

Efectos de la bacteria patógena *Vibrio parahaemolyticus* en camarones (*Litopenaeus vannamei*) de cultivo y en la salud del consumidor

Effects of the pathogenic bacterium *Vibrio parahaemolyticus* on farmed shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and on consumer health

Ericka Barrantes Barrantes¹
Universidad de Costa Rica, San Ramón, Costa Rica
erickabb97@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-7522-6253>

Fecha de recibido: 2-4-2022

Fecha de aceptación: 7-5-2023

Resumen

A través de los años, la acuicultura ha cobrado cada vez mayor importancia debido al aporte de proteína que otorgan sus productos en la alimentación humana; sin embargo, la industria camaronera se ha visto afectada por distintas infecciones que impactan el crecimiento y desarrollo de los camarones y, por lo tanto, el consumo de estos organismos. El objetivo de este artículo es realizar una revisión de los efectos de la bacteria patógena *Vibrio parahaemolyticus* en camarones (*Litopenaeus vannamei*) de cultivo, ya que ha ocasionado grandes pérdidas económicas a nivel mundial debido a la enfermedad de la necrosis aguda del hepatopáncreas. Además, se abarcó el impacto que puede tener sobre los seres humanos el ingerir animales marinos contaminados con esta bacteria.

Palabras clave: AHPND, camarón blanco, toxinas, tratamientos, gastroenteritis.

Abstract

Over the years, aquaculture has become increasingly important due to the contribution of protein that its products provide in human food; however, the shrimp industry has been affected by different infections that impact the growth and development of shrimp and the consumption of these organisms. The objective of this article is to review the effects of the pathogenic bacterium *Vibrio parahaemolyticus* on farmed shrimp (*Litopenaeus vannamei*), since it has caused great economic losses worldwide due to acute hepatopancreatic necrosis disease. In addition, the impact that ingesting marine animals contaminated with this bacterium can have on human beings was covered.

Keywords: AHPND, white shrimp, toxins, treatments, gastroenteritis.

¹ Bachiller en Laboratorista Químico y estudiante de Licenciatura en Laboratorista Químico de la Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

I. Introducción

La acuicultura es el cultivo de organismos acuáticos como peces, moluscos, crustáceos y plantas donde existe la intervención en el proceso de cría para incrementar la producción, por ejemplo, alimentarlos o protegerlos de los depredadores (FAO, s/f). Su importancia reside en la contribución de proteína animal para una población humana, que aumenta día con día, y al mejoramiento de las condiciones de vida a través de la generación de fuentes de empleo, por tanto, se ha convertido en uno de los sistemas de producción de alimentos de más rápido crecimiento en el mundo (Parajales-Mora *et al.*, 2017).

Sin embargo, la tendencia hacia una mayor intensificación y comercialización de la producción acuática conlleva a que aumente la probabilidad de aparición de agentes infecciosos, siendo las enfermedades la limitación principal, en la actualidad, para el cultivo de muchas especies acuáticas en distintos países (Bondad-Reantaso *et al.*, 2005).

Litopenaeus vannamei, conocido como camarón blanco, es una de las especies de crustáceos más cultivadas debido a su alta tasa de crecimiento, mayor resistencia a densidades elevadas de cultivo y más tolerancia al poseer amplios rangos de temperatura y salinidad (Briggs *et al.*, 2005). En el 2018, se produjo un total de 82,1 millones de toneladas de animales acuáticos a nivel mundial, de las cuales 9,4 millones de toneladas corresponden a crustáceos y el 52,9% de los crustáceos producidos fueron camarones blancos (FAO, 2020).

A pesar de ello, la industria camaronera ha sido afectada por diversas enfermedades infecciosas causadas por hongos y protozoarios, pero en su mayoría por virus y bacterias que ocasionan una alta mortalidad que se traduce en pérdidas económicas (Lightner, 2011). Entre los patógenos más relevantes en afectación al cultivo de camarón blanco se encuentran: el virus del síndrome

taura, el virus del síndrome de la mancha blanca y recientemente la bacteria *Vibrio parahaemolyticus* (Soto-Rodriguez *et al.*, 2015).

El género *Vibrio* incluye más de 70 especies, de las cuales al menos 12 son patógenas para los humanos e importantes para la salud pública, incluidas *V. cholerae*, *V. parahaemolyticus* y *V. vulnificus* (Kokashvili *et al.*, 2015). Además, *V. vibrio*, *V. harveyi*, *V. parahaemolyticus*, *V. alginolyticus*, *V. anguillarum*, *V. vulnificus* y *V. espléndido* generalmente se asocian con enfermedades del camarón (Chatterjee y Haldar, 2012).

Vibrio parahaemolyticus es una bacteria gramnegativa, móvil, halotolerante, mesofílica y anaerobio facultativo (Thompson *et al.*, 2004). Su hábitat natural son las aguas marinas, ya que requiere sal para su desarrollo, por tanto, es común encontrarla unida a superficies en el agua o en asociación con diferentes especies de moluscos (Broberg *et al.*, 2011). De hecho, en las épocas frías se encuentra en los sedimentos marinos y conforme sube la temperatura se reintroduce en la columna de agua (Kaneko y Colwell, 1973) y coloniza a animales del plancton, filtradores como ostras y mejillones, peces y camarón (Rodríguez-Camacho *et al.*, 2014).

