

Efecto del método de infección de *Pseudomonas sp.* asociada a tanques de larvicultura del camarón blanco *Penaeus vannamei*

Effect of the infection method of *Pseudomonas sp.* associated with larviculture tanks of the white shrimp *Penaeus vannamei*



Brigitte Teresa Villón Navas¹
Richard Duque Marín¹
Daniel Rodríguez-Pesantes²

✉ <https://orcid.org/0009-0005-6352-4076>
✉ <https://orcid.org/0000-0002-6084-1640>
✉ <https://orcid.org/0000-0001-5515-5980>

¹Universidad Estatal Península de Santa Elena UPSE | La Libertad - Ecuador | CP 240350

²Escuela Superior Politécnica del Litoral ESPOL, Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM), Guayaquil - Ecuador | P.O. Box 09-01-5863

✉ brigitte.villonnavas4020@upse.edu.ec

<http://doi.org/10.26423/rctu.v12i1.872>
Páginas: 23- 33

Resumen

Las *Pseudomonas* son organismos cosmopolitas y su impacto dentro de la acuicultura muestra distintas perspectivas. La cepa *Pseudomonas sp.* aislada de un sistema de producción larvaria de camarón *Penaeus vannamei* se evaluó en patogenicidad mediante inyección intramuscular y por inmersión en camarones de 3,93 ± 0,26 g. El resultado de la prueba patogénica mostró que la mortalidad promedio luego de 72 h post-infección (h.p.i.), en los animales inyectados fue de 68,95 ± 1,77 %, versus 64,44 ± 1,07 % en los animales infectados por inmersión. La mortalidad del tratamiento control osciló entre 3-10 %. La histología de hepatopáncreas evidenció una marcada respuesta inflamatoria, formación de granulomas, y necrosis de células hepatopancreáticas. La cepa de *Pseudomonas* evaluada demostró una alta capacidad patógena independientemente del método usado como vehículo de infección. Estos hallazgos denotan la necesidad de evaluar estrategias de control bacteriano en búsqueda de optimizar el rendimiento en sistemas de cultivo controlado.

Palabras clave: cultivo de camarón, inmersión, inyección intramuscular, patogenicidad, *Penaeus vannamei*.

Abstract

Pseudomonas are cosmopolitan organisms, and their impact on aquaculture is diverse. The pathogenicity of a *Pseudomonas sp.* strain isolated from a *Penaeus vannamei* larval shrimp production system was evaluated by intramuscular injection and immersion in 3.93 ± 0.26 g shrimp. The results of the pathogenic test showed that the average mortality after 72 hours post-infection (h.p.i.) in the injected animals was 68.95 ± 1.77%, compared to 64.44 ± 1.07% in the animals infected by immersion. Mortality in the control treatment ranged from 3% to 10%. Hepatopancreas histology showed a marked inflammatory response, granuloma formation, and hepatopancreatic cell necrosis. The *Pseudomonas* strain tested demonstrated high pathogenicity regardless of the infection vehicle used. These findings highlight the need to evaluate bacterial control strategies to optimize performance in controlled culture systems.

Keywords: *Penaeus vannamei*, pathogenicity, shrimp culture, intramuscular injection, immersion.

Recepción: 25/03/2025 | Aprobación: 06/05/2025 | Publicación: 27/06/2025

1. Introducción

Los camarones peneidos son los crustáceos de mayor producción acuícola a escala global, representando el 15 % de los productos pesqueros comercializados internacionalmente [1]. En Ecuador la producción de camarón blanco *Penaeus vannamei* es la actividad acuícola más importante, alcanzando en el 2023 la cifra récord de 1 108 325 toneladas de producto vendido en distintos países de los cinco continentes, lo que generó ingresos por un total de USD 6 288M [2].

Este crecimiento en la industria de cultivo de camarones peneidos en América y Asia ha sido afectada por diversas enfermedades [3, 4], provocadas por algunos agentes etiológicos, como bacterias principalmente del género *Vibrio* [5, 6], *fúngico* [7, 8], *virico* [9, 10], y parasitario [11, 12]. Indistintamente del origen etiológico, ocasionan grandes pérdidas económicas al sector [13]. Particularmente las enfermedades provocadas por bacterias se asocian a los *Vibrios*, entre los que se reportan: el Síndrome de la Gaviota [14], el síndrome de bolitas o síndrome de Zoa [15], la enfermedad de necrosis hepatopancreática aguda (AHPND) [16], entre otros. Las vibriosis, (enfermedades ocasionadas por bacterias del género *Vibrio*) son de importante consideración en el cultivo de camarón [17]. Bajo esta misma perspectiva el género *Vibrio* y algunas *Pseudomonas* son las causantes de varias afectaciones en el cultivo [18, 19].

Paradójicamente, los microorganismos, sean estas bacterias, *Vibrio*, y *Pseudomonas*, cumplen un importante rol en las piscinas de cultivo, particularmente en la productividad, ciclos de nutrientes, nutrición de los organismos cultivados, y en el impacto ambiental que tienen sobre los efluentes [20, 21]. Por lo que, en el medio de cultivo existe una interacción entre las especies patógenas y probióticas [22, 23] complicando su manejo para una adecuada sinergia en el medio de cultivo. En el cultivo de camarón los microorganismos se distribuyen en el agua, sedimento y formando parte del microbiota intestinal [24].

Las *Pseudomonas* son microorganismos móviles, debido a la presencia de flagelos polares. Existen reportes de *Pseudomonas sp.* como patógenos en el cultivo de camarón [19]. No obstante, se ha señalado una visión variada acerca del efecto de las *Pseudomonas sp.* en el cultivo de camarón. Entre ellos, el efecto inhibitorio sobre la actividad patógena de *Vibrios* en *P. vannamei* [25], efecto probiótico [26], incluso de cepas de *Pseudomonas* aisladas del suelo de piscinas camaroneras [27] y el efecto benéfico de *Pseudomonas aeruginosa* en el cultivo de *Penaeus monodon* desafiados con *Vibrios* [28]. Por lo que, estudios enfocados a dilucidar cuál es el efecto directo de *Pseudomonas* (aisladas de cultivo de camarón) asociadas a mortalidades larvarias de camarón blanco, son necesarios.

Las rutas de infección más utilizados son inmersión e inyección, y han sido ampliamente validados para determinar patogenicidad en camarones de cultivo. Estos métodos permiten reproducir la enfermedad bacteriana natural, que se produciría tras lesiones cuticulares, ecdisis o un desequilibrio en la flora bacteriana natural. Los objetivos de la presente investigación son (1) conocer el efecto de la exposición (inmersión e inyección) de *Pseudomonas sp.* sobre la salud del camarón *Penaeus vannamei*, y (2) mediante histología de

la hepatopáncreas conocer la ruta que utiliza *Pseudomonas sp.* para afectar el camarón de cultivo, contrastando estas observaciones con histología de animales sanos (sin infectar).

2. Materiales y Métodos

Colecta de muestras

Se colectaron muestras de agua (34 UPS), sedimento y post-larvas de dos tanques de cultivo de camarones (estadio post-larva VIII) de un laboratorio productor de post-larvas de camarón ubicado en Santa Elena, Ecuador (2°03'51,5"S, 80°44'10,7"O). Los tanques se eligieron por presentar coloraciones rosáceas en el fondo (presuntas colonias de *Pseudomonas*) [29]. Tres muestras aleatorias de agua (1 L) y sedimentos de cada tanque (Aprox. 10 g) de cultivo se recogieron de manera aséptica en botellas y bolsas de plástico estériles, respectivamente. Todas las muestras se transportaron inmediatamente al laboratorio de microbiología. Donde las muestras se utilizaron inmediatamente para el cultivo de bacterias y aislamiento de las *Pseudomonas* en agar específico (GSP agar, Merck).

