



Abanico Veterinario. Enero-Diciembre 2025; 16:1-21. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2025.1>
Estudio de Caso. Recibido: 17/07/2024. Aceptado:10/02/2025. Publicado: 06/04/2025. Clave: e2024-40.
<https://www.youtube.com/watch?v=2TFB9Rujlu4>

Factores que afectan la densidad de *Vibrio parahaemolyticus* en el hepatopáncreas del camarón *Penaeus vannamei* en unidades de producción al Noroeste de México

Factors affecting the density of *Vibrio parahaemolyticus* in the hepatopancreas of shrimp *Penaeus vannamei* in production units in Northwest Mexico



Ramírez-Tirado Horacio ¹ID, Peraza-Gómez Viridiana^{1,2}ID, Velázquez-Abunader Iván³ID, Estrada-Perez Nallely²ID, Ruiz-Velazco Javier^{*1,2}ID

¹Universidad Autónoma de Nayarit. Unidad académica de Agricultura. Programa de Doctorado en Ciencias del Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias. Xalisco, Nayarit, México. ²Universidad Autónoma de Nayarit. Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera. San Blas, Nayarit, México. ³Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida. Mérida, Yucatán, México. *Autor de correspondencia: Javier M.J. Ruiz-Velazco, Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera, Universidad Autónoma de Nayarit, Bahía de Matanchén, Km 12, Carretera a los Cocos, CP. 63740. San Blas, Nayarit, México. E-mail: jhramirez6@gmail.com, viridiana.peraza@uan.edu.mx, jvelazquez@cinvestav.mx, nallely.estrada@uan.edu.mx, marcialj@uan.edu.mx

RESUMEN

El *Vibrio parahaemolyticus* actúa como patógeno oportunista y primario de las unidades de producción camaronícola, lo que ocasiona la Enfermedad de la Necrosis Hepatopancreática Aguda (AHPND, por sus siglas en inglés) y la Enfermedad de las postlarvas de cristal (HLVD) mucho más virulenta que la cepa AHPND. Sin embargo, las variables que determinan la densidad de este patógeno en las unidades de producción no son todavía claras. Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo fue determinar las variables físicas, químicas y biológicas que favorecen su desarrollo en el hepatopáncreas del camarón *Penaeus vannamei*, en el agua y en el sedimento de los estanques de cultivo. La investigación se realizó en granjas comerciales localizadas en la costa del noroeste de México. En cada granja se recolectaron muestras de agua, sedimento y camarón para análisis bacteriológico (siembra en placa con CHROMAgar *Vibrio*), calidad de agua (nitritos NO₂⁻, nitratos NO₃⁻, amonio NH₄⁺, fosfatos PO₄³⁻ y alcalinidad CaCO₃), materia orgánica y pH (en sedimento), así como mediciones de salinidad, temperatura, oxígeno disuelto, pH (en agua) y transparencia. Para analizar la asociación de las variables físicas, químicas y biológicas con la densidad de *V. parahaemolyticus* en el hepatopáncreas del camarón, se construyó un Modelo Lineal Generalizado (MLG). El modelo que mejor explicó los datos presentó una devianza explicada del 34.85%. El examen bacteriológico arrojó que la zona norte y la zona sur mostraron la mayor densidad promedio de *V. parahaemolyticus* en el hepatopáncreas del camarón. El modelo reveló un efecto significativo (P<0.05) en la densidad de *V. parahaemolyticus* en el agua y en el sedimento de los estanques de cultivo, ciclo de cultivo, oxígeno disuelto, salinidad, pH en el agua de cultivo, NH₄⁺ y alcalinidad. La evidencia encontrada del efecto de algunos de los factores sobre la densidad de *V. parahaemolyticus* en el hepatopáncreas del camarón sugieren un monitoreo constante para evitar densidades perjudiciales para la salud del camarón.

Palabras clave: granjas de camarón, variables ambientales, modelo lineal generalizado, *Vibrio parahaemolyticus*.



ABSTRACT

Vibrio parahaemolyticus acts as an opportunistic and primary pathogen in shrimp production units, causing Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease (AHPND) and the much more virulent postlarvae glass disease (HLVD) than the AHPND strain. However, the variables that determine the density of this pathogen in production units are not yet clear. For this reason, the aim of this study was to determine the physical, chemical and biological variables that favour its development in the hepatopancreas of *Penaeus vannamei* shrimp, in the water and sediment of culture ponds. The research was carried out in commercial farms located on the northwest coast of Mexico. At each farm, water, sediment and shrimp samples were collected for bacteriological analysis (CHROMAgar *Vibrio* plate seeding), water quality (nitrite NO₂⁻, nitrate NO₃⁻, ammonium NH₄⁺, phosphate PO₄³⁻ and alkalinity CaCO₃), organic matter and pH (in sediment), as well as measurements of salinity, temperature, dissolved oxygen, pH (in water) and transparency. To analyse the association of physical, chemical and biological variables with the density of *V. parahaemolyticus* in the shrimp hepatopancreas, a Generalised Linear Model (GLM) was constructed. The model that best explained the data had an explained variance of 34.85%. Bacteriological examination showed that the northern and southern zones showed the highest average density of *V. parahaemolyticus* in the shrimp hepatopancreas. The model revealed a significant effect ($P < 0.05$) on the density of *V. parahaemolyticus* in culture pond water and sediment, culture cycle, dissolved oxygen, salinity, pH in culture water, NH₄⁺ and alkalinity. The evidence found for the effect of some of the factors on the density of *V. parahaemolyticus* in the shrimp hepatopancreas suggests constant monitoring to avoid densities detrimental to shrimp health.

Keywords: shrimp farms, environmental variables, generalised linear model, *Vibrio parahaemolyticus*.

INTRODUCCIÓN

La bacteria *Vibrio parahaemolyticus* habita en ambientes marinos costeros y zonas estuarinas (Cariani *et al.*, 2012); se encuentra libre en suspensión o asociada a partículas suspendidas, como: sedimento (Heitmann *et al.*, 2005), plancton (Turner *et al.*, 2013), peces (Aliaga *et al.*, 2010), moluscos bivalvos (Rodríguez-Camacho *et al.*, 2014) y crustáceos. En estos últimos, suele alojarse en el exoesqueleto de los camarones debido a que la quitina es utilizada por la bacteria como nutriente (Dulanto, 2013).

De acuerdo con los principales factores que influyen en la ocurrencia y distribución de *V. parahaemolyticus* en el agua de mar son la temperatura, salinidad, disponibilidad de nutrientes y las fluctuaciones en la concentración de plancton (Hernández-Ayón *et al.*, 2003; Tantillo *et al.*, 2004). Por lo que un desequilibrio en los factores físicos, químicos y biológicos puede ocasionar la proliferación de *V. parahaemolyticus* el cual es una bacteria patógena oportunista, anaerobia facultativa, Gram negativa, responsable de causar altas mortalidades (Cañigral-Cárcel, 2011). Una de las enfermedades causantes por *V. parahaemolyticus* es la enfermedad de la necrosis hepatopancreática aguda (AHPND), la cual se ha registrado en el continente asiático y en diversas especies de camarones, tal es el caso de *Penaeus monodon*; los primeros brotes de esta especie se registraron en el año 2009 en el sur de China, causando mortalidades masivas de hasta el 100 % en los cultivos (Kumar *et al.*, 2021). Otra enfermedad altamente letal causada por *Vibrio* (HLVD, por sus siglas en inglés), conocida como “enfermedad de



las postlarvas de vidrio” (GPD) o “enfermedad de las postlarvas translúcidas” (TPD), tuvo su primera aparición en 2019 y el agente causal ha sido identificado como cepas virulentas de *V. parahaemolyticus* (Vp_{HLVD}) (Zou *et al.*, 2020; Yang *et al.*, 2023). La infección por Vp_{HLVD} daña gravemente el túbulo del hepatopáncreas y el epitelio del intestino medio de los camarones infectados, provocando una mortalidad aguda y masiva en las postlarvas de camarón. Aunque tanto la HLVD como la AHPND son causadas por vibrios y comparten signos clínicos similares, la Vp_{HLVD} es mucho más virulenta que la Vp_{AHPND} (Yang *et al.*, 2023).

