, siendo transportadas hacia la costa por las corrientes

marinas (**Figura 3**). Ya durante la fase de postlarva, cambian sus hábitos planctónicos y comienzan a alimentarse de detritus, así como de pequeños bivalvos, poliquetos y crustáceos. Cabe señalar que, en cada una de las etapas anteriormente mencionadas, los organismos son susceptibles al ataque de patógenos (Briggs, 2009).

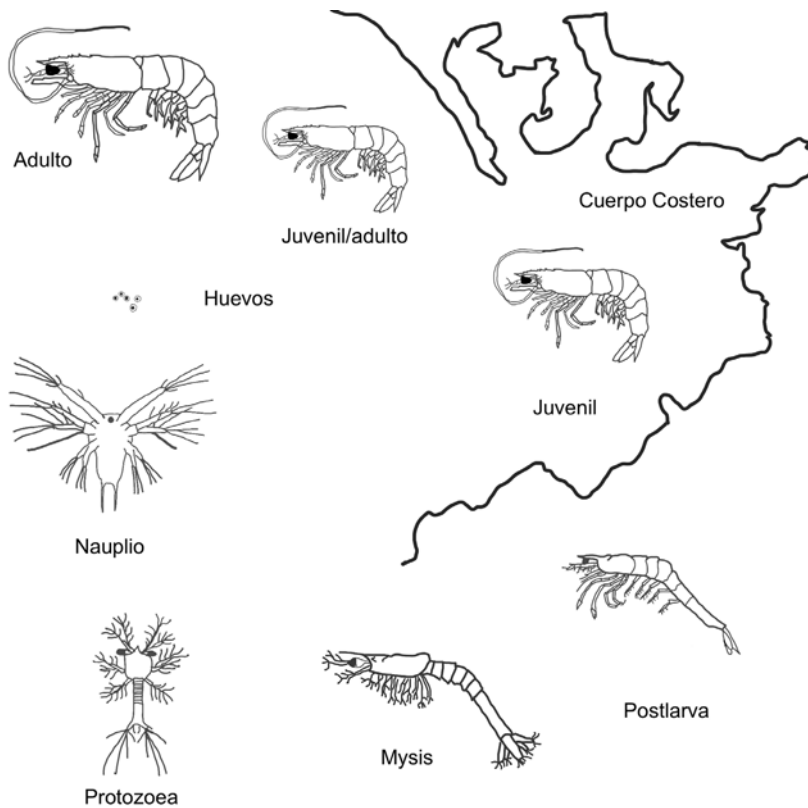


Figura 3. Ciclo de vida del camarón blanco del Pacífico, *P. vannamei*

Surgimiento de enfermedades

Las enfermedades causadas por virus, hongos, bacterias y protozoarios han afectado negativamente la producción acuícola de forma significativa.

Adicionalmente, la creciente demanda acuícola ha llevado a los productores a incrementar su producción, lo que su vez ha resultado en el surgimiento de enfermedades de una forma más frecuente. De forma general, en la camaronicultura, las enfermedades causadas por bacterias son comunmente asociadas

con la flora natural del agua marina, la cual se encuentra enriquecida con materia orgánica, permitiendo así la proliferación de diferentes especies bacterianas (Flegel, 2012).

Por otra parte, una de las enfermedades bacterianas de mayor prevalencia en el cultivo de camarón es la vibriosis, la cual se caracteriza por afectar a todos los crustáceos marinos, incluyendo a las especies de camarones cultivadas. Esta enfermedad es causada por un gran número de especies del género *Vibrio*, como *Vibrio harveyi*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio campbellii*, *Vibrio vulnificus*, *Vibrio anguillarum* y *Vibrio splendidus*, las cuales se han logrado aislar de organismos enfermos (Kumar y Roy, 2017; Chatterjee y Haldar, 2012). Cabe señalar, que la vibriosis ha sido una constante problemática para los productores de camarón, ya que desde hace tiempo se han reportado altas mortalidades en cultivos comerciales de camarón tigre,

Penaeus monodon, en la región del Indo-Pacífico, de camarón japonés, *Penaeus japonicus*, en la región de Japón y de camarón blanco del Pacífico, *P. vannamei*, en la región de Ecuador, Perú, Colombia y Centroamérica. Así mismo, algunos reportes indican que la vibriosis es responsable de ocasionar pérdidas económicas significativas, ya que se estima que aproximadamente el 20% del total de la producción de camarón se pierde por enfermedades bacterianas, donde predominan las especies del género *Vibrio* (Abdel-Latif *et al.* 2022; Flegel, 2012).

Signos clínicos de la vibriosis

Los camarones infectados por vibriosis pueden presentar diversos signos clínicos específicos, dependiendo de la especie de vibrio patógena de la que se trate. Sin embargo, algunos de los signos generales más comúnmente reportados son, opacidad muscular, tracto digestivo vacío, mortalidades espontáneas, hepatopáncreas de coloración

pálido con melanización o en casos severos atrofia, presencia de necrosis en la región del caparacho, así como en la región de los apéndices. Además, los organismos infectados también presentan un nado errático y comportamiento letárgico, así como anorexia y detrimento en su crecimiento (Abdul *et al.* 2019; López-León, 2016; Soto-Rodriguez *et al.* 2015; Yang *et al.* 2014; Chun-Hung *et al.* 2004; Song *et al.* 1993).

Enfermedad de la Necrosis Aguda del Hepatopáncreas

La Enfermedad de la Necrosis Aguda del Hepatopáncreas (AHPND por sus siglas en inglés), anteriormente conocida como Síndrome de la Muerte Temprana (EMS por sus siglas en Inglés) (Lightner *et al.* 2012) es una de las enfermedades emergentes más críticas en México y países Asiáticos (Shinn *et al.* 2018; Soto-Rodriguez *et al.* 2018), ya que anualmente se registran pérdidas que superan más de los 7 billones de dólares (Tang *et al.* 2020).