Aislamiento, e identificación de *Pseudomonas sp*

Para aislar la cepa de *Pseudomonas*, las muestras de agua, sedimento y de camarón *P. vannamei* se cultivaron y aislaron en medio de agar selectivo (GSP agar, Merck) utilizando el método de placa extendida [30]. Las placas de cultivo se incubaron a 32 °C durante 72 h. Se seleccionaron las colonias grandes con diámetro de 2-3 mm, color rojo-violeta, características típicas de las colonias del género *Pseudomonas* en el medio GSP agar [31, 32]. Colonias individuales fueron transferidas a otras placas que contenían agar GSP usando la siembra por agotamiento, las placas se incubaron a las mismas condiciones antes mencionadas. Las colonias puras fueron crio-preservadas a -80°C, usando medio LB (Luria-Bertani) con 15 % de glicerol.

Se realizó una confirmación de la producción de pigmento rojo-rosado por bacterias en el fondo de un contenedor de 50 L (Soltani *et al.* 2010). Para ello, se colocó una concentración de 2x10⁶ UFC/mL en contenedor plástico de 50 L, con aeración leve. Después de la inoculación (24h) las bacterias aisladas produjeron un pigmento rojo-rosado en el fondo del contenedor.

Curva de calibración

Para realizar ensayos microbiológicos bajo condiciones equivalentes es necesario trabajar con la misma cantidad de biomasa en una fase de crecimiento similar. *Pseudomonas sp.* se activó en placas Petri que contenían agar LB suplementado con cloruro de sodio al 2 % (LBa-2 % NaCl) e incubado a 30 °C durante 24 h. La cinética de crecimiento se determinó utilizando caldo LB suplementado con NaCl al 2 % (LBc-2 % NaCl). Brevemente, las colonias individuales se transfirieron a LBc-2 % NaCl y se incubaron a 30 °C, 120 rpm durante la noche. Luego, el inóculo bacteriano se ajustó a una concentración de 1,5 × 10⁸ UFC mL⁻¹ utilizando un tubo McFarland estándar de 0,5. De este inóculo ajustado, se transfirió 1 mL a un matraz que contenía 999 mL de medio de cultivo LBc-2 % NaCl fresco, por duplicado, y el matraz se incubó a 30 °C, 120 rpm durante 18 h. Cada 60 min, se extrajo una alícuota del cultivo y se utilizó para registrar la absorbancia y realizar la siembra por el método de placa

extendida (Figura. 1). La absorbancia se midió a (OD600 nm) utilizando un lector (Varioskan™ LUX, Thermo Scientific). Se dispensaron 200 µL de cultivo bacteriano, por triplicado, en placas de 96 pocillos. En paralelo, se realizaron diluciones

seriadas de 10 veces y se sembraron 100 µL en la superficie de placas Petri que contenían LBa-2 % NaCl, las placas se incubaron a 30 °C durante 18 h y se contaron las colonias bacterianas en placas que contenían menos de 400 colonias.

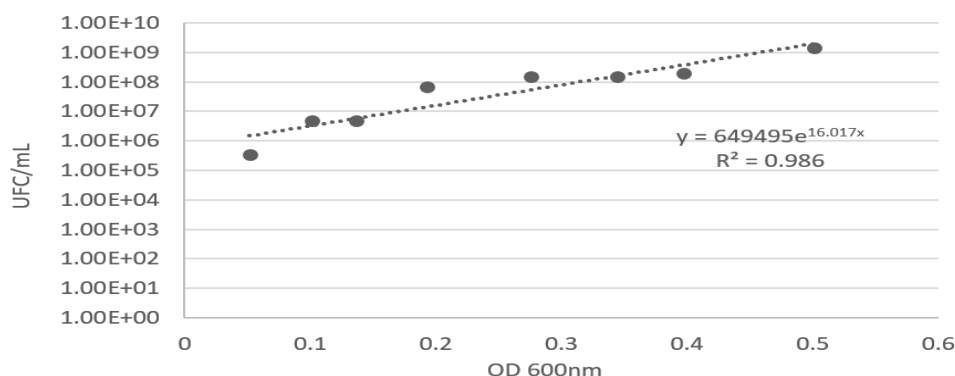


Figura 1. Curva de calibración que relaciona la absorbancia con las unidades formadoras de colonias por mL.

Inóculo bacteriano

Pseudomonas sp. se activó en caldo LB-2 % NaCl incubado a 30 °C con agitación constante (120 rpm) durante 12 h, un volumen del cultivo se transfirió a otro matraz que contenía LB-2 % NaCl fresco y se dejó crecer durante 8 h a 30 °C y 150 rpm. El inóculo bacteriano se ajustó a 2×10^8 UFC mL⁻¹ a una densidad óptica DO600 nm, y se realizaron cuatro diluciones seriadas (1/10) para obtener un inóculo ajustado de $1,5 \times 10^4$ hasta $1,5 \times 10^8$ UFC mL⁻¹. Estos inóculos ajustados se utilizaron para la infección mediante inyección e inmersión.

Juveniles de *Penaeus vannamei*

500 camarones de $3,93 \pm 0,26$ g se transportaron desde una granja camaronera ubicada en Palmar, provincia de Santa Elena, Ecuador (2°02'16,7"S, 80°43'14,7"O) en un tanque de 1000 L, con salinidad 34 UPS y oxígeno disuelto entre 4-5 mg/L hacia un cuarto adecuado para el desafío en el interior de un laboratorio de producción de larvas de camarón en Monteverde, Santa Elena, Ecuador (2°03'51,5"S, 80°44'10,7"O). Para la aclimatación de los animales, se mantuvieron por 72 h en dos tanques de 1000 L (250 camarones por tanque) llenados previamente con agua de mar filtrada y esterilizada con UV a 34,0 UPS, temperatura ambiental (26,0°C) y proporcionando aeración moderada (3-5 mg/L O₂).

Los camarones se alimentaron cada 24 horas con balanceado comercial (35 % proteína), la dosis de alimento comercial utilizada fue del 3 % del peso corporal promedio del camarón [33]. Se realizaron inter-diariamente rutinas de recambio de agua al 50 % eliminando productos de excreción mediante sifón de las unidades experimentales. Cada recambio fue aprovechado para retirar la mortalidad y generar un registro.

Prueba de patogenicidad

La evaluación de la patogenicidad de los aislados de *Pseudomonas sp.* se realizó mediante dos pruebas de desafío, usando la infección vía inyección y vía inmersión. Los camarones fueron aclimatados por 72 h antes de ser expuestas a la cepa de *Pseudomonas sp.* Los camarones se distribuyeron

aleatoriamente en cajas plásticas rectangulares con volumen de agua de 40 L (30 camarones por unidad experimental, en 33 contenedores). Las unidades experimentales se llenaron previamente con agua de mar filtrada y esterilizada con UV a 34 UPS, temperatura ambiental (26,0°C) y proporcionando aeración moderada (3-5 mg/L O₂).

Experimentación vía inyección: esta evaluación fue basada según recomendaciones de Wang *et al.* (2014) [34], la patogenicidad de *Pseudomonas sp.* se confirmó inyectando 100 µL del inóculo bacteriano a concentraciones finales $1,5 \times 10^4$; $1,5 \times 10^5$; $1,5 \times 10^6$; $1,5 \times 10^7$, y $1,5 \times 10^8$ UFC/mL a camarones juveniles *P. vannamei* por vía intramuscular (primer segmento abdominal) [35], como control se inyectaron 100 µL de solución salina estéril. La jeringa utilizada para este desafío fue la usada para inyección de insulina.