En México, no hay evidencias de aparición de infección por HLVD, pero se tiene conocimiento que los primeros brotes de la AHPND se presentaron durante el 2013, afectando la producción de los cultivos de *Penaeus vannamei* en la región noreste principalmente en los Estados de Sonora, Sinaloa y Nayarit (Galaviz-Silva *et al.*, 2021), estimando pérdidas de hasta el 65%, en aproximadamente 1,500 granjas de cultivo con una extensión de 92,962 ha (Nunan *et al.*, 2014). Adicionalmente, es importante señalar que el tiempo de generación del *Vibrio* es entre 10 y 12 minutos beneficiado por la disponibilidad de nutrientes en su entorno y temperaturas cálidas ($> 35^{\circ}\text{C}$), salinidades bajas (< 8 UPS) y pH alcalino (> 7.5) (Zamora-Pantoja *et al.*, 2005). Por lo tanto, algunos autores mencionan que los factores anteriormente señalados serían los principales causantes del incremento de la ocurrencia y distribución de este patógeno en el agua de mar (Hernández-Ayón *et al.*, 2003; Tantillo *et al.*, 2004). De acuerdo con Lai *et al.* (2015), esta enfermedad se presenta cuando los camarones se encuentran bajo condiciones de estrés, o cuando su sistema inmune está deprimido, causando importantes pérdidas económicas a la industria camaronícola. Cabe destacar que las cepas de *V. parahaemolyticus* que causan AHPND en México muestran diferencias genéticas con las cepas asiáticas y han desarrollado resistencia a antibióticos de uso común como la oxitetraciclina y la sulfacloropiridazina-trimetoprima (Galaviz-Silva *et al.*, 2021). Estos hallazgos resaltan la importancia de monitorear y manejar las poblaciones de *Vibrio* en la acuicultura de camarón.

A 14 años de la aparición del AHPND a nivel mundial, esta enfermedad continúa afectando a la industria del cultivo de camarón. A pesar de ello, no existen reportes de investigaciones *in situ* que confirmen las condiciones que favorecen el desarrollo de este microorganismo, tampoco usando un Modelo Lineal Generalizado (MLG). Aún así se han hecho predicciones e identificado correlaciones de la abundancia de especies de *Vibrio* utilizando el modelo paramétrico de regresión lineal (LRM) y el modelo binomial negativo (NBM), así como el modelo semiparamétrico aditivo generalizado (GAM) (Dequito *et al.*, 2022). Los únicos trabajos que han analizado el efecto del AHPND en los cultivos comerciales de camarón son los de Estrada-Pérez *et al.* (2019) y Estrada Pérez *et al.* (2020) con modelos de regresión múltiple con un modelo de stock y un modelo bioeconómico respectivamente. En el presente estudio, se evaluaron



las diferentes variables físicas, químicas y biológicas que pudieran estar contribuyendo en el incremento de las densidades de este patógeno en el hepatopáncreas de los camarones *Penaeus vannamei*, cultivados en unidades de producción localizadas al noroeste de México. Además se determinó la asociación de variables físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua costeros en la línea de costa al noroeste de México y del agua de los estanques de cultivo de las granjas camaroneras con el incremento de la densidad de *V. parahaemolyticus* en el hepatopáncreas del camarón *Penaeus vannamei*, utilizando como herramienta de análisis los Modelos Lineales Generalizados (Nelder & Wedderburn, 1972). Lo anterior con la finalidad de que se generen bases científicas acerca del comportamiento *V. parahaemolyticus* en los estanques de cultivo de camarón, misma que contribuirá a la toma de decisiones por parte del productor para el control y manejo del patógeno en sus instalaciones de cultivo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Recolecta de muestras y medición de variables ambientales

Se obtuvo una base de datos de cuerpos de agua costeros, así como en granjas de camarón ubicados al Noroeste de México, específicamente sobre la línea de costa del Estado de Sinaloa (Figura 1) durante el 2017 en el que se efectuaron diez muestreos en 26 granjas de cultivo en el primer ciclo (febrero-junio) y 18 en el segundo (julio-noviembre). Las zonas de muestreo fueron zona norte: Ahome y Guasave, zona centro norte: Angostura y Navolato, zona centro: Eldorado y Cospita, zona centro sur: Elota y zona sur: Mazatlán. Durante los primeros 30 días de cultivo los muestreos se realizaron semanalmente, por considerarse como la etapa crítica (Hong *et al.*, 2016), posteriormente, los muestreos se realizaron cada dos semanas.

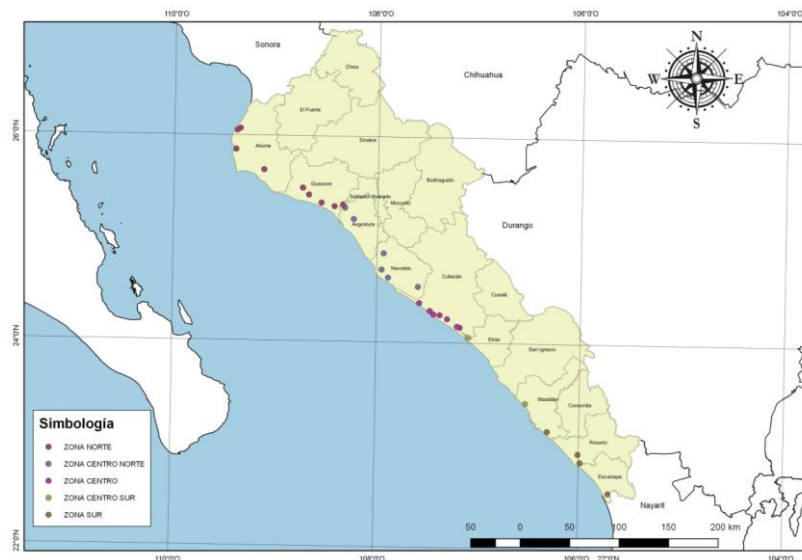


Figura 1. Área de estudio y puntos de muestreo



Las muestras de organismos, agua y sedimento de cada una de las unidades de producción acuícola fueron obtenidas de un estanque seleccionado aleatoriamente en la compuerta de entrada y salida. Para las muestras de organismos se seleccionaron 15 camarones con trastornos de comportamiento alimentario y alteraciones fisiológicas (Soto-Rodríguez *et al.*, 2010). Para el análisis en fresco y bacteriológico, los camarones se mantuvieron vivos y se depositaron en hieleras con agua del estanque para ser trasladados al laboratorio del Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Sinaloa (CESASIN) donde fueron procesados. Las muestras de agua se tomaron entre los 20 cm por debajo de la superficie y 20 cm por encima del fondo. Para el análisis bacteriológico, las muestras se trasladaron al laboratorio antes mencionado, utilizando para el cultivo bacteriano placas de CHROMagar *Vibrio* para posteriormente cuantificar y expresar los resultados en unidades de volumen (UFC/ml) o masa (UFC/g) (Soto-Rodríguez *et al.*, 2015). Las muestras de sedimento para análisis de materia orgánica y pHs del estanque en cultivo se recogieron con una sonda para sedimento. La materia orgánica (MO) se evaluó de acuerdo con la NOM-021-SEMARNAT-2000 a través del método de Walkley & Black (1934) mediante la oxidación del carbono orgánico (CO). En cada muestreo se registraron datos de salinidad (S), temperatura (T, °C), oxígeno (OD, mg L⁻¹) y pH empleando un refractómetro de mano marca VITAL SINE SR6, un oxímetro marca YSI-55-12 y un potenciómetro marca YSI pH 10A respectivamente, y la transparencia (Tp, cm) con un disco de Secchi.