Esta enfermedad se reportó por primera vez en China en el 2009, ocasionando pérdidas económicas significativas en este país, así como en Vietnam (2010), Malasya (2011) y Tailandia (2012) (Muthukrishnan *et al.* 2019; Eshik *et al.* 2017; Leaño y Mohan, 2012). Posteriormente, la enfermedad se confirmó en Estados Unidos (Dhar *et al.* 2019) y Centro América (Costa Rica) (Peña-Navarro *et al.* 2020), mientras que en México, si bien es cierto que se tenían reportes de mortalidades masivas de origen “misterioso”, específicamente en etapas tempranas del cultivo, hasta el 2013, no existían reportes de la presencia de la enfermedad en el país (Sánchez-Paz *et al.* 2014), y no fue sino hasta un año después que Nunan *et al.* (2014) confirmaron por primera vez la presencia de la enfermedad en México.

El agente causante de la enfermedad, se identificó como una cepa patogénica de *V. parahaemolyticus* denominada VP AHPND (Tran *et al.* 2013). Adicionalmente, se determinó que la cepa presentaba un plásmido (AHPND) con dos genes toxigénicos

denominados PirA y PirB, los cuales codificaban para las toxinas causantes de la enfermedad (Lai *et al.* 2015; Sirikharin *et al.* 2015).

Sin embargo, recientes investigaciones indican que existen otras especies de *Vibrio* como, *V. harveyi* (Kondo *et al.* 2015), *Vibrio owensii* (Liu *et al.* 2018), *V. cambellii* (Dong *et al.* 2017) y *Vibrio punensis* (Restrepo *et al.* 2018) que también pueden contener el plásmido AHPND y por lo tanto, ser agentes causantes de la enfermedad.

Características de la enfermedad y mecanismo de infección

De acuerdo con algunos estudios, la enfermedad de la necrosis aguda del hepatopáncreas puede alcanzar mortalidades masivas que van desde el 90% hasta el 100% en cultivos comerciales de camarón, siendo más susceptibles los organismos en etapas tempranas de su ciclo de vida. Adicionalmente, se ha determinado que una densidad de bacterias de 10^{-4} UFC

mL^{-1} es suficiente para desarrollar la infección (Soto-Rodriguez *et al.* 2015). Generalmente, la mortalidad masiva a causa de la enfermedad se presenta entre los 10 y 30 días después de que los organismos han sido sembrados en los estanques (aunque se han reportado repuntes en la mortalidad después de 96 días de la siembra), o bien, a los pocos días después de presentarse los primeros signos de la enfermedad (de la Peña *et al.* 2015; Tran *et al.* 2013). Algunos de los signos clínicos visibles reportados en organismos infectados por AHPND incluyen, anorexia, retraso en el crecimiento, nado errático, hepatopáncreas atrofiado de coloración pálido-blanquecina, tracto digestivo vacío, cutícula blanda, apéndices rojizos, branquias dañadas y melanización en diferentes zonas de la cutícula (Soto-Rodriguez *et al.* 2015; Tran *et al.* 2013) (**Figura 4**).

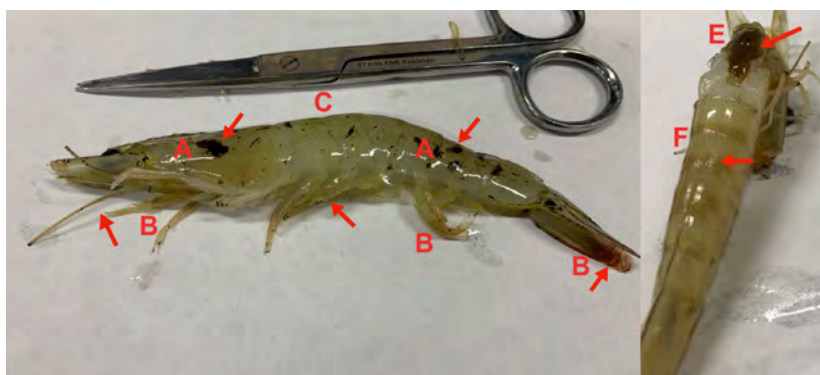


Figura 4. Observación en fresco de un organismo infectado con la Enfermedad de la Necrosis Aguda del Hepatopáncreas. A. Melanización B. Apéndices rojizos. C. Cuerpo flácido. D. Hepatopáncreas flácido con desprendimiento. E. Tracto digestivo vacío. Interpretación basada en Le Nguyen *et al.* (2023).

Adicionalmente, los organismos infectados presentan una serie de signos clínicos específicos que pueden ser observados mediante técnicas histopatológicas, como desprendimiento de las células epiteliales tubulares, infiltración hemocítica en la región del hepatopáncreas, necrosis del epitelio tubular, así como procesos inflamatorios y de melanización (Kumar *et al.* 2020; Soto-Rodriguez *et al.* 2015). La enfermedad presenta tres estadios diferentes de acuerdo al progreso de la infección (de Souza Valente y Wan, 2021):

La fase inicial: Las células epiteliales del hepatopáncreas presentan una alongación, así como una reducción de las vacuolas de las células R y B.

La fase aguda: Esta fase comprende la presencia de lesiones específicas como necrosis del epitelio tubular, desprendimiento progresivo y masivo de las células del epitelio tubular del hepatopáncreas.

La fase terminal: Durante esta fase, se observa la colonización del epitelio tubular del hepatopáncreas por bacterias oportunistas, además de presentar un proceso inflamatorio, necrosis en la totalidad del epitelio tubular del hepatopáncreas y melanización (Soto-Rodriguez *et al.* 2015)(Figura 5B).