Prueba de desafío vía inmersión: consistió en adicionar el inóculo bacteriano a diferentes concentraciones finales $1,5 \times 10^4 = 0,07$ mL; $1,5 \times 10^5 = 0,7$ mL; $1,5 \times 10^6 = 7,0$ mL; $1,5 \times 10^7 = 70,0$ mL de *Pseudomonas sp.* directamente en el agua de la unidad experimental. Un tratamiento sin inóculo bacteriano fue incluido como tratamiento control. Los contenedores con camarones en ambos métodos de infección se mantuvieron sin recambio de agua, pero se retiró el excedente de alimento por medio de sifón cada 24 h. La alimentación se fijó en una dosis diaria mientras duró el desafío (72 horas).

Histopatología

De cada ruta de infección (inyección e inmersión), luego de 72 horas (fin del experimento) se tomaron seis camarones sanos y seis camarones moribundos (con sintomatología observable). Los camarones se colocaron en agua de mar filtrada y esterilizada con UV y se trasladaron al laboratorio para el análisis respectivo.

La salud de los camarones fue analizada por histopatología siguiendo el protocolo descrito por Bell T. A. [36]. Brevemente, los camarones fueron fijados inyectando Davidson para preservar la estructura de los tejidos. Los tejidos fijados se deshidrataron en concentraciones

ascendentes de alcohol, se aclararon en tolueno, se embrieron en parafina y se seccionaron con un micrótopo rotatorio a 5 μ m. Posteriormente los tejidos seccionados se tiñeron con hematoxilina y eosina (H and E). Finalmente, se observaron en un microscopio óptico para identificar las alteraciones observables en la hepatopáncreas de los camarones desafiados.

Análisis estadístico

Para cumplir con las asunciones de homocedasticidad y homogeneidad de varianza se utilizaron las pruebas estadísticas de Shapiro Wilks y Barlett. Luego de ello, se realizó un análisis de varianza de una vía (ANOVA) para detectar las diferencias entre los tratamientos. Cuando se detectaron diferencias estadísticas significativas en la prueba ANOVA, se realizó la prueba post hoc de comparaciones

múltiples de Tukey para determinar diferencias significativas entre los tratamientos individuales a un nivel de significancia de $p=0,05$. Todos los datos se muestran como promedio con su desviación estándar (Sheskin, 2000).

3. Resultados y Discusión

Identificación bacteriana

Se aisló cepa de *Pseudomonas* sp. en agar selectivo GSP agar a partir de muestras de agua, sedimentos y camarones recolectados en estanques de cultivo de camarones (Figura. 2). Para identificar y discriminar el crecimiento de la *Pseudomonas* se siguieron recomendaciones de Kielwein [31, 32]. Se observaron colonias grandes, con diámetro de 2-3 mm, y de una tonalidad azul violeta, rodeado por una zona roja-violeta (Tabla 1).

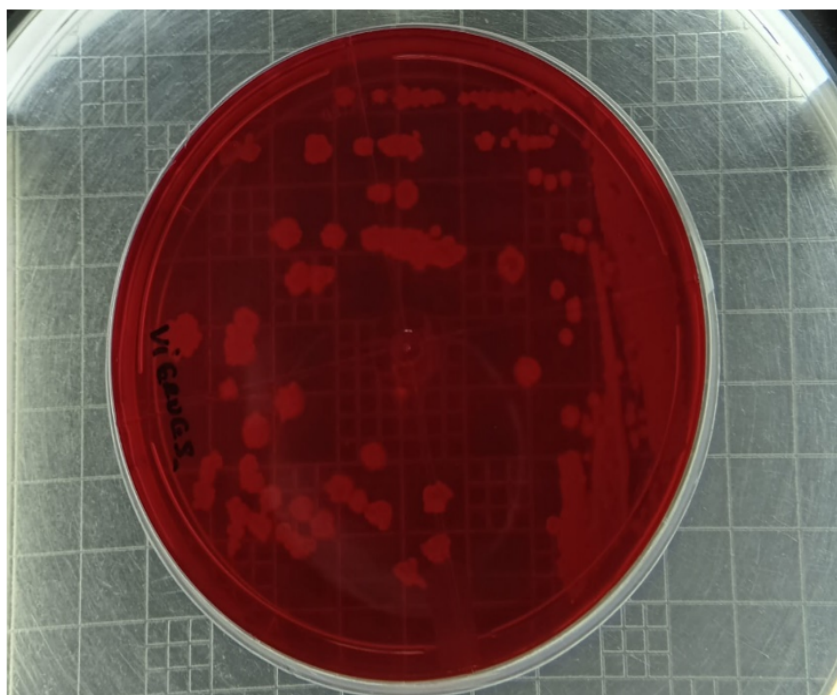


Figura 2. Cepa de *Pseudomonas* sp. cultivada en agar selectivo GSP agar a partir de muestras de agua, sedimentos y camarones recolectados en estanques de cultivo de camarón *P. vannamei*.

Tabla 1: Listado de macroinvertebrados bentónicos del Archipiélago Jambelí, 2024.

Apariencia de las colonias	Microorganismos
Grande, diámetro de 2-3 mm, azul violeta rodeado por una zona roja violeta	<i>Pseudomonas</i>
Grande, diámetro de 2-3 mm, amarilla rodeado por una zona amarilla	<i>Aeromonas</i>
Usualmente pequeña, crecimiento retrasado, algunas veces mucoide	Enterobacteriaceae, y otros

* Medio propuesto por Kielwein (1969, 1971) para detectar *Pseudomonas* y *Aeromonas*.

Pruebas de patogenicidad

Dentro de las primeras 24 h post-infección (h.p.i.) los signos clínicos observados en animales inyectados fueron anorexia, letargo, y ligero ablandamiento de la cutícula, ello, independientemente de la dosis inyectada, con una tasa de mortalidad de 13.33 a 20.00 %. La patología de *Pseudomonas* sp., después de 48 h.p.i., evidenció una ligera coloración rosácea, junto con una musculatura opaca. Después de 72

h p.i., en los tratamientos 1,5 x 10⁶, 1,5 x 10⁷ y 1,5 x 10⁸ UFC.mL fueron evidentes procesos necróticos de urópodos y telson, exoesqueleto y pereiopodos. La mortalidad más alta a las 48 h.p.i. del desafío se registró con la dosis 1,5 x 10⁷, y 1,5 x 10⁸ UFC.mL (33,33 $\pm$ 3,33 %), incrementando ligeramente hasta 34,11 $\pm$ 5,09 % a las 72 h.p.i. (Figura. 3). Durante todo el ensayo camarones moribundos fondeados y mortalidades con sintomatología infecciosa fueron observados y retirados de los contenedores de evaluación.