Asimismo, esta bacteria es afectada por la disponibilidad de nutrientes y los cambios en la salinidad y temperatura, donde los rangos para su desarrollo en el último factor es de 10°C – 44°C con una óptima de crecimiento de 35°C – 37°C (Zamora-Pantoja y Quiróz-Santiago, 2005).

Otro dato fundamental es que *Vibrio parahaemolyticus* adquirió recientemente un plásmido, llamado pVA, que codifica una toxina binaria, conocida como PirA y PirB, que causan problemas adversos sobre el camarón blanco (Tello-Olea, 2018). Específicamente, ocasiona la enfermedad de la necrosis aguda del hepatopáncreas (AHPND, por sus siglas en inglés) que, tal como su nombre lo indica, afecta el hepatopáncreas del camarón debido a la acumulación de dichas toxinas (Varela-Mejías *et al.*,

2017). Además, el ingerir camarones infectados con dicha bacteria puede afectar la salud del ser humano debido a las toxinas TDH y TRH (Heitmann *et al.*, 2005; Raghunath, 2014).

De modo que el objetivo de este artículo es realizar una revisión de la información disponible sobre los efectos perjudiciales de la bacteria *Vibrio parahaemolyticus* en camarones (*Litopenaeus vannamei*) cultivados y en el consumidor.

II. Afectaciones de la enfermedad AHPND en el camarón blanco y posibles tratamientos

Durante los últimos años se ha presentado una nueva enfermedad que ha afectado los camarones de cultivo con mortalidades de hasta un 100%, la cual fue conocida en sus inicios como el síndrome de la mortalidad temprana (EMS, por sus siglas inglés) y denominada posteriormente como AHPND (Varela-Mejías *et al.*, 2017).

La primera especie relacionada con esta enfermedad fue una cepa altamente virulenta de *Vibrio parahaemolyticus*, la cual es portadora de un plásmido que codifica una toxina binaria que le confiere la patogenicidad (Xiao *et al.*, 2017). Se cree que los genes que codifican las toxinas PirA y PirB fueron adquiridos posteriormente por el plásmido, ya que tienen un peso molecular de 13 y 50 kDa, respectivamente, y presentan un contenido de CG significativamente menor al presente en el resto del plásmido (Han *et al.*, 2015).

El género *Vibrio* coexiste normalmente en los animales de cultivo, colonizando principalmente el tracto digestivo, las branquias y la cutícula, pero el proceso infeccioso se presenta cuando las bacterias logran acceder al interior del organismo (Peña-Navarro y Varela-Mejías, 2015). Específicamente el AHPND se origina cuando la bacteria coloniza el estómago de los camarones, lugar desde el cual libera dos toxinas a saber; PirA y PirB, las cuales se acumulan y afectan el hepatopáncreas al generar

desprendimientos celulares masivos y agudos, acompañados de necrosis (Tran *et al.*, 2013; Yang *et al.*, 2014).

Los principales síntomas son coloración pálida o blanquecina, pérdida de la consistencia y atrofia notable del hepatopáncreas, nado errático, tasa de crecimiento reducida, túbulos melanizados dentro del hepatopáncreas, intestino y estómago vacío o parcialmente lleno, y cutícula blanda (Pantoja y Lightner, 2014); los cuales son útiles para determinar el estado sanitario de los camarones y reconocer cuando las lesiones vistas pueden ser ocasionadas por *Vibrio parahaemolyticus*

Algunas condiciones que se relacionan con la incidencia y prevalencia de la enfermedad son la alta densidad de población de los camarones, alta salinidad del agua en áreas cercanas al mar, falta de estanque de embalse y tratamiento de agua en granjas camaronerías, falta de atención al proceso de preparación del estanque, estrés durante el transporte o almacenamiento de camarones post larvas, condiciones de poco oxígeno, y alimentación inadecuada (Zorriehzahra y Banaederakhshan, 2015).

Asimismo, Rivera *et al.* (2018) cultivaron *P. vannamei* en estados *mysis* y postlarva a tres niveles de temperaturas a saber 27, 31 y 33°C, para estudiar el efecto de la temperatura en los centros de larvicultura con la supervivencia del camarón, tras ser desafiado experimentalmente con *V. parahaemolyticus*. Con *mysis* III se registró supervivencia del 100 % para las larvas cultivada a 27 y 31 °C, pero una mortalidad del 100% a 33°C luego de 6 horas de ser expuestas; con postlarvas, las supervivencias fueron 75%, 80% y 30 % respectivamente luego de 24 horas infectadas, es decir, demostraron que las altas temperaturas reducen la respuesta inmune del camarón, incluyendo el aumento de la sensibilidad a cepas patógenas de *Vibrios* (Rivera *et al.*, 2018).