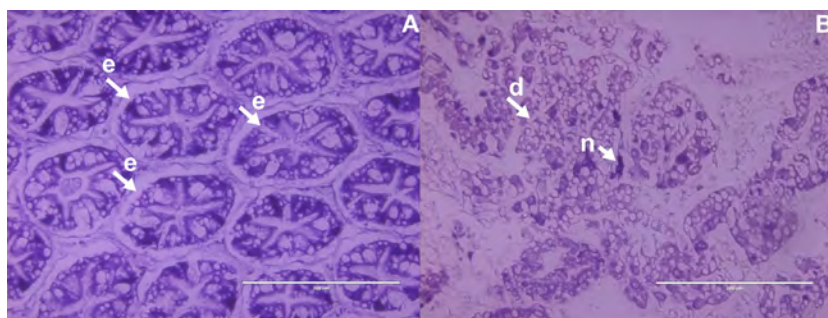


Figura 5A. Corte histológico (5 μ) de Hepatopáncreas de camarón sano visto a 20X: (e) estructura celular normal. **5B.** Corte histológico (5 μ) de Hepatopáncreas de camarón infectado con la Enfermedad de la Necrosis Aguda del Hepatopáncreas en fase terminal visto a 20X: (d) desorganización severa del tejido del hepatopáncreas debido al desprendimiento del epitelio tubular. (n). Necrosis. Interpretación basada en Soto-Rodriguez *et al.* (2015).

En cuanto al mecanismo de infección, una vez que *Vibrio* (AHPND) infecta a los organismos coloniza el estómago, lo cual ocurre aproximadamente 6h después de la infección (hdi).

Subsecuentemente, las bacterias migran hacia la región del hepatopáncreas en donde liberan sus toxinas, lo cual ocurre 12-hdi. Es importante señalar, que si bien el mecanismo de infección de *Vibrio* (AHPND) se encuentra descrito, la forma en que el mecanismo inmune del camarón interactúa con las toxinas aún no es del todo comprendido (Maralit *et al.* 2018; Lai *et al.* 2015). La transmisión de la enfermedad se lleva a cabo de

forma horizontal, a través de la ruta oral. Adicionalmente, la enfermedad AHPND también ha sido detectada en las heces de los organismos, sedimento, agua marina y biopelículas, los cuales actúan como importantes vectores de transmisión (Maralit *et al.* 2018; Han *et al.* 2017; Thitamadee *et al.* 2016).

Sistema inmune de los camarones

Los camarones, tal y como en el caso de otros invertebrados, carecen de un sistema inmune adaptativo y dependen solamente de su inmunidad innata, la cual le sirve para repeler y/o hacer frente a los diferentes tipos de patógenos (Yildirim-Aksoy *et al.* 2022).

Este tipo de inmunidad “innata” es un mecanismo de defensa que apareció y se desarrolló conjuntamente con la aparición de los primeros metazoarios y se encuentra dividido en dos tipos de respuesta: la respuesta humoral y la respuesta celular (Gross *et al.* 2001), los cuales

trabajan en conjunto para la detección y eliminación de posibles patógenos que puedan afectar al hospedero.

La respuesta celular es llevada a cabo por los hemocitos presentes en la hemolinfa y comprende diversos procesos como la formación de nódulos, fagocitosis, encapsulación de patógenos y coagulación, mientras que la respuesta humoral comprende tanto el reconocimiento del patógeno, como la activación y liberación de proteínas anticoagulantes, péptidos antimicrobianos, aglutinantes, enzimas fenoloxidasas e inhibidores de la proteasa contenidos en los hemocitos. Es importante señalar que la línea que divide ambos tipos de respuestas inmunológicas, tanto la celular como la humoral, se considera un tanto subjetiva, ya que los hemocitos producen muchos de los compuestos que conforman la respuesta inmunológica humoral y a su vez, muchas de las moléculas que conforman la respuesta inmunológica

humoral actúan como importantes reguladores del mecanismo inmunológico celular (Van De Braak *et al.* 2002; Johansson *et al.* 2000; Battistella *et al.* 1996; Hernandez-López *et al.* 1996).

Control de enfermedades en el cultivo de camarón

Antibióticos

La utilización de los antibióticos ha sido y sigue siendo la primera medida tomada por los productores para controlar las enfermedades bacterianas en el cultivo de camarón (Lulijwa *et al.* 2020). De acuerdo con Defoirdt (2023), se estima que del 2008 al 2018, los países con mayor producción camaronícola utilizaron más de 67 antibióticos diferentes para intentar controlar las enfermedades bacterianas en los cultivos comerciales.

Actualmente, la utilización de los antibióticos en la acuicultura varía dependiendo del país. Sin embargo, su uso ha disminuído drásticamente debido a que la aplicación de antibióticos para tratar enfermedades ha sido prohibida por el potencial efecto adverso en el ser humano y en los ecosistemas (Loo *et al.* 2020). No obstante, la utilización excesiva y descontrolada de antibióticos con el fin de tratar las infecciones bacterianas en el pasado, ha ocasionando la aparición de cepas bacterianas resistentes, las cuales han escapado al medio ambiente (Limbu *et al.* 2018). En este sentido, algunos autores han reportado un incremento en la resistencia a los antibióticos por parte de diferentes cepas de *Vibrio* extraídas del medio ambiente, específicamente a la estreptomina, eritromicina y cotrimoxazol como fue reportado en una cepa de *V. harveyi* extraída de larvarios de camarón, después de provocar mortalidades masivas (Karunasagar *et al.* 1994). Es por lo anterior principalmente, que resulta necesario investigar alternativas para el control de patógenos que sean amigables con el medio ambiente, con el fin de asegurar el desarrollo sustentable de la acuicultura. Actualmente, una de las alternativas más

interesantes y que además resulta una opción ecológicamente amigable con el medio ambiente es la utilización de compuestos herbales.