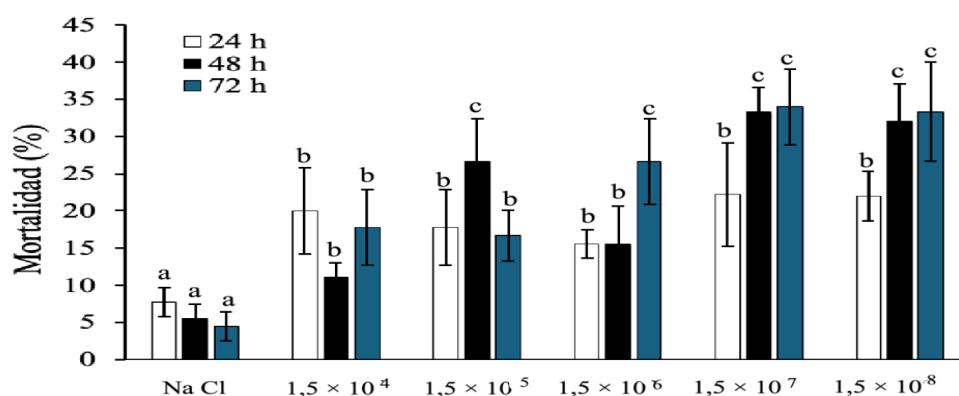


Figura 3. Mortalidad de camarón *P. vannamei* desafiados a distintas concentraciones de *Pseudomonas* sp. por método de inyección. Las barras verticales muestran la desviación estándar y las letras sobre ellas diferencias estadísticas entre los tratamientos por cada día evaluado. Las concentraciones usadas en esta evaluación se muestran en el eje X.

Por otro lado, el tratamiento mediante inmersión también demostró una alta capacidad patógena de la cepa evaluada. La mortalidad osciló entre 12,22 y 17,78 % en las primeras 24 h.p.i., incrementando hasta 25,55 % a las 48 h.p.i. con las

dosis más altas usadas por inmersión ($1,5 \times 10^5$, $1,5 \times 10^6$, $1,5 \times 10^7$ UFC.mL). Finalmente a las 72 h.p.i la mortalidad aumentó hasta 27,78 % con la dosis $1,5 \times 10^5$ UFC.mL (Figura. 4).

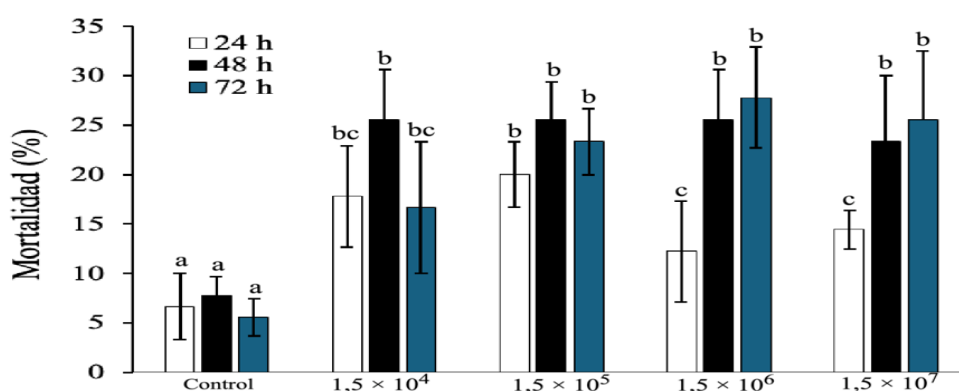


Figura 4. Mortalidad de camarón *P. vannamei* desafiados a distintas concentraciones de *Pseudomonas* sp. por método de inmersión. Las barras verticales muestran la desviación estándar y las letras sobre ellas diferencias estadísticas entre los tratamientos por cada día evaluado. Las concentraciones usadas en esta evaluación se muestran en el eje X.

Histopatología

Mediante los cortes histológicos realizados a los camarones enfermos se observaron diversos grados de daño cuticular, infiltración hemocítica y cambios degenerativos en los tubulos del hepatopáncreas a las 72 h.p.i. (Figura. 5A

y 5B), además las estructuras poligonales del lumen en el hepatopáncreas desaparecieron. Este análisis histológico mostró que los camarones usados como control mostraron hepatopáncreas con túbulos en condiciones normales (Figura. 5C).

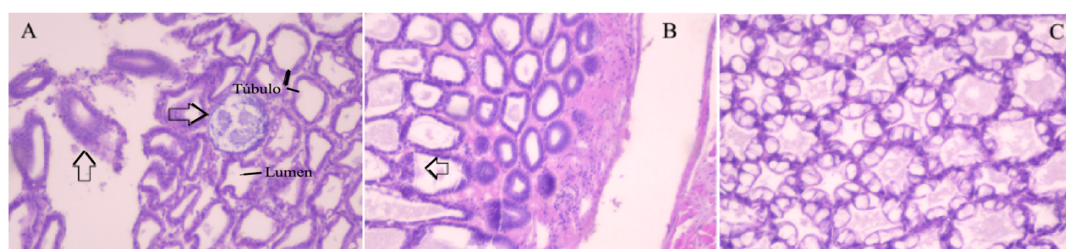


Figura 5. Histología de hepatopáncreas de camarones desafiados con *Pseudomonas* sp. Las flechas en la Figura A y B indican pérdida de la estructura de los lóbulos, y desprendimiento o descamación celular. La Figura C corresponde a hepatopáncreas de camarón sano.

Las condiciones medioambientales de la costa continental ecuatoriana brindan escenarios ideales que los microorganismos oportunistas aprovechan para conseguir éxito en su desempeño. Además, las malas prácticas de manejo en los ciclos de producción, altas densidades de siembra, suministro elevado de alimento y uso de antibióticos producen un crecimiento de la actividad bacteriana [37]. Ello obliga a incluir dentro de los protocolos de producción, análisis microbiológicos que permitan conocer la dinámica bacteriana y con ello evitar desequilibrios en las piscinas de producción [38].

Los resultados del desafío mostraron que los camarones son susceptibles a la cepa de *Pseudomonas sp.* (aislada en esta investigación) en todas las concentraciones evaluadas. La cepa suministrada por inyección fue igual de virulenta que la suministrada por inmersión. La mortalidad promedio en los animales inyectados fue de 68,95 $\pm$ 1,77%, versus 64,44 $\pm$ 1,07% en los animales infectados por inmersión en 72 h.p.i., lo cual demuestra la alta capacidad patógena de la cepa usada.

Los métodos de infección usados, han sido ampliamente validados para determinar patogenicidad en camarones de cultivo [39, 40, 41, 42, 43, 44]. Ello permite reproducir la enfermedad bacteriana natural, que se produciría tras lesiones cuticulares, ecdisis o un desequilibrio en la flora bacteriana natural [45]. El método de inmersión permite una libre colonización de las bacterias en el medio, por lo que la infección se produce al poco tiempo de interacción, ya sea por medio del contacto directo o por adherencia y penetración. Generalmente, la colonización por bacterias parte en el aparato de alimentación del camarón, es decir, por la ingesta de alimentos contaminados o por ingesta de esporas [46]. A pesar de ello, existen decápodos que tienen la capacidad de eliminar cantidades de bacterias inyectadas en su hemolinfa [47], específicamente en la hemolinfa de *Sicyonia ingentis* [48], *Homarus americanus* [49], y *Penaeus monodon* [50]. Esta eliminación bacteriana está asociada con una rápida y significativa disminución en el número de hemocitos circulantes [48]. Los hemocitos del camarón son las células inmunes vitales que participan en el sistema inmunológico innato como respuesta para defenderse contra patógenos [51]. En *P. vannamei*, se ha observado que la cantidad de hemocitos sufre una disminución cuando los camarones son desafiados con *Vibrio harveyi* [6]. En este sentido, algunos estudios han revelado respuestas diferenciales de los hemocitos del camarón y el proceso de diferenciación inmuno-funcional post-infección con WSSV [50]. En base a ello, es necesario conocer los mecanismos de defensa que desencadena en el camarón la infección con la cepa de *Pseudomonas sp.* aislada en esta investigación. Inmunológicamente, los microorganismos pueden ser eliminados directamente por fagocitosis, mientras que otros se limitan a nódulos o grupos de células [45]. En respuesta a la presencia de estos tejidos infectados, algunos hemocitos pueden migrar al tejido conectivo [47], los túbulos hepatopancreáticos y las branquias [49]. En el presente estudio se detectó la afectación en el hepatopáncreas, por lo que se sugiere dirigir esfuerzos para conocer el nivel de afectación en otros órganos del camarón e incluso en otros estadios más sensibles dentro de su ontogenie.