Las concentraciones de nitritos (NO₂⁻), nitratos (NO₃⁻), amonio (NH₄⁺) y fosfatos (PO₄³⁻) se realizaron a partir de los procedimientos descritos en el manual de análisis de agua sobre los kits LYSA, basados en el principio de Strickland & Parsons (1972). La alcalinidad (Alc) se midió por el método colorimétrico descrito por Hanna, utilizando un colorímetro manual HI755.

Modelo lineal generalizado y análisis estadístico

Para realizar un análisis exploratorio de los datos, se obtuvieron las medidas de tendencia central de las variables fisicoquímicas, nutrientes, materia orgánica, pH del sedimento y bacteriología (Figura 2). Con el objetivo de determinar la asociación entre las diferentes variables con respecto a la densidad de *V. parahaemolyticus* (UFC/g) en el hepatopáncreas del camarón, se ajustaron Modelos Lineales Generalizados (GLM) (Nelder & Wedderburn, 1972) utilizando la paquetería base del lenguaje de programación R Core Team 2021.

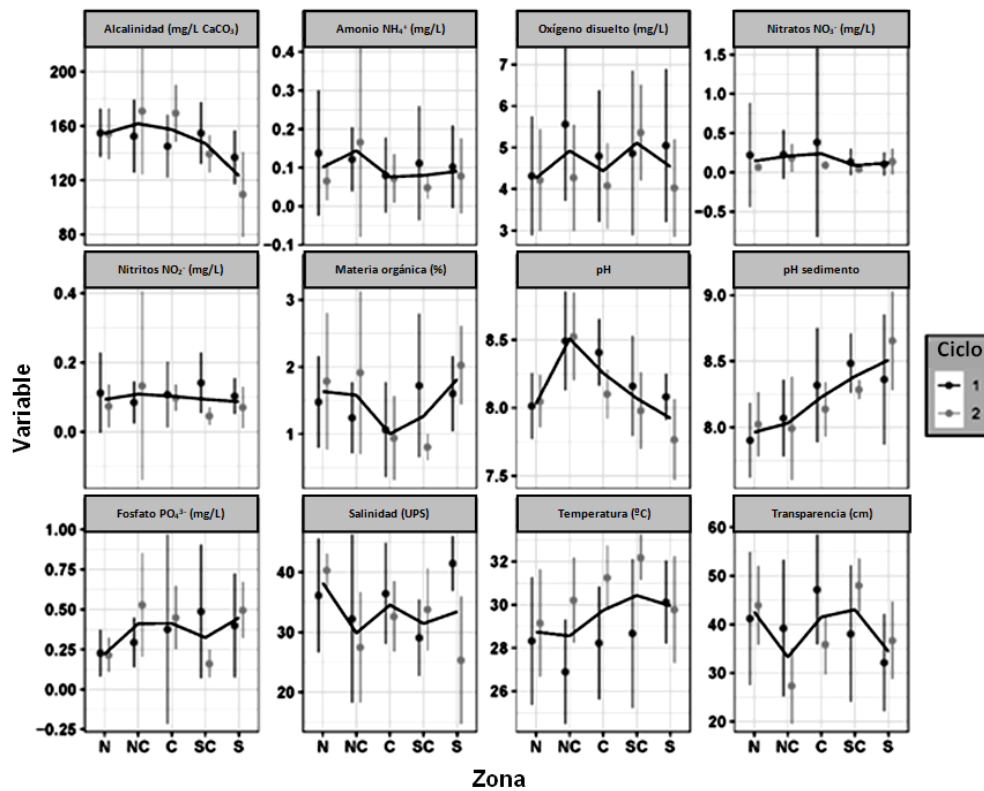


Figura 2. Promedio \pm desviación estándar por zona y ciclo de cultivo de las variables fisicoquímicas y biológicas en las granjas de camarón en la región noroeste de México. N = Norte, NC = Norte Central, C = Central, SC = Sur Central y S = Sur. La línea negra marca la media entre ciclos de cultivo.

Para construir los MLG se establecieron como variables explicativas la T, OD, S, pH, Tp, NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , Alc, MO, pHs, mes de cultivo y densidad de *V. parahaemolyticus* (UFC/ml) en cuerpos de agua costeros y de los estanques de cultivo conforme a la Tabla 1. Debido a que todas las variables explicativas fueron cuantitativas, se le añadió al modelo un efecto cuadrático (polinomio de segundo grado), con la finalidad de mejorar el ajuste de las variables, intentando explicar de mejor manera la tendencia de los datos observados, lo cual fue evaluada previamente mediante un análisis exploratorio (Sokal & Rohlf, 1986). Debido a que los valores de UFC/g en hepatopáncreas, solo pueden ser valores iguales o mayores que cero, se asumió una distribución Gamma en el error del modelo, utilizando como variable de respuesta el valor de $x + 1$ para eliminar los ceros. Para asumir una distribución Gamma, se utilizó una función de enlace inversa ($\eta = 1/\mu$). La selección del modelo para las variables explicativas más relevantes, se utilizó el proceso de stepwise usando el criterio de Akaike como factor de selección (AIC), eligiendo como el mejor modelo, aquel que presentó el menor valor de AIC (Anderson & Burnham, 2002).



Tabla 1. Variables explicativas que se utilizaron para el Modelo Lineal Generalizado

Variables	Ciclo I	Ciclo II	Ciclo I-II
	Febrero-Junio	Julio-Diciembre	Febrero-Diciembre
Promedio \pm DE			
Físico-químicas del agua			
Temperatura ($^{\circ}$ C)	28.3 \pm 2.8	30.2 \pm 2.2	29.0 \pm 2.8
Oxígeno (mg/L)	4.8 \pm 1.7	4.2 \pm 1.2	4.6 \pm 1.6
Salinidad (UPS)	35.6 \pm 10.0	31.8 \pm 9.2	34.2 \pm 9.9
pH	8.2 \pm 0.3	8.1 \pm 0.4	8.2 \pm 0.4
Transparencia (cm)	40.9 \pm 13.4	36.2 \pm 9.9	34.2 \pm 12.5
Nutrientes del agua (mg/L)			
Nitratos (NO_3^-)	0.242 \pm 0.74	0.118 \pm 0.125	0.197 \pm 0.592
Amonio (NH_4^+)	0.112 \pm 0.139	0.098 \pm 0.149	0.107 \pm 0.143
Nitritos (NO_2^-)	0.107 \pm 0.091	0.094 \pm 0.154	0.102 \pm 0.118
Fosfatos (PO_4^{3-})	0.324 \pm 0.371	0.406 \pm 0.256	0.354 \pm 0.335
Alcalinidad	149 \pm 22	154 \pm 38	151 \pm 29
Sedimento			
MO (%)	1.4 \pm 0.7	1.6 \pm 1.0	1.5 \pm 0.8
pH	8.17 \pm 0.41	8.19 \pm 0.38	8.19 \pm 0.40
Hepatopáncreas (UFC/g)			
Densidad de <i>V. parahaemolyticus</i>	46102.9 \pm 265988.73	13543.8 \pm 54802.76	33786.1 \pm 212785.82
Bacteriología (UFC/ml) (UFC/g)			
Agua-cuerpos	104.58 \pm 781.87	102.46 \pm 246.12	103.80 \pm 639.82
Sedimento-cuerpos	8256.34 \pm 52608.30	12383 \pm 35684.82	9765.47 \pm 47131.54
Agua-estanques	47.44 \pm 136.50	87.86 \pm 391.54	62.22 \pm 260.86
Sedimento-estanques	1931.99 \pm 5508.59	2856.38 \pm 7218.00	2270.04 \pm 6197.39

Nota: MO, materia orgánica.