Compuestos herbales

Las plantas son almacenes naturales de compuestos activos potentes de efecto antioxidante y antimicrobiano. Algunas investigaciones han demostrado que los productos elaborados a base de plantas promueven varias actividades importantes en los organismos en cultivo, como la disminución de las condiciones de estrés, aumento del apetito, además de que este tipo de productos presentan un efecto inmunoestimulante, bajo precio en el mercado y gran disponibilidad. Lo anterior, refuerza el uso de las plantas medicinales como alternativas prometedoras en el control de enfermedades. Adicionalmente, con la utilización de este tipo de compuestos naturales, se podrían mitigar muchos de los efectos colaterales que se presentan por el uso excesivo de antibióticos sintéticos. Además, el costo de utilizar los compuestos a base de plantas es significativamente menor y su precisión puede llegar a ser más efectiva que la mayoría de los compuestos sintéticos (Citarasu *et al.* 2022).

Algunas de las especies de plantas medicinales evaluadas con el fin de incrementar la resistencia de *P. vannamei* ante *Vibrio* spp. AHPND se encuentran, *Scutellaria baicalensis* (Maurus *et al.* 2023), *Sanguisorba officinalis* L., (Zhang *et al.* 2021), mezclas de hierbas medicinales chinas (rizoma de *Rheum officinale*, *Scutellariae Radix*, *Cortex Phellodendri*, *Folium isatidis*) (Zhai y Li, 2019), *Pandanus tectorius* (Anirudhan *et al.* 2021, 2023), *Psidium guajava* (Dewi *et al.* 2021), entre otras.

Las plantas medicinales pueden ser utilizadas en su forma completa, por partes (hojas, raíces o semillas) o bien, como extracto. Estos compuestos, pueden ser adicionados en solución acuosa, como aditivo en el alimento, en combinación

con prebióticos u otros inmunoestimulantes (**Figura 6**) (AftabUddin *et al.* 2017). Algunos estudios proponen que, gracias a los compuestos activos como alcaloides, taninos, terpenoides, glucósidos, saponinas, fenoles y ácidos grasos esenciales presentes en los extractos herbales (Citarasu, 2010), se estimula la capacidad inmunitaria del camarón y se promueve el aumento de la actividad antibacteriana para hacer frente de una forma más eficiente a agentes patógenos, incluyendo a las especies de *Vibrio* causantes de la enfermedad AHPND.

En la actualidad, se han llevado a cabo algunos estudios bajo condiciones de laboratorio, donde se ha logrado comprobar la efectividad de la utilización de hierbas medicinales contra diversas especies patógenas de *Vibrio* causantes de la enfermedad AHPND, ya sea incrementando la resistencia de los organismos, mejorando la respuesta inmune o

inclusive, aumentando la supervivencia de los organismos infectados.

En uno de los estudios más recientes, (Maurus *et al.* 2023) determinaron que el extracto de la planta *S. baicalensis* al 1%, mejora la resistencia de *P. vannamei* contra *V. parahaemolyticus* AHPND, después de un periodo de alimentación de cuatro semanas. Adicionalmente, Zhai y Li (2019) llevaron a cabo un experimento donde combinaron el antibiótico enrofloxacin con



Figura 6. Ejemplificación de un extracto herbal adicionado al alimento de camarón.

una mezcla de hierbas medicinales chinas, con el fin de evaluar el efecto en *P. vannamei* expuesto a *V. parahaemolyticus* AHPND.

Los resultados indicaron que los organismos en donde se utilizó la mezcla de hierbas medicinales chinas en combinación con enrofloxacin presentaron una mejor resistencia inmunitaria ante *V. parahaemolyticus* AHPND, en comparación con los tratamientos donde se evaluaron ambos compuestos por separado, mientras que, Zhang *et al.* (2021) determinaron que el extracto elaborado con etanol de la planta *S. officinalis* L. podría utilizarse como un agente potencialmente efectivo tanto para prevenir como para controlar la enfermedad AHPND causada por *V. parahaemolyticus*. Adicionalmente, se ha observado que el extracto de la hoja de guayaba (*P. guajava*) es capaz de mejorar la respuesta inmune, el crecimiento y la resistencia de *P. vannamei* contra la infección causada por *V. parahaemolyticus* (Dewi *et al.* 2021). Es por lo anterior que, el empleo de compuestos herbales como inmunoestimulantes luce como una opción

interesante en la industria camaronícola debido a los resultados promisorios que se han obtenido. Sin embargo, es importante señalar que el método de extracción de los compuestos herbales, el tiempo de exposición y las dosis utilizadas, pueden influir directamente en los resultados obtenidos. Es por ello, que se necesita de más estudios en este campo, con el fin de lograr un mejor entendimiento del funcionamiento de este tipo de compuestos y con ello, aumentar la efectividad en su utilización.

Discusión

El uso indiscriminado de los antibióticos como tratamiento profiláctico ha conducido a la aparición de cepas bacterianas resistentes lo que a su vez, ha conllevado a la necesidad de cambiar constantemente de antibiótico para tratar de reducir a como de lugar la mortalidad presentada en los cultivos comerciales.

Resulta importante discutir,

el hecho de que existe evidencia de que algunos de los antibióticos sintéticos pueden provocar reacciones de sensibilidad y/o efectos secundarios indeseables en los organismos cultivados (Limbu *et al.* 2018), además de que algunos de ellos, pueden ser almacenados en diversos tejidos, lo cual ha conducido al rechazo generalizado del producto por parte del mercado, principalmente durante el proceso de exportación.

Por otra parte, estudios recientes donde se ha evaluado el efecto antimicrobiano de algunos extractos herbales provenientes de diferentes especies de plantas medicinales, en camarones infectados con cepas patógenas de *V. parahaemolyticus* AHPND, han mostrado resultados positivos al lograr controlar la enfermedad e inclusive aumentar la tasa de supervivencia de los organismos infectados (Anirudhan *et al.* 2023).

Adicionalmente, es importante considerar que la concentración del extracto herbal utilizado, así como el tiempo de exposición que presenten los organismos a estos compuestos, podrían afectar positiva o negativamente su efectividad.