Los mecanismos de acción que utilizan las bacterias son variadas, algunas especies sintetizan una capa de exopolisacáridos que facilita la adhesión celular, la formación de biopelículas o biofilms, y la protege de la fagocitosis,

de los anticuerpos, aumentando así su patogenicidad [45], causando degradación de los tejidos conectivos [51]. Las *Pseudomonas* poseen pigmentos que actúan como sideróforos (moléculas cuya función es capturar el hierro del medio necesario para el metabolismo del microorganismo) [29]. Además, presentan una amplia capacidad para utilizar sustratos muy variados como fuente de carbono. Esta versatilidad se debe a la presencia de un gran número de plásmidos que contienen operones para la síntesis de enzimas específicas usadas para catabolizar los compuestos presentes en el medio, incluso en comparación con otros biofilms bacterianos, las biopelículas de *Pseudomonas* son más resistentes a los antibióticos [52]. Por ello, las *Pseudomonas* son capaces de colonizar un amplio rango de nichos [53].

Por el contrario, otros autores reportan el potencial de aplicar *Pseudomonas* en estanques de camarones para el tratamiento del agua [54]. Llegando incluso a identificar que las especies *Pseudomonas stutzeri* AM1 y *Pseudomonas oleovorans* ST1 (aislado de fondos de piscinas de producción de camarón) son potenciales probióticos para el cultivo de camarón [27, 55], reporta igual situación para las especies *Pseudomonas synxantha* y *Pseudomonas aeruginosa*. Por otro lado, se ha demostrado que las *Pseudomonas* y bacterias filamentosas causan mortalidad en camarones [56]. Aunque se sabe poco sobre su capacidad para causar dicha mortalidad. Sobre todo de las *Pseudomonas* patógenas productoras de pigmento rojo-rosado que se desarrollan en los laboratorios de producción larvaria [29], cepa que ha demostrado ser altamente patógena para larvas y post-larvas tempranas de *P. vannamei* [29] evidenciando que *Pseudomonas sp.* aisladas de un cultivo larvario de camarón causan necrosis aguda e hidrólisis de las larvas y postlarvas. Estos daños en la cutícula pueden conducir a mortalidades como resultado de una muda fallida [57]. Es probable que la necrosis y la consecuente mortalidad que observamos en los camarones infectados tenga relación con la producción de toxinas extracelulares que generan las *Pseudomonas*, hipótesis ya planteada en investigaciones previas [29].

La hepatopáncreas en camarón (glándula digestiva) cumple funciones como la absorción de nutrientes, el almacenamiento de lípidos, desintoxicación y la producción de enzimas digestivas [58]. En este estudio, se observó una marcada respuesta inflamatoria, formación de granulomas, y necrosis de células hepatopancreáticas, situación reportada también para *M. rosenbergii* infectado con *P. aeruginosa* [59]. Así mismo, la hepatopáncreas de los camarones infectados se mostró pobremente vacuolado, lo que indica bajas reservas de lípidos y glucógeno [60]. También registramos engrosamiento de las láminas basales de los túbulos invadidos. Investigaciones previas de desafío en *P. vannamei* con *Pseudomonas* fluorescencia, los signos clínicos reportados fueron melanización en la superficie corporal y oscurecimiento de las puntas de los apéndices, inflamación de la cola, deformidad del rostro, oscurecimiento de las branquias y palidez de la hepatopáncreas [61, 62]. En hepatopáncreas la histología reveló la presencia de filtración hemocítica, desprendimiento de células del hepatopáncreas, inflamación necrótica, tapón hemocítico, rotura de musculatura y edema epitelial [62]. Adicionalmente, camarones desafiados en esta investigación las estructuras poligonales del lumen en el hepatopáncreas desaparecieron.

4. Conclusiones

La afectación patológica de *Pseudomonas sp.* fue letal en todos los tratamientos y no respondió de forma proporcional a la dosis, la duración, ni al método de infección. El resultado de la prueba patogénica mostró que la mortalidad promedio en los animales inyectados fue de 68,95 ± 1,77 %, versus 64,44 ± 1,07 % en los animales infectados por inmersión (luego de 72 h post-infección). La histología de hepatopáncreas evidenció una marcada respuesta inflamatoria, formación de granulomas, y necrosis de células hepatopancreáticas. Esta capacidad altamente virulenta en el corto tiempo y la forma cómo afectan al organismo antes de provocar la muerte debe estudiarse más a fondo. Finalmente, a pesar que caracterizamos la bacteria de este estudio como *Pseudomonas sp.* es necesario dirigir esfuerzos para determinar la especie a la que pertenece, y evaluar posibles tratamientos que permitan controlar su afectación en cultivo de camarón.

Declaración ética

No se requirió ninguna declaración ética ni permisos especiales para esta investigación. Sin embargo, para garantizar el tratamiento ético de los animales, se utilizó un protocolo de anestesia-eutanasia de dos pasos de inmersión de los animales en alcohol al 60 % y al 95 % para sacrificarlos previo a su estudio histopatológico.

Financiamiento:

Los autores declaran autofinanciamiento para el desarrollo de esta investigación.

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no tienen conflictos de intereses ni relaciones personales conocidas que pudieran haber influido en el trabajo presentado en este artículo.

Declaración de disponibilidad de datos

Los datos que respaldan los hallazgos de este estudio están disponibles previa solicitud razonable.

Contribución de autor/es:

Bajo los lineamientos CRediT (Taxonomía de Roles de Contribuyente), los autores dan fe de las contribuciones realizadas al trabajo de investigación, que se detallan: Autor principal Brigitte Villón Navas: Escritura, Gestión, Recursos y tecnología, Investigación Coautor 1 Richard Duque Marín: Revisión-Edición, Supervisión, Conducción de la investigación, Metodología Coautor 2 Daniel Rodríguez Pesantes: Revisión-Edición, Validación-Supervisión, Análisis de datos, Curación de datos, Metodología