En investigaciones similares realizadas en México, se estudió la presencia de *V. parahaemolyticus* en camarones blancos moribundos provenientes de las granjas comerciales de Guasave, Sinaloa. Mediante la purificación y caracterización con PCR con oligos AP3 y cebadores 89F/R para hemolisina termolabil (tlh, por sus siglas en inglés), hemolisina directa termoestable (tdh, por sus siglas en inglés) y genes relacionados con la hemolisina directa termoestable (trh, por sus siglas en inglés); se determinó que todos los aislados bacterianos seleccionados pertenecen a *V. parahaemolyticus*, pero tres de ellos no corresponden a las cepas que causan AHPND, además, ocho aislados no mataron a los camarones, pero once fueron patógenos (López-León *et al.*, 2016).

En Costa Rica, se realizó una investigación para detectar pVA-1, pirA, pirB y *Vibrio* spp. mediante PCR en 15 fincas ubicadas alrededor del Golfo de Nicoya y la región del Pacífico Central de Costa Rica, de las cuales sólo 5 fincas reportaron la presencia de *Vibrio parahaemolyticus* portador del plásmido pVA-1, que codifica los genes pirA y pirB asociados con AHPND en granjas camaroneras afectadas por mortalidad, enfermedad y signos clínicos (Peña-Navarro *et al.*, 2020).

Por otro lado, un estado de enfermedad es consecuencia de una compleja interacción de tres factores: el medio ambiente, el hospedero y el patógeno, los cuales se denominan triada epidemiológica (Organización Panamericana de la Salud, 2011). En este sentido, los crustáceos poseen mecanismos de defensa que los protegen en contra de invasores pero carecen de inmunoglobulinas propias de la inmunidad adaptativa. Ello implica que su respuesta inmune está constituida principalmente por la inmunidad innata que consiste básicamente en barreras físicas, la cascada de coagulación, fagocitosis, encapsulación y formación de nódulos (Vazquez *et al.*, 2009).

Ahora bien, a causa de las pérdidas económicas que ocasionan las cepas de *Vibrio parahaemolyticus* asociadas a AHPND en la industria camaronera

en China (2009), Vietnam (2010), Malasia (2011), Tailandia (2012) y en México (2014) (FAO, 2002; Soto-Rodríguez *et al.*, 2015); y el amplio y frecuente uso de antibióticos para el control de microorganismos patógenos ha resultado con el tiempo en el desarrollo de cepas resistentes (FAO, 2002), tal como lo demostró Le *et al.* (2005), en Vietnam, y Roque *et al.* (2001), en México. Se han propuesto soluciones para combatir la presencia de cepas resistentes como se detalla a continuación.

Una de las estrategias para enfrentar esta enfermedad incluye la administración de inmunoestimulantes; propiamente la nanotecnología presenta diversas aplicaciones en este campo, debido a que las nanopartículas tienen un gran potencial por las propiedades derivadas de sus dimensiones, que incluyen la capacidad de activar componentes del sistema inmune (Tello-Olea, 2018).

Se evaluó la capacidad inmunoestimulante e inmunoprotectora de AuNPs (nanopartículas de oro) administradas oralmente en camarón frente a una infección experimental con *V. parahaemolyticus*. Se suministraron tres niveles de dosis, 0,2; 2 y 20 µg de AuNPs por gramo de alimento, tomando muestras cada 24h, por 6 días y en ninguna de ellas se encontraron signos histológicos de toxicidad o daño al tejido del individuo. Se observó una inmunoestimulación temprana y segura a nivel sistémico y una supervivencia del 80%, en los organismos retados con *V. parahaemolyticus*-AHPND (Tello-Olea, 2018).

En Costa Rica, se estudió el efecto estimulador de tres extractos esenciales, manano-oligosacáridos (T1), ajo (T2) y un compuesto de extractos de plantas (T3), sobre el sistema inmunológico del camarón *Litopenaeus vannamei* desafiado con *Vibrio parahaemolyticus*. Se realizaron dos bioensayos con una duración de seis y catorce días, donde se determinó que los parámetros inmunológicos no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en ningún periodo. Sin embargo, los parámetros zootécnicos tuvieron

diferencias estadísticas solo para el bioensayo que se extendió por seis días, siendo T2 el que presentó mejores resultados. Además, el análisis histológico demostró ser el mejor parámetro para medir el efecto inmunoestimulante, donde T1 y T2 mostraron los mejores resultados (Peña-Navarro, 2012).

Por otro lado, es importante aclarar que las bacterias probióticas ocupan espacio y demandan nutrientes, lo cual reduce las posibilidades de colonización y desarrollo de otros microorganismos que sean patógenos o puedan convertirse en nocivos (Sotomayor y Balcázar, 2003).

García-Bernal *et al.* (2020) indicaron que la aplicación de probióticos y medicamentos homeopáticos disminuyó la concentración de *Vibrio spp.*, tanto en el agua de cultivo como en hepatopáncreas del camarón juvenil *L. vannamei*, mediante cinco grupos experimentales: dos con cepas probióticas de *Streptomyces spp.* RL8 (T1) y N7 (T2), uno con productos homeopáticos a partir de bacterias patógenas [ViP-7C+VIA-7C] (T3), otro con medicamentos homeopáticos para humanos [PhA-7C+SIT-7C] (T4) y, finalmente, el grupo de control (T5). Además, se registraron diferencias significativas en la tasa de supervivencia de camarones tratados con T1, T2 y T3, con respecto al control (T5) (García-Bernal *et al.*, 2020).