Aunque se ha demostrado la efectividad de los compuestos herbales como agentes antimicrobianos, específicamente en cepas patógenas de *V. parahaemolyticus* AHPND, aún se desconoce cómo los diferentes compuestos activos presentes en los compuestos herbales interactúan con el mecanismo de defensa del camarón. Lo anterior resulta de suma importancia, ya que con la identificación de este tipo de compuestos, además de facilitar el proceso de su extracción, también se podrían identificar las dosis adecuadas para el control y tratamiento de patógenos, lo cual reduciría los costos de su utilización a escala comercial (Reverter *et al.* 2014).

Consideraciones finales y perspectivas

La enfermedad de la necrosis aguda del hepatopáncreas (AHPND) es una de las enfermedades emergentes más críticas en México y en diversos países asiáticos, ya que ha ocasionado pérdidas económicas significativas en la camaronicultura (Shinn *et al.* 2018), las cuales se han estimado en 44 billones USD en diversos países de América y Asia (Tang y Bondad-Reantaso, 2019). Cabe señalar que, gracias a la implementación de buenas prácticas de sanidad acuícola, se ha logrado controlar a la enfermedad (Aranguren *et al.* 2020). Sin embargo, en la actualidad, aún se siguen presentando mortalidades significativas a causa de cepas patógenas de *Vibrio* spp. AHPND, tanto en los larvarios como en los cultivos comerciales de camarón, lo cual, ha obligado a los productores a utilizar antibióticos sintéticos para tratar de controlar la infección.

A escala global, se ha logrado entender el efecto nocivo que se puede presentar al utilizar antibióticos sintéticos en

la acuicultura, por lo que los compuestos naturales lucen como una opción prometedora para ser usados como agentes antimicrobianos, principalmente para combatir los efectos provocados por *Vibrio* spp. AHPND.

Partiendo del conocimiento ancestral que la humanidad tiene sobre el uso y aprovechamiento de las plantas medicinales, la utilización de los tratamientos herbolarios ha ganado popularidad en la acuicultura, siendo evaluados tanto para prevenir como para tratar enfermedades. Es por lo anterior, que es posible que su entendimiento y propiedades puedan ser dominadas con el tiempo, surgiendo así, un nuevo campo de investigación (Chanu *et al.* 2012).

En la actualidad, se han llevado a cabo estudios donde se han evaluado diferentes compuestos herbales provenientes de algunas especies de plantas medicinales, las cuales han sido utilizadas tanto de forma individual como en combinación bajo condiciones controladas de laboratorio, obteniéndose en su gran mayoría resultados promisorios. Sin embargo, resulta necesario evaluar este tipo de compuestos herbales en estanques de camarón bajo condiciones de cultivo semi comercial y comercial donde las variables fisicoquímicas del agua no se encuentran totalmente controladas, además de presentarse una interacción entre los organismos cultivados y los organismos pertenecientes al zooplancton, lo cual podría tener un efecto en el desempeño de los compuestos herbales.

Conclusiones

No cabe duda de que los compuestos herbales actualmente, lucen como una opción interesante como agentes antimicrobianos, principalmente para contrarestar los efectos de *Vibrio* spp. AHPND, debido a la gran cantidad de compuestos activos que presentan, los cuales interactúan positivamente con el mecanismo de

defensa de los camarones, aumentando con ello, la tasa de supervivencia, así como la resistencia de los organismos a la infección. Sin embargo, futuras investigaciones deberán de enfocarse en identificar los compuestos activos específicos con actividad antimicrobiana presentes en los compuestos herbales, lo cual además de facilitar su extracción ayudará en la reducción de costos y adicionalmente, aumentará la efectividad de este tipo de compuestos.

Finalmente, a pesar de que existe evidencia que sustenta que los compuestos herbales pueden ser utilizados para prevenir y combatir los efectos provocados por *Vibrio* spp. AHPND bajo condiciones controladas, su utilización aún no ha escalado a nivel comercial, debido a la falta de estudios donde se compruebe la efectividad de este tipo de compuestos bajo dichas condiciones.



Agradecimientos

Los autores de este artículo queremos agradecer a la Universidad de Sonora por financiar la investigación a través del proyecto USO313008276 donde actualmente se están evaluando diversos compuestos herbales para el control de la bacteria, *V. parahaemolyticus* AHPND.

Referencias

- Abdel-Latif, H.M.R., E. Yilmaz, M.A.O. Dawood, E. Ringø, E. Ahmadifar y S. Yilmaz. 2022. Shrimp vibriosis and possible control measures using probiotics, postbiotics, prebiotics, and synbiotics: A review. *Aquaculture* 551: 737951
- Abdul, H. Md., Md.M. Rahman, M.N. Mondal, S.C. Deb, G. Chowdhury y Md.T. Islam. 2019. Molecular Identification of *Vibrio alginolyticus* Causing Vibriosis in Shrimp and Its Herbal Remedy. *Polish Journal of Microbiology* 68: 429–438.
- AftabUddin, S., M.A.M. Siddique, S.S. Romkey y W.L. Shelton. 2017. Antibacterial function of herbal extracts on growth, survival and immunoprotection in the black tiger shrimp *Penaeus monodon*. *Fish & Shellfish Immunology* 65: 52–58.
- Anirudhan, A., M.T.M. Iryani, Y. Andriani, P. Sorgeloos, M.P. Tan, L.L. Wong, W.J. Mok, W. Ming, L. Yantao, C.C. Lau y Y.Y. Sung. 2023. The effects of *Pandanus tectorius* leaf extract on the resistance of White-leg shrimp *Penaeus vannamei* towards pathogenic *Vibrio parahaemolyticus*. *Fish and Shellfish Immunology Reports* 4: 100101
- Anirudhan, A., V.T. Okomoda, M.T. Mimi Iryani, Y. Andriani, M.E. Abd Wahid, M.P. Tan, M. Danish-Daniel, L.L. Wong, T.S. Tengku-Muhammad, W.J. Mok, P. Sorgeloos y Y.Y. Sung. 2021. *Pandanus tectorius* fruit extract promotes Hsp70 accumulation, immune-related genes expression and *Vibrio parahaemolyticus* tolerance in the white-leg shrimp *Penaeus vannamei*. *Fish & Shellfish Immunology* 109: 97–105.
- Aranguren, L.F., H.N. Mai, B. Noble y A.K. Dhar. 2020. Acute hepatopancreatic necrosis disease (VPAHPND), a chronic disease in shrimp (*Penaeus vannamei*) population raised in Latin America. *Journal of Invertebrate Pathology* 174: 107424
- Bartolini-Rosales, J.L. y M.D.P. Torres-García. 2004. La camaricultura en México. *Ciencias*: 58–61.
- Battistella, S., P. Bonivento y G. Amirante. 1996. Hemocytes and immunological reactions in crustaceans. *Italian Journal of Zoology* 63: 337–343.