5. Referencias

1. BARANGE M. Fishery and Aquaculture Statistics-2011. *FAO Yearbook* [online]. 2018, vol. 0, pág. 76. Disponible en: <https://www.proquest.com/scholarly-journals/fishery-aquaculture-statistics/docview/2533422823/se-2>.
2. CÁMARA NACIONAL DE ACUACULTURA. Camara Nacional de Acuicultura. *Camara Nacional de Acuicultura* [online]. 2023, vol. 0, pág. 0. Disponible en: <https://www.cna-ecuador.com/estadisticas/>.
3. RAJA R. A., SRIDHAR R., BALACHANDRAN C., PALANISAMMI A., RAMESH S., AND NAGARAJAN K. Prevalence of *Vibrio* spp. with special reference to *Vibrio parahaemolyticus* in farmed penaeid shrimp *Penaeus vannamei* (Boone, 1931). *Districts of Tamil Nadu, India. Indian J Fish* [online]. 2017, vol. 64, págs. 122-128. Disponible en: <https://doi.org/10.21077/ijf.2017.64.3.69011-18>.
4. WANG L. U., AND CHEN J. C. The immune response of white shrimp *Litopenaeus vannamei* and its susceptibility to *Vibrio alginolyticus* at different salinity levels. *Fish shellfish immunology* [online]. 2005, vol. 18, n.º 4, págs. 269-278. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2004.07.008>.
5. FLORES MIRANDA M., LUNA GONZÁLEZ A., CAMPA CÓRDOVA Á. I., FIERRO CORONADO J. A., PARTIDA ARANGURE B. O., PINTADO J., AND GONZÁLEZ OCAMPO H. A. Isolation and characterization of infectious *Vibrio* sinaloensis strains from the Pacific shrimp *Litopenaeus vannamei* (Decapoda: Penaeidae). *Revista de biología tropical* [online]. 2012, vol. 60, n.º 2, págs. 567-576. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442012000200005&script=sci_arttext&tlng=en.
6. HUANG H. H., LIU X. L., XIANG J. H., AND WANG P. Immune response of *Litopenaeus vannamei* after infection with *Vibrio harveyi*. *Aquaculture* [online]. 2013, vol. 406, n.º 0, págs. 115-120. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.05.010>.
7. YAO L., WANG C., LI G., XIE G., JIA Y., WANG W., SHUANG L., TINGTING X., KUN L., QINGLI Z., AND KONG J. Identification of *Fusarium solani* as a causal agent of black spot disease (BSD) of Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*. *Aquaculture* [online]. 2022, vol. 548, n.º 0, pág. 737602. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737602>.
8. DEWANGAN N. K., GOPALAKRISHNAN A., KANNAN D., SHETTU N., AND SINGH R. R. Black gill disease of Pacific white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) by *Aspergillus flavus*. *Journal of Coastal Life Medicine* [online]. 2015, vol. 3, n.º 10, págs. 761-765.

9. ARULMOORTHY M. P., ANANDAJOTHI E., VASUDEVAN S., AND SURESH E. Major viral diseases in culturable penaeid shrimps: a review.) *Aquaculture international* [online]. 2020, vol. 28, n.º 5, págs. 1939-1967. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10499-020-00568-3>.
10. HASSON K. W., LIGHTNER D. V., MOHNEY L. L., REDMAN R. M., POULOS B. T., AND WHITE B. M. Taura syndrome virus (TSV) lesion development and the disease cycle in the Pacific white shrimp *Penaeus vannamei*.) *Diseases of aquatic organisms* [online]. 1999, vol. 36, n.º 2, págs. 81-93.
11. UTARI H. B., SENAPIN S., JAENGSAKONG C., FLEGEL T. W., AND KRUATRACHUE M. A haplosporidian parasite associated with high mortality and slow growth in *Penaeus* (*Litopenaeus*) *vannamei* cultured in Indonesia.) *Aquaculture* [online]. 2012, vol. 366, n.º 0, págs. 85-89. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.09.005>.
12. DANG T. H. O., NGUYEN T. N. T., AND VU N. U. Investigation of parasites in the digestive tract of white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) cultured at coastal farms in the Mekong Delta. CTU Journal of Innovation and Sustainable Development, 13). *Aquaculture and Fisheries* [online]. 2021, vol. 0, n.º 0, págs. 79-85. Disponible en: <https://ctujs.ctu.edu.vn/index.php/ctujs/article/view/401>.
13. SHINN A.P., PRATOOMYOT J., GRIFFITHS D., TRONG T.Q., VUN T., JIRAVANICHPAISAL P., AND BRIGGS M. Asian shrimp production and the economic costs of disease). *Asian Fisheries Science* [online]. 2018, vol. 31, n.º 0, págs. 29-58. Disponible en: <https://doi.org/10.33977/j.afs.2018.31.S1.003>.
14. LIGHTNER D. V. Virus diseases of farmed shrimp in the Western Hemisphere (the Americas): a review.) *Journal of invertebrate pathology* [online]. 2011, vol. 106, n.º 1, págs. 110-130. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jip.2010.09.012>.
15. SOTOMAYOR MACÍAS M. A. Obtención de un modelo de infección experimental en juveniles de *Penaeus vannamei*, con el *Vibrio vulnificus*.) *ESPOL. FIMCM* [online]. 2000. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/4076/1/6604.pdf>.
16. SAAVEDRA OLIVOS K. Y., PERALTA ORTIZ T., ORDINOLA ZAPATA A., SANDOVAL RAMAYONI J. E., VIEYRA PEÑA E. G., ZAPATA CRUZ M. A., HIDALGO MOGOLLÓN B., MORÁN ÁVILA O. A., MENDOZA NEYRA M. E., MENDOZA DIOSES S., Y., AND CAMPOVERDE PEÑA S. Y.) Detection of a protein associated with acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND) in *Litopenaeus vannamei* under semi-intensive farming in Ecuador.) *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú (RIVEP)* [online]. 2000, vol. 29, n.º 1, págs. 328-338.
17. SOTO RODRIGUEZ S. A., GOMEZ GIL B., LOZANO OLVERA R., BETANCOURT LOZANO M., AND MORALES COVARRUBIAS M. S.) 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* [online]. 2015, vol. 81, n.º 5, pág. 1689. Disponible en: <https://doi.org/10.1128/AEM.03610-14>.
18. ALAVANDI S. V., VIJAYAN K. K., SANTIAGO T. C., POORNIMA M., JITHENDRAN K. P., ALI S. A., AND RAJAN J. J. S.) Evaluation of *Pseudomonas* sp. PM 11 and *Vibrio fluvialis* PM 17 on immune indices of tiger shrimp, *Penaeus monodon*.) *Fish and Shellfish Immunology* [online]. 2004, vol. 17, n.º 2, págs. 115-120. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2003.11.007>.
19. DOU, L. CHEN W., PAN L., AND HUANG F.) Characterization of *Vibrio* sp. strain AB15 and *Pseudomonas fluorescens* strain NB14 from the biofloc of shrimp culture ponds capable of high ammonia and nitrite removal efficiency.) *Journal of the World Aquaculture Society* [online]. 2021, vol. 52, n.º 4, págs. 843-858. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/jwas.12789>.
20. ZHANG H., SUN Z., LIU B., XUAN Y., JIANG M., PAN Y., ZHANG Y., GONG Y., LU X., YU D., KUMAR D., HUA X., CAO A. G., XUE R., AND GONG C.) Dynamic changes of microbial communities in *Litopenaeus vannamei* cultures and the effects of environmental factors.) *Aquaculture* [online]. 2016, vol. 455, n.º 0, págs. 97-108. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.01.011>.
21. MELGAR VALDES C. E., BARBA MACÍAS E., ÁLVAREZ-GONZÁLEZ C. A., TOVILLA HERNÁNDEZ C., AND SÁNCHEZ A. J.) Microorganisms effect with probiotic potential in water quality and growth of the shrimp *Litopenaeus vannamei* (Decapoda: Penaeidae) in intensive culture.) *Revista de Biología Tropical* [online]. 2013, vol. 61, n.º 3, págs. 1215-1228. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034->