Se evaluó el efecto antagónico de las cepas probióticas Ili (*Vibrio alginolyticus*), P62 y P63 (*Vibrio sp.*) y P64 (*Bacillus sp.*), al someterlas a una prueba de inhibición *in vitro* con *Vibrios* patógenos (*Vibrio harveyi* E22, *V. vulnificus* S2 y *V. parahaemolyticus* PA2). Los resultados mostraron que las mezclas P63-Ili, P62-P64 y P62-P63-Ili presentaron porcentajes de inhibición mayores al 50%, es decir, tienen potencial aplicación para el control de *Vibrios* patógenos en los sistemas acuícolas (Sotomayor y Balcázar, 2003).

A pesar de que la utilización de probióticos es una alternativa prometedora, Noor-Uddin *et al.* (2015) investigaron las propiedades de resistencia a los antimicrobianos de siete probióticos usados en el

cultivo de camarones. Los resultados mostraron que solo 6 de 60 aislamientos fueron resistentes a más de cuatro antimicrobianos. Además, no se conocen estructuras asociadas con la transferencia horizontal de genes, es decir, las cepas bacterianas probióticas parecen contribuir con tipos y cantidades muy limitadas de genes de resistencia en comparación con las especies bacterianas naturales en los ambientes acuícolas (Noor-Uddin *et al.*, 2015).

Por otra parte, en México, se transformó la cepa *E. coli* BL21 para expresar y purificar las toxinas recombinantes PirA y PirB, las cuales sirvieron como blanco para seleccionar fragmentos de anticuerpos que se unen a la toxina mediante la técnica de despliegue de fagos (Trujillo-García, 2016). Luego, el mismo autor indica que la mortalidad en camarones, retados con *V. parahaemolyticus*, disminuyó 25% a las 24h y 56% a las 48h al emplear los fagos-scFv anti-PirA y anti-PirB, que se seleccionaron mediante dos rondas de bioselección evaluadas por ELISA, es decir, se reduce la mortalidad en el camarón porque, los anticuerpos desplegados en fagos reconocen y neutralizan específicamente a PirA y PirB.

Existen reportes que indican que la toxina PirA de *V. parahaemolyticus* puede ser utilizada como inmunoestimulante, ella tiene un tamaño de 13 kDa y una similitud entre 28%-35% con las proteínas PirA encontradas en *Photobacterium luminescens*, *P. asymbiotica*, *Xenorhabdus doucetiae* y *Yersinia intermedia* (Han *et al.*, 2015; Lee *et al.*, 2015).

Campa-Córdova *et al.* (2017) realizaron un estudio en México que comprendió los siguientes grupos experimentales con *L. vannamei*: (i) control no infectado (solo agua de mar), (ii) administración similar a rPirA por inmersión + desafío de infección por *V. parahaemolyticus* y (iii) control infectado por *V. parahaemolyticus*. Los resultados señalaron que el control no infectado y los grupos tratados con rPirA obtuvieron una mortalidad promedio de 1,66%, mientras que el grupo no tratado con rPirA, pero desafiado con *V. parahaemolyticus*, tuvo una tasa de mortalidad del 48,33%.

Además, se confirmó que el efecto patogénico de dicha bacteria se da solamente en presencia de ambas toxinas (PirA y PirB), lo que significa, que la toxina tipo PirA es segura para los camarones y podría usarse como un inmunoestimulante efectivo para controlar a *V. parahaemolyticus* (Campa-Córdova *et al.*, 2017).

Asimismo, Nakamura *et al.* (2019) descubrieron que los anticuerpos específicos (IgY) de rPirA protegieron a los camarones *L. vannamei* mediante inmunización pasiva, mientras que los de rPirB permitieron que la infección por AHNPD, provocada por *V. parahaemolyticus*, progresara tras 6 días según las tasas de supervivencia del primer y segundo desafío, que corresponden a los huevos recolectados tras la primera y segunda inmunización respectivamente, las cuales fueron de 86% y 87% para anti-PirA-IgY, 14% y 12% para anti-PirBIgY, y 0% para el control-IgY.

Aunado a ello, en China, se mostró que la Ompk conservada era un candidato eficaz a la vacuna contra la infección por *V. alginolyticus*, ya que el análisis de alineación indicó que la Ompk estaba altamente conservada, es decir, podría servir como antígeno de superficie para un buen candidato a vacuna (Qian *et al.*, 2008a). Según Qian *et al.*, (2008b), al momento de probar la eficiencia de la Ompk, se observó que el grupo vacunado tuvo una tasa de supervivencia significativamente mayor que el grupo no vacunado de corvina amarilla grande infectada (*Pseudosciaena crocea*).

También en China, Ningqiu *et al.* (2008) clonaron y expresaron el gen *Ompk* de *V. harveyi* para investigar si tiene un efecto antigénico protector en mero manchado de naranja (*Epinephelus coioides*). Los resultados indicaron que la Ompk debe considerarse como un candidato para el desarrollo de la vacuna contra la infección por *V. harveyi* en meros manchados de naranja, ya que la mortalidad del grupo vacunado con Ompk (0/30) fue significativamente menor que el grupo control (24/30) (Ningqiu *et al.*, 2008).