- Briggs, M. 2009. *Cultured Aquatic Species Fact Sheets: Penaeus vannamei*. En: Crespi, V. y M. New (Eds.). FAO Cultured aquatic species facts sheets. Roma, Italia.
- Casillas-Hernández, R., F. Magallón-Barajas, G. Portillo-Clarck y F. Páez-Osuna. 2006. Nutrient mass balances in semi-intensive shrimp ponds from Sonora, Mexico using two feeding strategies: Trays and mechanical dispersal. *Aquaculture* 258: 289–298.
- Chanu, T., A. Sharma, S. Dam Roy, A. Chaudhari y P. Biswas. 2012. Herbal Biomedicine –An Alternative to synthetic chemicals in aquaculture feed. *World Aquaculture* 45: 14–16.
- Chatterjee, S. y S. Haldar. 2012. Vibrio Related Diseases in Aquaculture and Development of Rapid and Accurate Identification Methods. *Journal of Marine Science: Research & Development* S1: 002.
- Chun-Hung, C.W., J.-P. Hsu y J.-C. Chen. 2004. *Vibrio alginolyticus* infection in the white shrimp *Litopenaeus vannamei* confirmed by polymerase chain reaction and 16S rDNA sequencing. *Diseases of Aquatic Organisms* 61: 169–174.
- Citarasu, T. 2010. Herbal biomedicines: a new opportunity for aquaculture industry. *Aquaculture International* 18: 403–414.
- Citarasu, T., M.M. Babu y E. Yilmaz. 2022. Alternative medications in shrimp health management for improved production. *Aquaculture* 561: 738695.
- Cortés, A., R. Casillas-Hernández, C. Cambeses-Franco, R. Bórquez-López, F. Magallón-Barajas, W. Quadros-Seiffert, G. Feijoo y M.T. Moreira. 2021. Eco-efficiency assessment of shrimp aquaculture production in Mexico. *Aquaculture* 544: 737145.
- COSAES (Comité de Sanidad Acuicola del Estado de Sonora. Informe Anual), 2021. Informe Anual.
- de la Peña, L., N.A. Cabillon, D. Catedral, E. Amar, R. Usero, W. Monotilla, A. Calpe, D.D.G. Fernandez y C. Saloma. 2015. Acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND) outbreaks in *Penaeus vannamei* and *P. monodon* cultured in the Philippines. *Diseases of Aquatic Organisms* 116: 251-254.
- de Souza Valente, C. y A.H.L. Wan. 2021. Vibrio and major commercially important vibriosis diseases in decapod crustaceans. *Journal of Invertebrate Pathology* 181: 107527.
- Defoirdt, T. 2023. Indole signaling, a promising target to control vibriosis in aquaculture. *Aquaculture* 574: 739692.
- Dewi, N.R., H.T. Huang, Y.S. Wu, Z.H. Liao, Y.J. Lin, P.T. Lee y F.H. Nan. 2021. Guava (*Psidium guajava*) leaf extract enhances immunity, growth, and resistance against *Vibrio parahaemolyticus* in white shrimp *Penaeus vannamei*. *Fish & Shellfish Immunology* 118: 1–10.



- Dhar, A., P. Piamsomboon, L.F. Caro, S. Kanrar, R. Adami y Y-S. Juan. 2019. First report of acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND) occurring in the USA. *Diseases of Aquatic Organisms* 132: 241-247.
- Dong, X., W. Hailiang, X. Guosi, Z. Peizhuo, G. Chengcheng, L. Yan y H. Jie. 2017. An isolate of *Vibrio campbellii* carrying the pirVP gene causes acute hepatopancreatic necrosis disease. *Emerging Microbes & Infections* 6: e2.
- Eshik, Md.M., M. Abedin, N. Punom, M.K. Begum y M.S. Rahman. 2017. Molecular Identification of AHPND Positive *Vibrio parahaemolyticus* causing an outbreak in South-West Shrimp Farming Regions of Bangladesh. *Journal of Bangladesh Academy of Sciences* 41: 127-135.
- Flegel, T. W. 2012. Historic emergence, impact and current status of shrimp pathogens in Asia. *Journal of Invertebrate Pathology* 110: 166–173.
- Gross, P.S., T.C. Bartlett, C.L. Browdy, R.W. Chapman y G.W. Warr. 2001. Immune gene discovery by expressed sequence tag analysis of hemocytes and hepatopancreas in the Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, and the Atlantic White Shrimp, *L. setiferus*. *Developmental & Comparative Immunology* 25: 565–577.
- Han, J.E., K.F.J. Tang, P. Piamsomboon y C.R. Pantoja. 2017. Evaluation of a reliable non-invasive molecular test for the diagnosis of the causative agent of acute hepatopancreatic necrosis disease of shrimp. *Aquaculture Reports* 5: 58–61.
- Hernandez-López, J., T. Gollas y F. Vargas-Albores. 1996. Activation of the prophenoloxidase system of the brown shrimp (*Penaeus californensis* Holmes). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Pharmacology, Toxicology and Endocrinology* 113: 61–66.
- Johansson, M.W., P. Keyser, K. Sritunyalucksana y K. Söderhäll. 2000. Crustacean haemocytes and haematopoiesis. *Aquaculture* 191: 45–52.
- Karunasagar, I., R. Pai, G.R. Malahti y I. Karunasagar. 1994. Mass mortality of *P. monodon* larvae due to antibiotic-resistant *V. harveyi* infection. *Aquaculture* 128: 203–209.
- Kondo, H., P. Van, L.T. Dang y I. Hirono. 2015. Draft Genome Sequence of Non-*Vibrio parahaemolyticus* Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease Strain KC13.17.5, Isolated from Diseased Shrimp in Vietnam. *Genome Announcements* 3: e00978-15.
- Kumar, R., T.H. Ng y H.-C. Wang. 2020. Acute hepatopancreatic necrosis disease in penaeid shrimp. *Reviews in Aquaculture* 12: 1867–1880.
- Kumar, V., y S. Roy. 2017. Aquaculture Drugs: Sources, Active Ingredients, Pharmaceutic Preparations and Methods of Administration. *Journal of Aquaculture Research & Development* 8: 1000510.