- 77442013000400018&script=sci_arttext&tlng=en.
22. LUIS VILLASEÑOR I. E., CAMPA CORDOVA A. I., HUERTA ALDAZ N., LUNA GONZÁLEZ A., MAZÓN SUÁSTEGUI J. M., AND FLORES HIGUERA F.) Effect of beneficial bacteria on larval culture of Pacific whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei*.) *Afr. J. Microbiol. Res* [online]. 2013, vol. 7, págs. 3471-3478. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.08.036>.
 23. PRIMPHON M., CHUCHIRD N., AND LIMSUWAN C.) Effect of microorganisms on production and cost-benefit analysis of intensive Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture.) *Kasetsart university fisheries research bulletin* [online]. 2016, vol. 40, n.º 1. Disponible en: <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/JFE/article/view/80437>.
 24. RENGPIPAT S., TUNYANUN A., FAST A. W., PIYATIRATITIVORAKUL S., AND MENASVETA P.) Enhanced growth and resistance to *Vibrio* challenge in pond-reared black tiger shrimp *Penaeus monodon* fed a *Bacillus* probiotic.) *Diseases of aquatic organisms* [online]. 2003, vol. 55, n.º 2, págs. 169-173. Disponible en: <https://doi.org/10.3354/dao055169>.
 25. CHYTHANYA R., KARUNASAGAR I., AND KARUNASAGAR I.) Inhibition of shrimp pathogenic vibrios by a marine *Pseudomonas* I-2 strain.) *Diseases of aquatic organisms* [online]. 2002, vol. 208, n.º 1-2, págs. 1-10. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00714-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00714-1).
 26. PAHLAWI M. H., AND SATYANTINI W. H.) Pathogenicity test of *Pseudomonas* sp. in white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) as a probiotic candidate.) *Journal of Aquaculture and Fish Health* [online]. 2019, vol. 8, n.º 2, págs. 92-98. Disponible en: <https://e-journal.unair.ac.id/JAFH/article/view/13380/7804>.
 27. PHAN T. T. C., VU U. N., PHAM N. T. T., VU H. H., AND HUYNH G. T.) Evaluation of *Pseudomonas stutzeri* AM1 and *Pseudomonas oleovorans* ST1.1 isolated from shrimp pond sediments as probiotics for whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei* culture.) *International Journal of Aquatic Biology* [online]. 2022, vol. 10, n.º 3, págs. 201-208. Disponible en: <https://ij-aquaticbiology.com/index.php/ijab/article/view/1580>.
 28. ANYANWU N. G. AND ARIOLE, C. N.) Efficiency of Indigenous *Pseudomonas aeruginosa* as Biocontrol Agent against *Vibrio* Infection in Shrimp (*Penaeus monodon*) Culture.) *International Journal of Aquaculture* [online]. 2017, vol. 7, n.º 3. Disponible en: <https://www.aquapublisher.com/index.php/ija/article/html/2984>.
 29. SOLTANI M., AHMADI M. R., YAVARI H., AND MIRZARGAR S.) Red-pink colony-producing *Pseudomonas* sp. is the causative agent of mass mortality in larvae and post-larvae of *Litopenaeus vannamei* raised in hatcheries in south Iran.) *Int.J.Vet.Res* [online]. 2010, vol. 4, n.º 2, págs. 89-94. Disponible en: https://journals.ut.ac.ir/pdf_21360_5a15d162e2b89c21376e43ca43555b58.html.
 30. BUCK J. D., AND CLEVERDON R. C.) The spread plate as a method for the enumeration of marine bacteria 1, 2.) *Limnology and Oceanography* [online]. 1960, vol. 5, n.º 1, págs. 78-80. Disponible en: <https://doi.org/10.4319/lo.1960.5.1.0078>.
 31. KIELWEIN G., GERLACH R. U., AND JOHNE H.) Untersuchungen über das Vorkommen von *Aeromonas hydrophila* in Rohmilch.) *Arch f Lebensmittelhyg* [online]. 1969, vol. 20, págs. 34-38.
 32. KIELWEIN G.) *Pseudomonaden und Aeromonaden in Trinkmilch: ihr Nachweis und ihre Bewertung.*) *Arch f Lebensmittelhyg* [online]. 1971.
 33. RESTREPO, L., DOMÍNGUEZ-BORBOR, C., BAJAÑA, L., BETANCOURT, I., RODRÍGUEZ, J., BAYOT, B., REYES, A.) Microbial community characterization of shrimp survivors to AHPND challenge test treated with an effective shrimp probiotic (*Vibrio diabolus*.) *Microbiome* [online]. 2021, vol. 9, págs. 1-20. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s40168-021-01043-8>.
 34. WANG, X. W., XU, J. D., ZHAO, X. F., VASTA, G. R., WANG, J. X.) A shrimp C-type lectin inhibits proliferation of the hemolymph microbiota by maintaining the expression of antimicrobial peptides.) *Journal of biological chemistry* [online]. 2014, vol. 289, n.º 17, págs. 11779-11790. Disponible en: [10.1074/jbc.M114.552307](https://doi.org/10.1074/jbc.M114.552307).
 35. VERA, P., NAVAS, J.I. AND QUINTERO, M.C.) Experimental study of the virulence of three species of *Vibrio* bacteria in *Penaeus japonicus* (Bate 1881) juveniles.) *Aquaculture* [online]. 1992, vol. 107, págs. 119-123. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(92\)90055-P](https://doi.org/10.1016/0044-8486(92)90055-P).