RESULTADOS

Bacteriología

Con relación a la presencia de *V. parahaemolyticus* en el hepatopáncreas de los camarones, se observó que, en la zona norte del Estado, se encontró la mayor densidad de *V. parahaemolyticus* en ambos ciclos de producción (Figura 3a), conforme los muestreos se dirigieron al sur del Estado, se observa una clara tendencia a disminuir la concentración de *V. parahaemolyticus*. También se pudo observar que, en la zona norte central, hubo mayor concentración de bacterias durante el mes de octubre y solo durante el segundo ciclo de producción (Figura 3b), en la zona central y sur del estado destaca el mes de septiembre (Figura 3c y d); y para el caso de la zona sur central el mes de noviembre (Figura 3e).

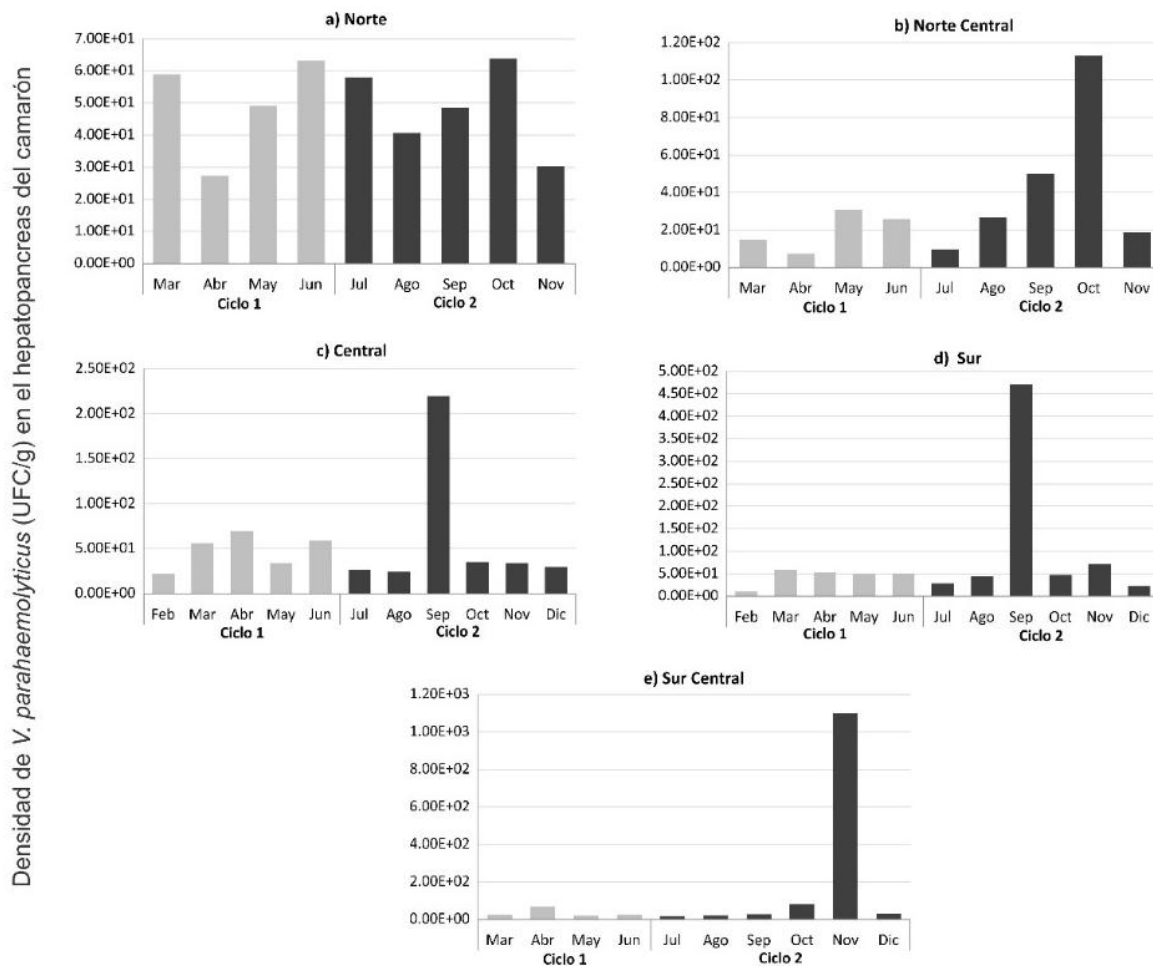


Figura 3. Comportamiento de la densidad de *V. parahaemolyticus* (UFC/g) en estanques de cultivo de granjas en diferentes zonas. Zona norte a: Ahome y Guasave, zona centro norte b: Angostura y Navolato, zona centro c: El dorado y Cospita, zona sur d: Elota y zona centro sur e: Mazatlán.

Asociación de las variables físicas, químicas y biológicas con la densidad de *V. parahaemolyticus* en el hepatopáncreas del camarón

El efecto significativo ($P < 0.05$) del OD, S, pH del agua de cultivo, NO_3^- , NH_4^+ , Alc, MO, pHs, mes de cultivo y densidad de *V. parahaemolyticus* (UFC/ml) en cuerpos de agua costeros y de los estanques de cultivo explicó el fenómeno de la densidad de *V. parahaemolyticus* en el hepatopáncreas del camarón con una devianza nula de 5895.2, una devianza residual de 3840.2 y una devianza explicada de 34.85% (Tabla 2).



Tabla 2. Análisis estadístico de las variables físicas, químicas y biológicas que favorecen la densidad de *V. parahaemolyticus* en el hepatopáncreas del camarón *Penaeus vannamei*