- Lai, H.C., T.H. Ng, M. Ando, C.Te. Lee, I.T. Chen, J.C. Chuang, R. Mavichak, S.H. Chang, M. Yeh, Y.A. De, Chiang, H. Takeyama, H.O. Hamaguchi, C.F. Lo, T. Aoki y H.C. Wang. 2015. Pathogenesis of acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND) in shrimp. *Fish & Shellfish Immunology* 47: 1006–1014.
- Leaño, E.M. y M.C. Mohan. 2012. Early Mortality Syndrome threatens Asia's shrimp farms. *Responsible Seafood Advocate*.
- Le Nguyen, D.-A., L.-W. Cheng, P.-C. Wang y S.C. Chen. 2023. Phenotypic, phylogenetic analysis and pathogenic detection of *Vibrio parahaemolyticus* in farmed *Penaeus vannamei* in Taiwan. *Taiwan Veterinary Journal* 48: 35-44.
- Lightner, D., R.M. Redman, C.R. Pantoja, B.L. Noble y L. Tran. 2012. Early Mortality Syndrome affects shrimp in Asia. *Responsible Seafood Advocate*.
- Limbu, S. M., L. Zhou, S.X. Sun, M.L. Zhang y Z.Y. Du. 2018. Chronic exposure to low environmental concentrations and legal aquaculture doses of antibiotics cause systemic adverse effects in Nile tilapia and provoke differential human health risk. *Environment International* 115: 205–219.
- Liu, L., J. Xiao, M. Zhang, W. Zhu, X. Xia, X. Dai, Y. Pan, S. Yan y Y. Wang. 2018. A *Vibrio owensii* strain as the causative agent of AHPND in cultured shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal of Invertebrate Pathology* 153: 156–164.
- Loo, K.-Y., V. Letchumanan, J.W.-F. Law, P. Pusparajah, B.-H. Goh, N.-S. Ab Mutalib, Y.-W. He y L.-H. Lee. 2020. Incidence of antibiotic resistance in *Vibrio* spp. *Reviews in Aquaculture* 12: 2590-2608.
- López-León, P., A. Luna-González, R. Escamilla-Montes, M. del C. Flores-Miranda, J.A. Fierro-Coronado, P. Álvarez-Ruiz y G. Diarte-Plata. 2016. Isolation and characterization of infectious *Vibrio parahaemolyticus*, the causative agent of AHPND, from the whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Latin American Journal of Aquatic Research* 44: 470–479.
- Lulijwa, R., E.J. Rupia y A.C. Alfaro, A. C. 2020. Antibiotic use in aquaculture, policies and regulation, health and environmental risks: a review of the top 15 major producers. *Reviews in Aquaculture* 2: 640–663.
- Maralit, B., P. Jaree, P. Boonchuen, A. Tassanakajon y K. Somboonwiwat. 2018. Differentially expressed genes in hemocytes of *Litopenaeus vannamei* challenged with *Vibrio parahaemolyticus* AHPND (VPAHPND) and VPAHPND toxin. *Fish & Shellfish Immunology* 81: 284-296
- Maurus, G., T.H. Ho y P.T. Lee. 2023. Effects of dietary *Scutellaria baicalensis* extract on growth performance, immune-related genes expression, and resistance against *Vibrio parahaemolyticus* in white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Research in Veterinary Science* 159: 160–170.



- Muthukrishnan, S., T. Defoirdt, M.Y. Ina-Salwany, F.M. Yusoff, M. Shariff, S.I. Ismail y I. Natrah. 2019. *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio harveyi* causing Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease (AHPND) in *Penaeus vannamei* (Boone, 1931) isolated from Malaysian shrimp ponds. *Aquaculture* 511: 734227.
- Nunan, L., D. Lightner, C. Pantoja y S. Gomez-Jimenez. 2014. Detection of acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND) in Mexico. *Diseases of Aquatic Organisms* 111: 81–86.
- Peña-Navarro, N., R. Castro-Vásquez, B. Vargas-Leitón y G. Dolz. 2020. Molecular detection of acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND) in *Penaeus vannamei* shrimps in Costa Rica. *Aquaculture* 523: 735190.
- Porchas-Cornejo, M.A., P. Álvarez-Ruiz, F.J. Álvarez-Tello, M. Martínez-Porchas, L.R. Martínez-Córdova, J. López-Martínez y R. García-Morales. 2018. Detection of the white spot syndrome virus in zooplankton samples collected off the coast of Sonora, Mexico. *Aquaculture Research* 49: 48–56.
- Restrepo, L., B. Bayot, S. Arciniegas, L. Bajaña, I. Betancourt, F. Panchana-González y A. Reyes. 2018. PirVP genes causing AHPND identified in a new *Vibrio species* (*Vibrio punensis*) within the commensal Orientalis clade. *Scientific Reports* 8: 13080.
- Reverter, M., N. Bontemps, D. Lecchini, B. Banaigs y P. Sasal. 2014. Use of plant extracts in fish aquaculture as an alternative to chemotherapy: Current status and future perspectives. *Aquaculture* 433: 50–61.
- Sánchez-Paz, A., F. Mendoza-Cano, T. Enríquez-Espinoza, T. Encinas-García, C. Portillo y M. Grijalva-Chon, G. 2014. Síndrome de la mortalidad temprana del camarón ¿presente en México? *Ciencia y Desarrollo*: 66–69.
- Shinn, A., J. Pratoomyot, D. Griffiths, T. Trong, V. Nguyen, P. Jiravanichpaisal y M. Briggs. 2018. Asian Shrimp Production and the Economic Costs of Disease. *Asian Fisheries Science* 31: 29–58
- Sirikharin, R., S. Taengchaiyaphum, P. Sanguanrut, T. Duong, R. Mavichak, P. Proespraiwong, B. Nuangsaeng, S. Thitamadee, T. Flegel y K. Sritunyalucksana. 2015. Characterization and PCR Detection Of Binary, Pir-Like Toxins from *Vibrio parahaemolyticus* Isolates that Cause Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease (AHPND) in Shrimp. *Plos One*: 0126987
- Song, Y.-L., W. Cheng y C.-H. Wang. 1993. Isolation and Characterization of *Vibrio damsela* Infectious for Cultured Shrimp in Taiwan. *Journal of Invertebrate Pathology*, 61: 24–31.