Por su parte, Li *et al.* (2010) estudiaron el poliformismo de la Ompk mediante la clonación y evaluación del efecto antigénico en meros machados de naranja de los genes Ompk de 19 *Vibrio*cepas en comparación con la cepa EcGs020802 de *V. harveyi*, que se empleó en el artículo previo de Ningqiu *et al.* (2008). Los resultados mostraron que la Ompk era un antígeno compartido entre las tres especies de *Vibrio* probadas (*V. harveyi*, *V. alginolyticus* y *V. parahaemolyticus*) y que tiene todos los atributos protectores para ser una posible vacuna común contra la *Vibriosis*, en meros machados de naranja (Li *et al.*, 2010).

Pese a que no se encontraron estudios sobre el efecto protector de Ompk en *L. vannamei* contra la AHNPD, los hallazgos expuestos presentan otra posible alternativa para combatir esta enfermedad al ser un antígeno que posee *V. parahaemolyticus*, la cual podría ser un tema prometedor para investigaciones futuras.

III. Efectos en el ser humano al consumir camarones infectados con la bacteria *V. parahaemolyticus*

La patogenicidad de la bacteria *Vibrio parahaemolyticus* se debe a una toxina, la hemolisina termoestable directa (TDH por sus siglas en inglés), que genera gastroenteritis en seres humanos debido a la actividad hemolítica sobre una variada gama de eritrocitos y la alteración del flujo iónico de las células intestinales (Heitmann *et al.*, 2005). Igualmente, la hemolisina relacionada con TDH (TRH por sus siglas en inglés) es una toxina termolábil e inmunológicamente similar a la TDH, específicamente ambos genes comparten aproximadamente un 70% de homología, de forma que también altera el flujo de iones al activar los canales del ion cloro (Raghunath, 2014).

La enfermedad se asocia al consumo de productos marinos contaminados, crudos o mal cocinados o con una manipulación y almacenamiento inadecuado (Rodríguez-Camacho *et al.*, 2014), es

decir, la inactivación del *Vibrio* por el calor u otros tratamientos en los alimentos que lo contienen previene la infección (Hernández *et al.*, 2005).

Esta se manifiesta por la presencia de diarrea acuosa, en ocasiones con sangre, dolor abdominal, náusea, vómito y, en algunos casos, fiebre y dolor de cabeza. Es importante mencionar que el periodo de incubación es de 12 a 48 h y la duración de los síntomas de 1 a 7 días (Amarales-Osorio, 2006; Hernández *et al.*, 2005), ya que, en general, se resuelve de manera espontánea en dos o tres días, aunque en personas con diabetes, enfermedad hepática e inmunosupresión, la enfermedad puede ser severa y acompañarse de bacteremia (Hernández *et al.*, 2005).

Además, no se tiene certeza sobre la dosis infectante requerida para provocar un cuadro gastroentérico y en consecuencia los brotes epidémicos tienen frecuencias y características que varían ampliamente según la región (Amarales-Osorio, 2006). Igualmente, la relación de posibles factores de virulencia con el potencial pandémico es una situación no resuelta, aunque, se ha especulado que el fago f237 (ORF8), a semejanza de lo que ocurre con *V. cholerae*, fuera responsable de mayores niveles de adherencia y citotoxicidad, pero no ha podido recuperarse de aislados de casos clínicos (Rodríguez-Ferri *et al.*, 2010).

Por consiguiente, se estudió la aparición de *V. parahaemolyticus* en camarones y cangrejos de agua salada vendidos al por menor en las zonas costeras del este de la India, mediante la caracterización de su virulencia y genotipos pandémicos. Los resultados mostraron que los mariscos están afectados por *V. parahaemolyticus* patógeno en un 11,9% y pandémico en un 6,5%, lo cual plantea un riesgo para la salud pública en el consumo de mariscos procesados incorrectamente (Parthasarathy *et al.*, 2016).

También, se realizó una investigación para evaluar la presencia o ausencia de *V. parahaemolyticus* en camarón blanco silvestre y estuarino, capturado

en el sur de Sinaloa y norte de Nayarit, en México, y en muestras obtenidas en un expendio de venta al menudeo y mayoreo. Se emplearon pruebas bioquímicas y la técnica de PCR con los oligos trazadores, la cual afirmó que las infecciones por *V. parahaemolyticus* se relacionan con los cambios físicos, químicos y biológicos del ambiente, es decir, el número de *V. parahaemolyticus* aumenta a medida que la temperatura del agua se eleva, lo cual explica el incremento de casos de intoxicación en los consumidores en los meses de verano (Rodríguez-Camacho *et al.*, 2014).

Igualmente en México, Cabanillas-Mata (2013) determinó que *V. parahaemolyticus* se encuentra distribuido a lo largo de todo el proceso de producción de camarón crudo congelado en tres plantas procesadoras ubicadas en Guaymas, Sonora, mediante la técnica NMP-PCR. Sin embargo, los niveles de contaminación se vieron influenciados por el origen del producto, mes de muestreo y etapa del proceso; siendo en la etapa de recepción de producto para camarón de bahía donde se encontraron los niveles más altos (Cabanillas-Mata, 2013).