Variable	Coefficiente	Error	Valor <i>t</i>	P
	Estimado	Estándar		
(Intercepto)	-5.2964	7.7347	-0.6847	0.4940
UFC en agua				
(Cuerpos de Agua)	0.0016	0.0011	1.4304	0.1537
UFC en Agua (Granja)	-1.01E-05	1.94E-06	-5.1911	4.05E-07
UFC en Sedimento (Granja)	-1.33E-08	3.41E-09	-3.9066	0.0001
Ciclo: 2	-1.7144	0.6305	-2.7191	0.0069
Mes: abril	-3.6409	3.8923	-0.9354	0.3503
Mes: mayo	-3.3051	3.8084	-0.8678	0.3862
Mes: junio	-4.1755	3.8211	-1.0927	0.2754
Mes: julio	-2.4848	3.8558	-0.6444	0.5198
Mes: agosto	-2.8677	3.8537	-0.7441	0.4574
Mes: septiembre	-4.1767	3.8496	-1.0849	0.2788
Mes: octubre	-2.7915	3.8384	-0.7272	0.4676
Mes: noviembre	-5.8335	3.9263	-1.4857	0.1384
Mes: diciembre	-7.2182	4.2012	-1.7181	0.0868
Oxígeno Disuelto (Granja)	-0.4408	0.1553	-2.8375	0.0048
Salinidad (Granja)	-0.0039	0.0019	-2.0667	0.0396
pH en Agua (Granja)	-0.1034	0.0394	-2.6204	0.0092
Materia Orgánica (Granja)	0.3915	0.2429	1.6116	0.1081
pH en Sedimento (Granja)	0.0667	0.0358	1.8622	0.0636
NH₄ en Agua (Granja)	4.4103	2.0688	2.1317	0.0339
NO ₃ en Agua (Granja)	-2.3772	1.3827	-1.7192	0.0866
Alcalinidad en Agua (Granja)	-0.0005	0.0001	-2.8160	0.0052

Variables en negritas P < 0.05

El modelo indicó que la densidad de *V. parahaemolyticus* en el hepatopáncreas se incrementa en la medida en que la concentración de bacterias encontradas en el agua de los cuerpos costeros aumenta (Figura 4). Una tendencia similar de la concentración de bacterias en los sedimentos y en el agua, mostraron que concentraciones intermedias aumentaron la densidad de *V. parahaemolyticus* en el hepatopáncreas, sin embargo, concentraciones mayores a valores intermedios, mostraron una disminución (Figura 4).

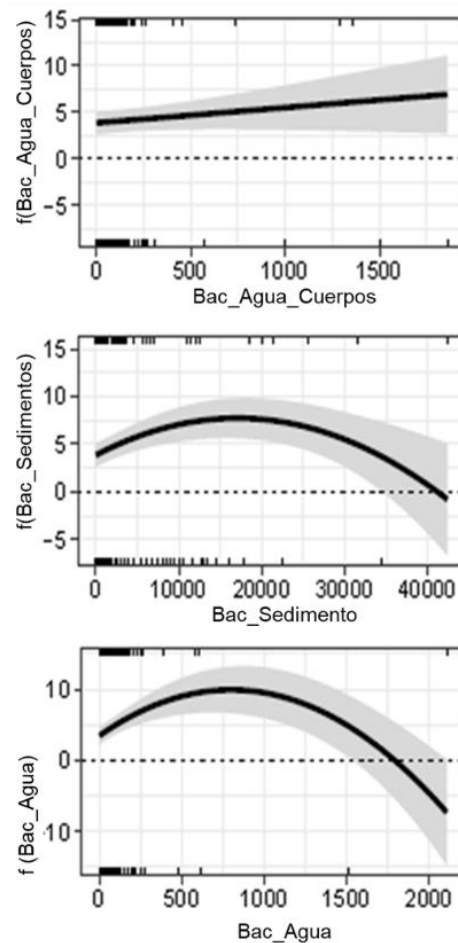


Figura 4. Efecto de la densidad (UFC/ml) de *V. parahaemolyticus* (Y) en agua de los cuerpos de agua costeros (a: X), en el sedimento de los estanques de (b: X) y en el agua de los estanques de cultivo (c: X)

En cuanto al ciclo de cultivo, el ciclo 1 favoreció mayormente la densidad de *V. parahaemolyticus* que el ciclo 2 (Figura 5a). De manera general, valores mayores del oxígeno disuelto, pH, Salinidad y los nitratos en el agua, la densidad de *V. parahaemolyticus* disminuyó (Figura 5b, c, d y h, respectivamente), contrario a lo que ocurrió con la materia orgánica, el pH del sedimento, la alcalinidad y el amonio, que mientras aumentaron sus valores, mayor densidad de *V. parahaemolyticus* se observó (Figuras 5e, f, g, e, i, respectivamente).

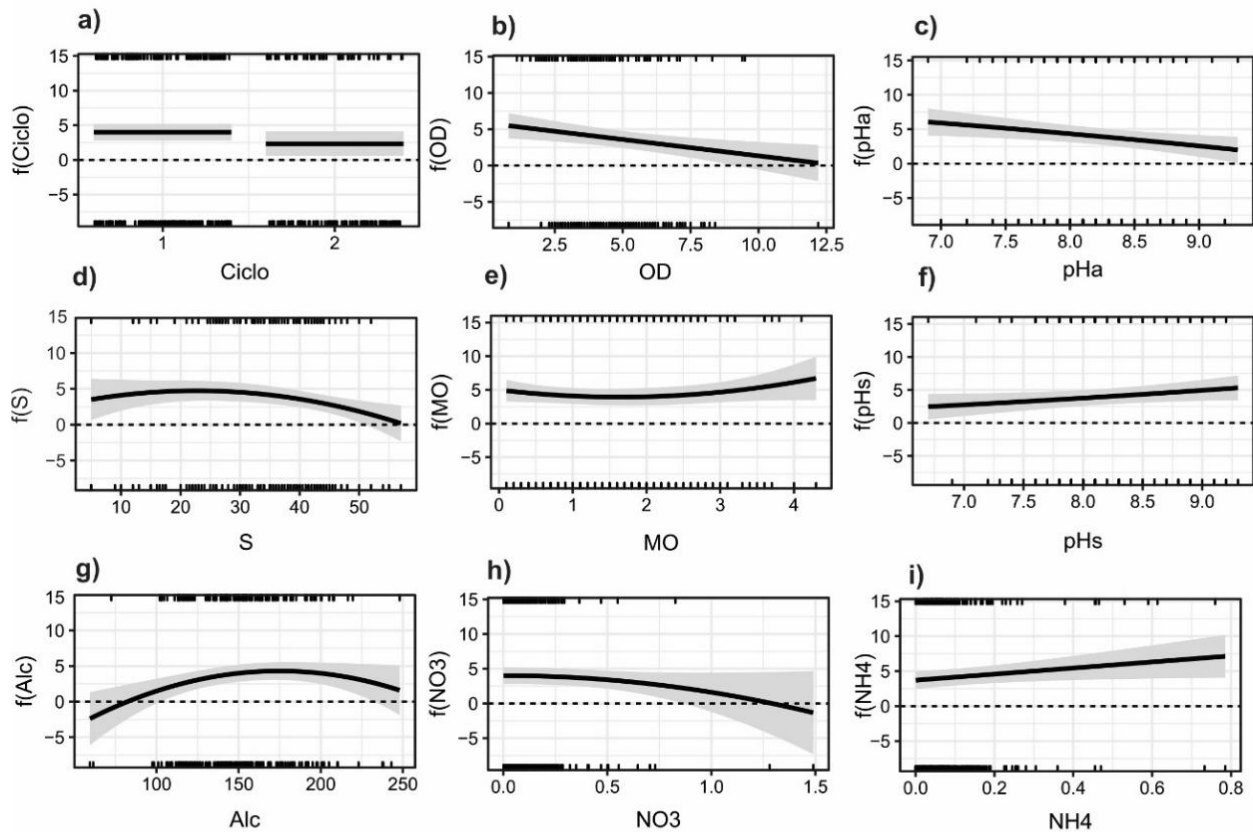


Figura 5. Influencia del ciclo de cultivo (a), oxígeno disuelto (mg/L) (b), pH en el agua (c), la salinidad (UPS) (d), materia orgánica (%) (e), pH de la materia orgánica de los estanques (f), alcalinidad (g), NO_3 (h) y NH_4 (i) sobre la densidad *V. parahaemolyticus* (UFC/g) en el hepatopáncreas de camarón f (Ciclo, OD, pHa, S, MO, pHs, Alc, NO_3 , NH_4)