- Soto-Rodriguez, S., B. Gomez-Gil, R. Lozano-Olvera, M. Betancourt-Lozano y M. Morales-Covarrubias. 2015. Field and Experimental Evidence of *Vibrio parahaemolyticus* as the Causative Agent of Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease of Cultured Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in Northwestern Mexico. *Applied and Environmental Microbiology* 81: 1689-1699.
- Soto-Rodriguez, S., B. Gomez-Gil, R. Lozano-Olvera, M. Bolan-Mejía, K. Aguilar-Rendon y J. Enciso-Ibarra. 2018. Pathological, Genomic and Phenotypical Characterization of *Vibrio parahaemolyticus*, Causative Agent of Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease (AHPND) in Mexico. *Asian Fisheries Science* 31: 102–111.
- Tang, K., y M. Bondad-Reantaso. 2019. Impacts of acute hepatopancreatic necrosis disease on commercial shrimp aquaculture. *Revue Scientifique et Technique de l'OIE* 38: 477–490.
- Tang, K.F.J., M.G. Bondad-Reantaso, J.R. Arthur, B. MacKinnon, B. Hao, V. Alday-Sanz, Y. Liang y X. Dong. 2020. Shrimp acute hepatopancreatic necrosis disease strategy manual. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular* 1190.
- Thitamadee, S., A. Prachumwat, J. Srisala, P. Jaroenlak, P.V. Salachan, K. Sritunyalucksana, T.W. Flegel y O. Itsathitphaisarn. 2016. Review of current disease threats for cultivated penaeid shrimp in Asia. *Aquaculture* 452: 69–87.
- Tran, L., L. Nunan, R.M. Redman, L.L. Mohny, C.R. Pantoja, K. Fitzsimmons y D.V. Lightner. 2013. Determination of the infectious nature of the agent of acute hepatopancreatic necrosis syndrome affecting penaeid shrimp. *Diseases of Aquatic Organisms* 105: 45–55.
- Van De Braak, C.B.T., M.H.A. Botterblom, N. Taverne, W.B. Van Muiswinkel, J.H.W.M. Rombout y W.P.W. Van Der Knaap. 2002. The roles of haemocytes and the lymphoid organ in the clearance of injected *Vibrio* bacteria in *Penaeus monodon* shrimp. *Fish & Shellfish Immunology* 13: 293–309.
- Yang, Y.-T., I.-T. Chen, C.-T. Lee, C. Chen Yu, S.-S. Lin, L.-I. Hor, J. Tseng, Y.-T. Huang, K. Sritunyalucksana, S. Thitamadee, H.-C. Wang y C.F. Lo. 2014. Draft Genome Sequences of Four Strains of *Vibrio parahaemolyticus*, Three of Which Cause Early Mortality Syndrome/Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease in Shrimp in China and Thailand. *Genome Announcements* 2. e00816-14.
- Yildirim-Aksoy, M., R. Eljack, E. Peatman y B.H. Beck. 2022. Immunological and biochemical changes in Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, challenged with *Vibrio parahaemolyticus*. *Microbial Pathogenesis* 172: 105787.
- Zhai, Q. y J. Li. 2019. Effectiveness of traditional Chinese herbal medicine, San-Huang-San, in combination with enrofloxacin to treat AHPND-causing strain of *Vibrio parahaemolyticus* infection in *Litopenaeus vannamei*. *Fish & Shellfish Immunology* 87: 360–370.

Zhang, Z., Z.-yu. Yang, Y.-G. Wang, M.-J. Liao, X.-X. Wei, Y.-X. Yu, X.-J. Rong y X. Chen. 2021. Effectiveness of garden burnet, *Sanguisorba officinalis* L., in controlling acute hepatopancreatic necrosis disease caused by infection of *Vibrio parahaemolyticus* in shrimp farming. *Aquaculture* 531: 735875.

Cita

Minjarez-Osorio C, M.G. Serna-Medina, E. Re-Vega, A. Martínez-Durazo, C. Gallardo-Ybarra, R. Castro-Longoria y J.M. Grijalva-Chon. Compuestos herbales: Una alternativa en el control de la enfermedad de la necrosis aguda del hepatopáncreas (AHPND). *Recursos Naturales y Sociedad*, 2024. Vol. 10 (1): 33-52. <https://doi.org/10.18846/renaysoc.2024.10.10.01.0004>

Sometido: 15 de agosto de 2023

Aceptado: 02 de abril de 2024

Editor asociado: Dr. Eduardo Quiroz Guzmán

Editor ejecutivo: Dra. Crisalejandra Rivera Pérez

Diseño gráfico editorial: Lic. Gerardo Hernández