IV. Conclusiones

El efecto patogénico de *V. parahaemolyticus*, tanto en los seres humanos como en los camarones, se da por la presencia de toxinas; en el primer caso, la gastroenteritis en el consumidor se debe a las toxinas TDH y TRH, mientras que, en el segundo caso, las toxinas PirA y PirB ocasionan la enfermedad de la necrosis aguda del hepatopáncreas en *Litopenaeus vannamei*.

Además, las altas temperaturas están relacionadas con una mayor mortalidad de los camarones blancos en presencia de *V. parahaemolyticus* y un mayor riesgo de intoxicación en los consumidores al ingerir estos crustáceos infectados.

Se concluye que la aplicación de tratamientos optativos, como las nanopartículas, probióticos, extractos esenciales, proteínas recombinantes, y

anticuerpos específicos y desplegados en fagos; en *Litopenaeus vannamei* obtienen un valor mayor debido a los resultados prometedores que se han generado a partir de las investigaciones, sin embargo, es necesario realizar más estudios sobre estos temas para alcanzar una bioseguridad eficiente.

V. Agradecimientos

A las profesoras Dra. Élide Vargas Barrantes y Msc. Andrea García Quesada de la Universidad de Costa Rica, por el apoyo y guía durante la construcción de este documento.

VI. Bibliografía

- Amarales., L. (2006). *Circular de vigilancia epidemiológica de Brote de Vibrio parahaemolyticus* (B 51/30). Gobierno de Chile. Ministerio de Salud. Departamento de Epidemiología. http://epi.minsal.cl/wp-content/uploads/2015/11/Circular_241_Vibrio.pdf
- Bondad, M, Subasinghe, R., Arthur, J., Ogawa, K., Chinabut, S., Adlard, R., Tan, Z., y Shariff, M. (2005). Disease and health management in Asian aquaculture. *Veterinary Parasitology*, 132(3-4), 249-272. <https://doi.org/10.1016/j.VETPAR.2005.07.005>
- Briggs, M., Funge, Subasinghe, R. P., y Phillips, Michael. (2005). *Introducciones y movimientos de dos especies de camarones peneidos en Asia y el Pacífico*. FAO. <http://www.fao.org/3/a0086s/A0086S00.htm#TOC>
- Broberg, C., Calder, T., & Orth, K. (2011). *Vibrio parahaemolyticus* cell biology and pathogenicity determinants. *Microbes and Infection*, 13(12-13), 992-1001.
- Cabanillas, I. (2013). *Prevalencia de Vibrio parahaemolyticus y listeria monocytogenes en el proceso de camarón crudo congelado* [Tesis de maestría]. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. <https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/278/1/CABANILLAS-MATA-IJ13.pdf>
- Campa, A., León, A, Romero, A., Ibarra, A., Rosales, S., Hirono, I., y Angulo, C. (2017). Recombinant PirA-like toxin protects shrimp against challenge with *Vibrio parahaemolyticus*, the aetiological agent of acute hepatopancreatic necrosis disease. *Journal of Fish Diseases*, 40(11), 1725-1729. <http://doi.wiley.com/10.1111/jfd.12625>
- Chatterjee, S., & Haldar, S. (2012). *Vibrio* Related Diseases in Aquaculture and Development of Rapid and Accurate Identification Methods. *Journal of Marine Science: Research y Development*, 3(1), 1-7. <https://doi.org/10.4172/2155-9910.S1-002>
- FAO. (s/f). Acuicultura. En *PORTAL TERMINOLÓGICO DE LA FAO*. Recuperado el 25 de abril de 2023, de <https://www.fao.org/faoterm/es/?defaultCollId=14>
- FAO. (2002). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura*. Grupo Editorial de la Dirección de Información de la FAO. <http://www.fao.org/3/y7300s/y7300s00.htm>
- FAO. (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action*. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>
- García, M., Medina, R., Campa-Córdova, A., Tovar, D., Barajas, D., Ormart-castro, P., y Mazón, J. (2020). Crecimiento y supervivencia del camarón *Penaeus vannamei* con aplicación de actinomicetos probióticos y homeopatía. *AquaTechnica*, 2(2), 76-85.