DISCUSIÓN

Las variables ambientales juegan un papel fundamental en el desarrollo del camarón, debido a su condición fisiológica y a que todos los procesos bioquímicos tienen efectos directos en la tasa de consumo de alimento y de oxígeno disuelto, excreción de amonio y crecimiento (Ferreira *et al.*, 2011). En el presente estudio se observó para ambos ciclos de cultivo, promedios de temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, pH y transparencia dentro del intervalo óptimo para *P. vannamei* en cultivo, valores de acuerdo a los reportados por otros autores como la temperatura de 25 °C a 32 °C (Carbajal-Hernández *et al.*, 2011; Mateka *et al.*, 2015); oxígeno disuelto de 4 a 7 mg/L (Alpuche *et al.*, 2005); salinidad de 15 a 41 UPS (Pérez-Velázquez *et al.*, 2007; Rivas-Montaño *et al.*, 2018); pH de 6 a 9 (Carbajal-Hernández *et al.*, 2013) y transparencia de 17 a 45 cm (García-Sánchez *et al.*, 2018).



Los resultados del presente estudio mostraron que *V. parahaemolyticus* en agua de abastecimiento alcanzó máximos de $1.35E+04$ UFC/ml y; en la zona Sur hasta un máximo de $4.94E+03$ UFC/ml en agua de los estanques, por lo que presuntivamente el agua de abastecimiento funciona como un inóculo al ingresar al estanque de cultivo, como lo mencionan [Orellana de Granados & Ayala-Mestanza \(2017\)](#), estas bacterias muchas veces encuentran las condiciones para crecer por las combinaciones de múltiples factores como: las altas concentraciones de materia orgánica en los fondos, los suelos ácidos y la variación de los parámetros fisicoquímicos, entre otros. Esta proliferación de bacterias puede llegar a estar presentes en el hepatopáncreas y en la hemolinfa del camarón y ocasionar mortalidad ([Orellana de Granados & Ayala-Mestanza \(2017\)](#)). Esto es de esperarse ya que el agua de cultivo de camarón utilizada en Sinaloa, naturalmente presenta densidades de *Vibrio sp.* superiores a 10^5 UFC/ml ([Soto-Rodríguez et al., 2010](#)). Esta información es trascendental si se tiene en cuenta la enfermedad de la necrosis hepatopancreática aguda (AHPND), ya que también [Soto-Rodríguez et al. \(2015\)](#) mencionan que entre los múltiples factores que afectan la virulencia de *V. parahaemolyticus* se encuentra la densidad, pues encontraron que la cepa M09-04 ocasionó 93 % de mortalidad a una densidad de 10^5 UFC/ml. Con respecto a la concentración de bacterias del género *Vibrio* en el hepatopáncreas del camarón [Orellana de Granados & Ayala-Mestanza \(2017\)](#) registraron densidades de *Vibrio sp.* de $1.10E+03$ UFC/ml, presentando mortalidades de hasta 10 % en los primeros 30 días de cultivo. En este estudio se obtuvieron concentraciones superiores de *V. parahaemolyticus* de $3.00E+06$ UFC/g con mortalidades máximas del 81 %, evidenciando la repercusión de las concentraciones de *Vibrio sp.* en las mortalidades. Estos resultados concuerdan con [Soto-Rodríguez et al. \(2015\)](#) señalando que la virulencia de las cepas de *V. parahaemolyticus* depende de la dosis, siendo la densidad infectiva umbral de 10^4 UFC/ml; no observando mortalidad por debajo de esa densidad. De igual manera [Soto-Rodríguez et al. \(2010\)](#) estima niveles de referencia de una posible vibriosis a partir de camarones enfermos a un umbral de $1.40E+05$ UFC/g de *Vibrio sp.* en hepatopáncreas.

La supervivencia de *Vibrio spp.* en ambientes marinos depende de fuentes de carbono y energía, oxígeno disuelto, pH del agua, salinidad, temperatura e inanición ([Takemura et al., 2014](#)). En cuanto a las asociaciones de las variables fisicoquímicas, [Hung-Sung et al. \(2001\)](#) y [Nelapati et al. \(2012\)](#) mencionan que *V. parahaemolyticus* es un microorganismo que tiene la aptitud de vivir y desarrollarse en condiciones aerobias y anaerobias. Sin embargo, en el presente estudio se observó que en concentraciones superiores de 4.6 mg/L y cercanas a 12.5 mg/L de OD la densidad de *V. parahaemolyticus* disminuye considerablemente. Mientras que en concentraciones menores de 4.6 mg/L pero mayores que 2.5 mg/L de OD favorecen notablemente el incremento de la densidad de *V. parahaemolyticus* en el hepatopáncreas del camarón. Estos resultados son similares con los reportados por [Van Wyk et al. \(1999\)](#) quienes



sugieren que a partir de registros de 3 mg/L de OD o menores en el agua de cultivo, se deben realizar acciones correctivas para disminuir la densidad de *V. parahaemolyticus*.

Con respecto a la asociación con la salinidad, *V. parahaemolyticus* puede tolerar un amplio rango de salinidades, pero sus condiciones óptimas de crecimiento varían. En aguas tropicales, *V. parahaemolyticus* fue encontrado en salinidades entre 20-35 ppt, con mayores densidades a 20 ppt (Rivera *et al.*, 1989). Estudios experimentales mostraron una mejor adaptación a 10 y 20 UPS comparado con 39 y 60 UPS (Sami *et al.*, 2022); esto concuerda con los resultados de este estudio donde se observó que a salinidades superiores a 34.2 UPS y cercanas a 50 UPS la densidad del *V. parahaemolyticus* disminuyó y a salinidades de 10-34.2 UPS la densidad de la bacteria fue mayor. Soto-Rodriguez *et al.* (2019) mencionan que la toxina puede expresarse a diferentes salinidades y que el manejo de la salinidad en el cultivo de camarón puede ser un factor importante para controlar la infectividad de *V. parahaemolyticus*.

Referente al pH en el agua, es importante resaltar que estudios sobre el impacto de pH en la aparición de *Vibrio parahaemolyticus* en el hepatopáncreas de camarones de cultivo son escasos, por lo que es fundamental seguir con este tipo de exploraciones para aclarar la influencia de este parámetro en la dinámica de la densidad de *Vibrio parahaemolyticus*. Los resultados de la presente investigación indican que las densidades de *V. parahaemolyticus* (UFC/g) aumentaron cuando el pH fue menor que 8.2 y la más elevada densidad del *V. parahaemolyticus* se presentó en valores de 7.0. Mientras que cuando el pH es mayor de 8.2 la densidad de *Vibrio* disminuyó hasta un pH de 9.0 en el que se encontró la menor densidad. Estos resultados contrastan con las investigaciones de Mancilla (2005) quien indica que *V. parahaemolyticus* tiene la capacidad de crecer en un intervalo de pH de 4.8 a 11; con un óptimo de crecimiento de 7.5 a 8.8 (FAO/WHO, 2011; Jurquiza, 2014).