36. BELL T.A. AND LIGHTNER D.V.) A Handbook of Normal Shrimp Histology.) *Special Publication No. 1. World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA* [online]. 1988, vol. 0, pág. 0. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(89\)90090-2](https://doi.org/10.1016/0044-8486(89)90090-2).
37. ULLMAN C., RHODES M., HANSON T., CLINE D., AND DAVIS D. A.) Effects of four different feeding techniques on the pond culture of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*.) *Journal of the World Aquaculture Society* [online]. 2019, vol. 51, n.º 1, págs. 54-64. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/jwas.12531>.
38. PUTRO S., ANGGAWATI A. M., FAWZYA Y. N., AND ARIYANI F.) Studies on the microbiology of farmed shrimp.) *FAO Fisheries Report* [online]. 1990, vol. 40, págs. 6-17.
39. MAHENDA A. A., MUNIR M., AND MAISAROH D. S.) The administration of Caulerpa racemosa extract in feed of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) after infected by *Vibrio parahaemolyticus*.) *J Aquac Fish Health* [online]. 2022, vol. 1, n.º 2, págs. 193-200.
40. PRATIWI A. F., SATYANTINI W. H., MAHASRI G., MUKTI A. T., AND ISNANSETYO A.) The Influence of Adding Api-Api Mangrove Leaf Extract as an Immunostimulant on P. Vannamei Shrimp Against Vibriosis Disease Caused by *Vibrio parahaemolyticus* Bacteria.) *Asian Journal of Social and Humanities* [online]. 2023, vol. 1, n.º 2, págs. 1039-1049. Disponible en: <https://e-journal.unair.ac.id/JAFH/article/download/29722/21323>.
41. RUSADI D., WARDIYANTO W., AND DIANTARI R.) Treatment Of Vibriosis Disease (*Vibrio Harveyi*) In Vaname Shrimp (*Litopenaeus Vannamei*, Boone 1931.) *Using Avicennia Alba Leaves Extract. e-Journal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan* [online]. 2019, vol. 8, n.º 1, págs. 909-916.
42. ANGGRAENI S. S., SUKENDA S., NURYATI S., AND WAHJUNINGRUM D.) Distribution of *Vibrio parahaemolyticus* in pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* through immersion as a natural infection model.) *Journal Akuakultur Indonesia* [online]. 2024, vol. 23, n.º 2. Disponible en: <https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=17833c95-9b8a-3489-a89f-615b83980c48>.
43. SURIYANI I., KADRIAH I. A. K., AND KURUSENG I.) Deteksi *Vibrio harveyi* menggunakan primer hemolisin pada benur udang windu *Penaeus monodon* Detection of *Vibrio harveyi* using hemolysin primer in tiger shrimp *Penaeus monodon*.) *Journal Akuakultur Indonesia* [online]. 2013, vol. 12, n.º 2, págs. 101-105. Disponible en: <https://doi.org/10.19027/jai.12.101-105>.
44. SAPTIANI G., SIDIK A. S., AND ARDHANI F.) Antimicrobial of nyirih (*Xylocarpus granatum*) against pathogens of tiger shrimp post-larvae.) *F1000Research* [online]. 2019, vol. 8, pág. 63. Disponible en: <https://doi.org/10.12688/f1000research.16653.1>.
45. SAULNIER D., HAFFNER P., GOARANT C., LEVY P., AND ANSQUER D.) Experimental infection models for shrimp vibriosis studies: a review.) *Aquaculture* [online]. 2000, vol. 191, n.º 1-3, págs. 133-144.
46. LAVILLA PITOGO C. R., BATICADOS M. C. L., CRUZ-LACIERDA E. R., AND DE LA PEÑA L. D.) Occurrence of luminous bacterial disease of *Penaeus monodon* larvae in the Philippines.) *Aquaculture* [online]. 1990, vol. 91, n.º 1-2, págs. 1-13. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(90\)90173-K](https://doi.org/10.1016/0044-8486(90)90173-K).
47. FACTOR J. R., AND BEEKMAN J.) The digestive system of the lobster, *Homarus americanus*: III. Removal of foreign particles from the blood by fixed phagocytes of the digestive gland.) *Journal of morphology* [online]. 1990, vol. 206, n.º 3, págs. 293-302. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/jmor.1052060306>.
48. MARTIN G. G., POOLE D., POOLE C., HOSE J. E., ARIAS M., REYNOLDS L., MCKRELL A., AND WHANG A.) Clearance of bacteria injected into the hemolymph of the penaeid shrimp, *Sicyonia ingentis*.) *Journal of Invertebrate Pathology* [online]. 1993, vol. 62, n.º 3, págs. 308-315. Disponible en: <https://doi.org/10.1006/jipa.1993.1118>.
49. SUNG H. H., AND SONG Y. L.) Tissue location of *Vibrio* antigen delivered by immersion to tiger shrimp (*Penaeus monodon*.) *Aquaculture* [online]. 1996, vol. 145, n.º 1-4, págs. 41-54. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(96\)01335-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01335-X).
50. CUI C., TANG X., XING J., SHENG X., CHI H., AND ZHAN W.) Single-cell RNA-seq revealed heterogeneous responses and functional differentiation of hemocytes against white spot syndrome virus infection in *Litopenaeus vannamei*.) *Journal of Virology* [online]. 2024, vol. 98, n.º 3, e01805-23. Disponible en: <https://doi.org/10.1128/jvi.01805-23>.
51. FRANZETTI L., AND SCARPELLINI M.) Characterisation of *Pseudomonas* spp. isolated

- from foods.) *Annals of microbiology* [online]. 2007, vol. 57, págs. 39-47. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF03175048>.
52. MICHEL C.; BERNARDET J.F. AND DINAND D.) Phenotypic and genotypic studies of *Pseudomonas anguilliseptica* strains isolated from farmed European eels (*Anguilla anguilla*) in France.) *Gyobyo Kenkyu* [online]. 1992, vol. 27, págs. 229-232. Disponible en: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsfp1966/27/4/27_4_229/_pdf/-char/ja.
 53. LIGHTNER D.V.) Disease of cultured penaeid shrimp.) *McVey (Ed.) Handbook of Mariculture*. CRC Press, Boca Raton, Florida [online]. 1983, págs. 289-320.
 54. TRUNG TRAN T., BOTT N. J., DAI LAM N., TRUNG NGUYEN N., HOANG THI DANG O., HOANG LE D., TUNG LAM., AND HOANG CHU H.) The role of *Pseudomonas* in heterotrophic nitrification: A case study on shrimp ponds (*Litopenaeus vannamei*.) *Soc Trang province. Microorganisms* [online]. 2019, vol. 7, n.º 6, pág. 155. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/microorganisms7060155>.
 55. HAI N. V., BULLER N., AND FOTEDAR R.) Effects of probiotics (*Pseudomonas synxantha* and *Pseudomonas aeruginosa*) on the growth, survival and immune parameters of juvenile western king prawns (*Penaeus latisulcatus* Kishinouye, 1896.) *Aquaculture* [online]. 2009, vol. 40, n.º 5, págs. 590-602. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.02135.x>.
 56. KARUNASAGAR I., PAI R., MALATHI G. R., AND KARUNASAGAR I.) Mass mortality of *Penaeus monodon* larvae due to antibiotic-resistant *Vibrio harveyi* infection.) *Aquaculture* [online]. 1994, vol. 128, n.º 3-4, págs. 203-209. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)90309-3](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)90309-3).
 57. SMOLOWITZ R. M., BULLIS R. A., AND ABT D. A.) Mycotic branchitis in laboratory-maintained hermit crabs (*Pagurus* spp.) *Journal of Crustacean Biology* [online]. 1992, vol. 12, n.º 2, págs. 161-168. Disponible en: <https://doi.org/10.2307/1549070>.
 58. VOGT G.) Functional cytology of the hepatopancreas of decapod crustaceans.) *Journal of morphology* [online]. 2019, vol. 280, n.º 9, págs. 1405-1444. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/jmor.21040>.
 59. VIDHYA HINDU, S., CHANDRASEKARAN, N., MUKHERJEE, A., THOMAS, J.) Effect of dietary supplementation of novel probiotic bacteria *Bacillus vireti* 01 on antioxidant defence system of freshwater prawn challenged with *Pseudomonas aeruginosa*.) *Probiotics and Antimicrobial Proteins* [online]. 2018, vol. 10, págs. 356-366. Disponible en: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s12602-017-9317-3.pdf>.
 60. JIRAVANICHPAISAL P., MIYAZAKI T., AND LIMSUWAN C.) Histopathology, biochemistry, and pathogenicity of *Vibrio harveyi* infecting black tiger prawn *Penaeus monodon*.) *Journal of Aquatic Animal Health* [online]. 1994, vol. 6, n.º 1, págs. 27-35. Disponible en: [https://doi.org/10.1577/1548-8667\(1994\)006%3C0027:HBAP0V%3E2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8667(1994)006%3C0027:HBAP0V%3E2.3.CO;2).
 61. MOSTAFA, L. T., EISSA, I. A., ISMAIL, M. M., ABU EL-GHEIT, E. S. N., SHARAWY, Z. Z., DIGHIESH, H. S., EL-SHESHTAWY, H. M.) Survey On Pseudomoniasis in Cultured *Litopenaeus vannamei* Shrimp Collected from Suez Governorate, Egypt.) *Suez Canal Veterinary Medical Journal SCVMJ* [online]. 2022, vol. 27, n.º 2, págs. 291-303.
 62. ALY, S. M., AND EL-ATTAR, A. A.) Pathological studies on some bacterial pathogens of cultured shrimp.) *Assiut. Vet. Med. J.* [Online]. 2001, vol. 45, págs. 298-331.



Artículo de **libre acceso** bajo los términos de una **Licencia Creative Commons Reconocimiento – NoComercial – CompartirIgual 4.0 Internacional**. Se permite que otros remezcLEN, adapten y construyan a partir de su obra sin fines comerciales, siempre y cuando se otorgue la oportuna autoría y además licencien sus nuevas creaciones bajo los mismos términos.