- Han, J., Tang, K., Tran, L., y Lightner, D. (2015). Photorhabdus insect-related (Pir) toxin-like genes in a plasmid of *Vibrio parahaemolyticus*, the causative agent of acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND) of shrimp. *Diseases of Aquatic Organisms*, 113(1), 33–40.
- Heitmann, I., Jofré, L., Hormázabal, J., Olea, A., Vallebuona, C., y Valdés, C. (2005). Revisión y recomendaciones para el manejo de diarrea por *Vibrio parahaemolyticus*. *Revista chilena de infectología*, 22(2), 131–140.
- Hernández, C., Ulloa, J., Vergara, J., Espejo, R., y Cabello, F. (2005). Infecciones por *Vibrio parahaemolyticus* e intoxicaciones por algas: Problemas emergentes de salud pública en Chile. *Revista Médica de Chile*, 133(9), 1081–1088. <https://doi.org/10.4067/s0034-98872005000900013>
- Kaneko, T., y Colwell, R. (1973). Ecology of *Vibrio parahaemolyticus* in Chesapeake Bay. *Journal of Bacteriology*, 113(1), 24–32.
- Kokashvili, T., Whitehouse, C., Tskhvediani, A., Grim, C., Elbakidze, T., Mitaishvili, N., Janelidze, N., Jaiani, E., Haley, B., Lashkhi, N., Huq, A., Colwell, R., y Tediashvili, M. (2015). Occurrence and diversity of clinically important *Vibrio* species in the aquatic environment of Georgia. *Front Public Health*, 3(232), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2015.00232>
- Le, T., Munekage, Y., y Kato, S. (2005). Antibiotic resistance in bacteria from shrimp farming in mangrove areas. *Science of the Total Environment*, 349(1–3), 95–105.
- Lee, C., Chen, I., Yang, Y., Huang, Y., Huang, J., Huang, M., Lin, S., Chen, C., Lin, S., Lightner, D.
- Wang, H., Wang, A., Wang, H., Hor, L y Lo, C. (2015). The opportunistic marine pathogen *Vibrio parahaemolyticus* becomes virulent by acquiring a plasmid that expresses a deadly toxin. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112(34), 10798–10803.
- Li, N., Yang, Z., Bai, J., Fu, X., Liu, L., Shi, C., y Wu, S. (2010). A shared antigen among *Vibrio* species: Outer membrane protein-OmpK as a versatile Vibriosis vaccine candidate in Orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides*). *Fish and Shellfish Immunology*, 28(5–6), 952–956. <https://www.sciencedirect.com.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/science/article/pii/S1050464810000604>
- Lightner, D. (2011). Virus diseases of farmed shrimp in the Western Hemisphere (the Americas): A review. *Journal of Invertebrate Pathology*, 106, 110–130.
- López, P., Luna, A., Escamilla, R., Del Carmen Flores, M., Fierro-Coronado, J., Álvarez, P., y Diarte-Plata, G. (2016). Aislamiento y caracterización de *Vibrio parahaemolyticus* infeccioso, agente causal de AHPND en camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 44(3), 470–479.
- Nakamura, R., Pedrosa, I., Alenton, R. R. R., Nozaki, R., Kondo, H., y Hirono, I. (2019). Anti-PirA-like toxin immunoglobulin (IgY) in feeds passively immunizes shrimp against acute hepatopancreatic necrosis disease. *Journal of Fish Diseases*, 42, 1125–1132. <https://doi.org/10.1111/jfd.13024>

- Ningqiu, L., Junjie, B., Shuqin, W., Xiaozhe, F., Haihua, L., Xing, Y., y Cunbin, S. (2008). An outer membrane protein, OmpK, is an effective vaccine candidate for *Vibrio harveyi* in Orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides*). *Fish and Shellfish Immunology*, 25(6), 829–833. <https://www.sciencedirect.com.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/science/article/pii/S1050464808002155>
- Noor, G., Larsen, M., Christensen, H., Aarestrup, F., Phu, T., & Dalsgaard, A. (2015). Identification and antimicrobial resistance of bacteria isolated from probiotic products used in shrimp culture. *PLOS ONE*, 10(7): e0132338, 1–21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0132338>
- Organización Panamericana de la Salud. (2011). Salud y enfermedad en la población. En *Módulos de principios de epidemiología para el control de enfermedades (MOPECE)* (2a ed., pp. 1–50).
- Pantoja, C., y Lightner, D. (2014). EMS/AHPND Descripción de la enfermedad en Asia y América. En V. Morales y J. Cuéllar-Anjel (Eds.), *Guía Técnica-Patología e Inmunología de Camarones Penaeidos* (2a ed., pp. 172–177). OIRSA.
- Parajales, J., Peña, N., Solórzano, A., Castro, R., Arguedas, D., y Dolz, G. (2017). Presencia de agentes infecciosos (AHPND, IHHNV, WSSV, EHP) en sistemas de producción de camarones de cultivo en Costa Rica. *Revista de Ciencias Veterinarias*, 36(3).
- Parthasarathy, S., Das, S. C., y Kumar, A. (2016). Occurrence of pathogenic *Vibrio parahaemolyticus* in crustacean shellfishes in coastal parts of Eastern India. *Veterinary World*, 9(3), 330–336. <https://doi.org/10.14202/VETWORLD.2016.330-336>
- Peña, N., Castro, R., Vargas-Leitón, B., y Dolz, G. (2020). Molecular detection of acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND) in *Penaeus vannamei* shrimps in Costa Rica. *Aquaculture*, 523(735190), 1–8. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2020.735190>
- Peña, N., y Varela, A. (2015). Análisis histopatológico en *Litopenaeus vannamei* infectado con *Vibrio parahaemolyticus*. *Agronomía Mesoamericana*, 26(1), 43–53. <https://doi.org/10.15517/am.v26i1.16892>
- Peña, N. (2012). *Efecto estimulador de tres productos naturales sobre el sistema inmunológico del camarón Litopenaeus vannamei, desafiado con Vibrio parahaemolyticus* [Tesis de Licenciatura]. Universidad de Costa Rica. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/2496>
- Qian, R., Xiao, Z., Zhang, C., Chu, W., Wang, L., Zhou, H., Wei, Y., & Yu, L. (2008a). A conserved outer membrane protein as an effective vaccine candidate from *Vibrio alginolyticus*. *Aquaculture*, 278(1–4), 5–9. <https://www.sciencedirect.com.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/science/article/pii/S0044848608001452>
- Qian, R., Xiao, Z., Zhang, C., Chu, W., Mao, Z., y Yu, L. (2008b). Expression and purification of two major outer membrane proteins from *Vibrio alginolyticus*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 24, 245–251.
- Raghunath, P. (2014). Roles of thermostable direct hemolysin (TDH) and TDH-related hemolysin (TRH) in *Vibrio parahaemolyticus*. *Frontiers in Microbiology*, 5(805), 1–4. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2014.00805>