En cuanto a la concentración de materia orgánica, diversos autores establecen que puede tener un efecto directo sobre la salud de los organismos en cultivo, dado que es capaz de modular las poblaciones bacterianas y la producción de metabolitos anaeróbicos tóxicos que dañan al camarón (Avnimelech & Ritvo, 2003; Nimrat *et al.*, 2008). Merchán-Márquez (2017) establece que el porcentaje de materia orgánica óptimo en los suelos de los estanques de cultivo de camarón blanco es de 3 a 5%, ya que una acumulación excesiva de materia orgánica en los suelos, favorece la densidad de bacterias. Por otro lado, Díaz-Díaz & Arencibia-Carballo (1999), señalan que los valores de materia orgánica recomendados en el suelo del fondo de los estanques, es de 1.5% a 3%. En la presente investigación la concentración promedio de MO fue de 2%, concentración dentro del rango óptimo reportada por otros autores. Sin embargo, se observó que en concentraciones mayores que 2% y menores que 0.5%, la densidad de *V. parahaemolyticus* presente en el hepatopáncreas del camarón aumenta



considerablemente, lo que podría deberse a la presencia del nitrógeno orgánico procedente del alimento balanceado presente en el sedimento, el cual promueve la formación de nueva biomasa bacteriana a partir de la metabolización de la misma (Paez-Osuna & Alonso-Rodríguez, 2017), o bien que, cuando la concentración de materia orgánica en el suelo del fondo de los estanques es muy alta o se encuentra en exceso (>4%), habrá condiciones idóneas para el desarrollo microbiano, por lo que existirán elevadas concentraciones de bacterias principalmente del género *Vibrio* (Díaz-Díaz & Arencibia-Carballo 1999; Nimrat *et al.*, 2008).

La alcalinidad son ácidos bases como bicarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_3^{2-}) e hidróxido (OH^-) responsables de neutralizar el agua. Ferreira *et al.* (2011) mencionan que el nivel de alcalinidad en los estanques de cultivo no debe pasar de los 140 mg/L de CaCO_3 lo cual coincide con los resultados encontrados, ya que muestran que cuando el nivel de alcalinidad se encuentra entre los 150 y 200 mg/L, la densidad de *V. parahaemolyticus* en el hepatopáncreas del camarón es mayor, mientras que en niveles menores a 140 mg/L y mayores que 250 mg/L, la densidad de *V. parahaemolyticus* disminuye.

Con relación a los compuestos nitrogenados (NH_4^+), (NO_2^-) y (NO_3^-) Tseng & Chen (2004), establecen que concentraciones altas de estos compuestos afectan el sistema inmune del camarón, dejándolo susceptible a la proliferación de bacterias o provocando trastornos fisiológicos como la oxidación de la hemocianina en meta hemocianina. Camargo *et al.* (2005) mencionan que el intervalo óptimo de (NO_3^-) es de 0.4 a 1.3 mg/L, para (NO_2^-), Boyd (1995) sugiere que una concentración adecuada para el desarrollo del camarón es <0.23 mg/L. Sin embargo, los resultados muestran que en concentraciones mayores que 0.5 mg/L de NO_3^- la densidad de *V. parahaemolyticus* en el hepatopáncreas del camarón disminuye considerablemente, contrario a lo que ocurre con el NH_4^+ que la concentración de *V. parahaemolyticus* aumenta a mayor concentración de NH_4^+ . Este comportamiento es similar al reportado por Joseph *et al.* (1982) que establecen que la *V. parahaemolyticus*, no sobrevive en aguas con baja concentración de nutrientes; en tanto que Tantillo *et al.* (2004) informan que las sales de amonio constituyen la principal fuente de nitrógeno de *V. parahaemolyticus*, lo cual es coincidente con el presente estudio.

La predicción de la abundancia de presuntas especies de *Vibrio* puede ayudar a prevenir la aparición de enfermedades bacterianas, ya que esto proporciona información sobre cuándo y qué factores ambientales deben manejarse. Equito *et al.* (2022) utilizaron el modelo paramétrico de regresión lineal (LRM) y el modelo binomial negativo (NBM), así como el modelo semiparamétrico aditivo generalizado (GAM) para identificar correlaciones y predecir cambios en la abundancia de *Vibrio* con parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua en estanques de biofloc con *Penaeus vannamei*. Estos autores encontraron que la abundancia de presuntas especies de *Vibrio* estaba



altamente correlacionada con la alcalinidad, el pH y la densidad del fitoplancton. En el presente estudio, utilizando el modelo lineal generalizado (MLG) se mostró que a mayor salinidad, oxígeno disuelto, pH y nitratos en el agua la densidad de *Vibrio* disminuye (con valores fuera de los óptimos de *V. parahaemolyticus*), contrario a lo que se observó con los sedimentos, que a mayor pH, alcalinidad y amonio, aumentó la densidad de *Vibrio*; concluyendo que, al tener un incremento de concentración de bacterias en agua y sedimento, el modelo indicó un incremento en la concentración de bacterias en el hepatopáncreas del camarón. No obstante, Estrada-Pérez *et al.* (2019) y Estrada-Pérez *et al.* (2020) al utilizar un modelo estocástico de producción de camarón infectado por AHPND encontraron en el análisis de sensibilidad, que la mortalidad causada por la enfermedad, tiene una relación significativa con la salinidad y la transparencia del agua de los estanques. Estas diferencias en los resultados del presente trabajo, se deben a que no se consideró la enfermedad como tal, sino la densidad de bacterias de *V. parahaemolyticus*.

En esta investigación, la temperatura, transparencia y concentración de NO_2^- y PO_4^{3-} no exhibieron ningún efecto sobre la densidad de *V. parahaemolyticus* (UFC/g) en el hepatopáncreas del camarón. De acuerdo con el modelo que se utilizó, indirectamente se detectó que existe un 65.15% de factores que afectaron la densidad de *V. parahaemolyticus* en el hepatopáncreas del camarón, sin embargo, en la presente investigación, no fue posible medir o considerar fenómenos naturales en el ambiente de cultivo o variables de manejo, por lo que se recomienda incluirlos en investigaciones futuras para incrementar la capacidad predictiva. Se concluye que el modelo Lineal Generalizado explicó de manera adecuada la asociación de diversos factores con la concentración *V. parahaemolyticus* en el hepatopáncreas del camarón y cuyos resultados, de manera general son coincidentes con lo publicado en la literatura. Además, los resultados sugieren un monitoreo y manejo constante y efectivo para mantener los cultivos de camarón en los valores recomendados, que imposibiliten el aumento de las cargas bacterianas a niveles que afecten la salud del camarón.

LITERATURA CITADA

- ALIAGA R, Miranda J, Zevallos J. 2010. Aislamiento e identificación de *Vibrio parahaemolyticus* O3:K6 en pescados y moluscos bivalvos procedentes de un mercado pesquero de Lima, Perú. *Revista Médica Herediana*. 21: 135-149. ISSN 1729-214X.
<http://www.scielo.org.pe/pdf/rmh/v21n3/v21n3ao4.pdf>
- ANDERSON DR, Burnham KP. 2002. Avoiding pitfalls when using information-theoretic methods. *The Journal of wildlife management*. 66(3):912–918.
<https://doi.org/10.2307/3803155>



ALPUCHE J, Pereyra A, Agundis C. 2005. Respuestas bioquímicas de camarones marinos a factores ambientales. *Revista Electrónica de Veterinaria*. 6(5): 1-10. ISSN 1695-7504. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63617216008>

AVNIMELECH Y, Ritvo G. 2003. Shrimp and fish pond soils: processes and management. *Aquaculture*. 220 (1-4): 549-567. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00641-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00641-5)

BOYD CE. 1995. Bottom soils, sediment and pond aquaculture. Springer Science & Business Media. Pp. 348. ISBN 978-1-4613-5720-9. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1785-6>