- Rivera, R., Domínguez, C., y Rodríguez, J. (2018). *Efecto de la temperatura sobre la susceptibilidad del camarón blanco Penaeus vannamei a Vibrio parahaemolyticus*.
- Rodríguez, J., Méndez, E., Rivas, A., y Cortés, J. (2014). Evaluación de la presencia de *Vibrio parahaemolyticus* en camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) silvestre estuarino en el sur de Sinaloa y norte de Nayarit, mediante análisis microbiológico y PCR. *Revista Bio Ciencias*, 2(4), 282–292.
- Rodríguez, E., Bosch-Navarro, A., Cepeda, A., Domínguez, L., Otero, A., Zurera, G., Carrasco, E., Pérez, F., & Valero, A. (2010). Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre los criterios microbiológicos para las especies patógenas del género *Vibrio* aplicables, como medidas adicionales de control en los puntos de inspección. *Revista del comité científico*, 12, 9–36.
- Roque, A., Molina A., Boln, C., & Gomez, B. (2001). In vitro susceptibility to 15 antibiotics of *Vibrios* isolated from penaeid shrimps in Northwestern Mexico. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 17(5), 383–387.
- Sotomayor, M., & Balcázar, J. (2003). Inhibición de *Vibrios* patógenos de camarón por mezclas de cepas probióticas. *Revista AquaTIC*, 19, 9–15. <http://www.revistaaquatic.com/ojs/index.php/aquatic/article/view/254/242>
- Soto, S., Gomez, B., Lozano, R., Betancourt, M., y Morales, M. (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(6), 1689–1699.
- Tello, M. (2018). *Actividad inmunoestimulante de nanopartículas de oro en camarón blanco (Litopenaeus vannamei) contra Vibrio parahaemolyticus* [Tesis maestría]. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/1501/1/tello_m_TESIS.pdf
- Thompson, F., Iida, T., y Swings, J. (2004). Biodiversity of *Vibrios*. *Microbiology and molecular biology reviews*, 68(3), 403–431.
- Tran, L., Nunan, L., Redman, R., Mohny, L., Pantoja, C., Fitzsimmons, K., y Lightner, D. (2013). Determination of the infectious nature of the agent of acute hepatopancreatic necrosis syndrome affecting penaeid shrimp. *Diseases of Aquatic Organisms*, 105, 45–55.
- Trujillo, E. (2016). *Neutralización de la toxinas PirA y PirB de Vibrio parahaemolyticus asociado a AHPND con fragmentos de anticuerpos desplegados en fagos* [Tesis de maestría]. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/2402>
- Varela, A., Peña, N., & Aranguren, L. (2017). Necrosis aguda del hepatopáncreas: una revisión de la enfermedad en *Penaeus vannamei*. *Agronomía Mesoamericana*, 28(3), 735–745.
- Vazquez, L., Alpuche, J., Maldonado, G., Agundis, C., Pereyra, A., y Zenteno, E. (2009). Immunity mechanisms in crustaceans. *Innate Immunity*, 15(3), 179–188.
- Xiao, J., Liu, L., Ke, Y., Li, X., Liu, Y., Pan, Y., Yan, S., & Wang, Y. (2017). Shrimp AHPND-causing plasmids encoding the PirAB toxins as mediated by pirAB-Tn903 are prevalent in various *Vibrio* species. *Scientific Reports*, 7(42177), 1–11.

Yang, Y., Chen, I., Lee, C., Chen, C., Lin, S., Hor, L., Tseng, T., Huang, Y., Sritunyalucksana, K., Thitamadee, S., Wang, H., & Lo, C. (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(5), 1-2. <https://doi.org/10.1128/genomeA.00816-14>

Zamora, D. & Quiróz, C. (2005). Un enemigo marino silencioso *Vibrio parahaemolyticus*. *Revista Digital Universitaria*, 6(4). https://www.revista.unam.mx/vol.6/num4/art33/abr_art33.pdf

Zorriehzahra, M., y Banaederakhshan, R. (2015). Early Mortality Syndrome (EMS) as new Emerging Threat in Shrimp Industry. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 3(2s), 64-72.