CAMARGO JA, Alonso A. Salamanca A 2005. Nitrate toxicity to aquatic animals: a review with new data for freshwater invertebrates. *Chemosphere*. 58(9):1255-1267. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.10.044>

CAÑIGRAL-CÁRCEL I. 2011. Desarrollo de métodos moleculares para la detección y caracterización de bacterias patógenas emergentes del género *Vibrio* en agua y alimentos. Tesis de doctorado, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural, Universidad Politécnica de Valencia. España. Pp. 297. <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/11799>

CARBAJAL-HERNÁNDEZ JJ, Sánchez-Fernández LP, Villa-Vargas LA, Carrasco-Ochoa JA, Martínez-Trinidad JF. 2013. Water quality assessment in shrimp culture using an analytical hierarchical process. *Ecological Indicators*. 29: 148-158. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.12.017>

CARBAJAL-HERNÁNDEZ JJ, Sánchez-Fernández LP, Pogrebnyak O. 2011. Assessment and prediction of water quality in shrimp culture using signal processing techniques. *Aquacult Int*. 19:1083–1104. <https://doi.org/10.1007/s10499-011-9426-z>

CARIANI A, Piano A, Consolandi C, Severgnini M, Castiglioni B, Caredda G, Candela M, Serratore P, De Bellis G, Tinti F. 2012. Detection and characterization of pathogenic vibrios in shellfish by a Ligation Detection Reaction-Universal Array approach. *International journal of food microbiology*. 153 (3): 474-482. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.11.010>

DEQUITO AQD, Corre VJ, Abacan EJ. 2022. Generalised additive model improves estimates of *Vibrio* species abundance in *Penaeus vannamei* Boone, 1931 biofloc production system. *Asian Fisheries Science*. 35: 108-116. <https://doi.org/10.33997/j.afs.2022.35.2.002>



DÍAZ-DÍAZ DG, Arencibia-Carballo. 1999. Carbón orgánico y manejo de suelos en los estanques de la estación camaronera Tunas de Zaza Cuba. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*. 33(1): 39-48.

<https://produccioncientificaluz.org/index.php/boletin/article/view/190>

DULANTO GJR. 2013. Identificación rápida de especies del género *Vibrio* asociados con el cultivo de "langostino blanco" *Litopenaeus vannamei* por amplified ribosomal DNA restriction analysis (ARDRA). Tesis de Licenciatura. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Pp. 109. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/3432>

ESTRADA-PEREZ N, Ruiz-Velazco JM, Hernández-Llamas A. 2020. Economic risk scenarios for semi-intensive production of *Litopenaeus (Penaeus) vannamei* shrimp affected by acute hepatopancreatic necrosis disease. *Aquaculture Reports*. 18, e100442. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100442>

ESTRADA-PEREZ N, Ruiz-Velazco JMJ, Magallon-Barajas FJ, Campa-Cordova AI, Hernández-Llamas A. 2019. Dynamic stock model for analysing semi-intensive production of whiteleg shrimp *Litopenaeus (Penaeus) vannamei* affected by the acute hepatopancreatic necrosis disease: Assessment of disease severity indicators and relationships with pond water quality parameters. *Aquaculture*. 51(1):242-254.

<https://doi.org/10.1111/are.14370>

FAO/WHO (Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization). 2011. Risk assessment of *Vibrio parahaemolyticus* in seafood: Interpretative summary and Technical report. Microbiological Risk Assessment Series No. 16. Rome. Pp. 193. ISBN 978-92-5-106874-8 (FAO). ISBN 978-92-4-154817-5 (WHO). https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/44566/9789241548175_eng.pdf?sequence=1

FERREIRA NC, Bonetti C, Seiffert WQ. 2011. Hydrological and water quality indices as management tools in marine shrimp culture. *Aquaculture*. 318 (3-4): 425-433. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.05.045>

GALAVIZ-SILVA L, Robles-Valdez A, Sánchez-Díaz R, Ibarra-Gamez JC, Gómez-Gil B, Molina-Garza ZJ. 2021. Cepas de *Vibrioparahaemolyticus* que causan necrosis hepatopancreática aguda en camarón cultivado de Sonora, México y su resistencia a antibióticos. *Hidrobiológica*. 31 (2): 111-123.

<https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2021v31n2/Galaviz>

GARCÍA-SÁNCHEZ S, Juárez-Agis A, Olivier-Salome B, Rivas-González M, Zeferino-Torres J. 2018. Variables fisicoquímicas ambientales que inciden en el cultivo de camarón *Litopenaeus vannamei*, en Coyuca de Benítez, Guerrero, México. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*. 5(2): 135-155. ISSN: 2007-9559.

<https://revistaremaeitvo.mx/index.php/remae/article/view/169/151>



HEITMANN G, Jofre M, Hormazabal O, Olea N, Vallebuonas S, Valdés H. 2005. Revisión y recomendaciones para el manejo de diarrea por *Vibrio parahaemolyticus*. *Revista Chilena de Infecciones*. 22(2): 131-140. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182005000200003>

HERNÁNDEZ-AYÓN JM, Zirino A, Marinone SG, Canino-Herrera R, Galindo-Bect MS. 2003. Relaciones pH-densidad en agua de mar. *Ciencias Marinas*. 29 (4): 497-508. <https://www.scielo.org.mx/pdf/ciemar/v29n4/v29n4a12.pdf>

HONG X, Lu L, Xu D. 2016. Progress in research on acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND). *Aquaculture International*. 24:577-593. <https://doi.org/10.1007/s10499-015-9948-x>

HUNG-SUNG H, Fang-Hsu S, Kun-Chen C, Yuang-Ting Y, Liang-Chao Y. 2001. Relationships between disease outbreak in cultured tiger shrimp (*Penaeus monodon*) and the composition of *Vibrio* communities in pond water and shrimp hepatopancreas during cultivation. *Aquaculture*. 192:101-110. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(00\)00458-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00458-0)

JOSEPH SW, Colwell RR, Kaper JB. 1982. *Vibrio Parahaemolyticus* and Related Halophilic Vibrios. *CRC Critical Reviews in Microbiology*. 10 (1): 77–124. <https://doi.org/10.3109/10408418209113506>

JURQUIZA V. 2014. Aislamiento, identificación y caracterización molecular de *Vibrio parahaemolyticus* en muestras de agua, sedimento y moluscos bivalvos de la costa Atlántica de Buenos Aires. Tesis de maestría, Administración Nacional de Laboratorios e Institutos de Salud, Universidad Nacional de San Martín. Mar del Plata, Argentina. Pp 109. https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/6828/Jurquiza_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y

KUMAR V, Roy S, Behera BK, Bossier P, Das BK. 2021. Acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND): virulence, pathogenesis and mitigation strategies in shrimp aquaculture. *Toxins*. 13(8): e13080524. <https://doi.org/10.3390/toxins13080524>

LAI HC, Ng TH, Ando M, Lee CT, Chen IT, Chuang JC, Mavichak R, Chang SH, Yeh MD, Chiang YA, Takeyama H, Hamaguchi HO, Lo CF, Aoki T, Wang HC. 2015. Pathogenesis of acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND) in shrimp. *Fish Shellfish Immunol*. 47:1006-1014. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2015.11.008>

MANCILLA E. 2005. Intoxicación por *Vibrio parahaemolyticus*. Cuadernos médico sociales, Chile. 45: 43-47. ISSN 0716-1336. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9510683>



MATEKA HA, Tamatamah R, Kyewalyanga M. 2015. Study on the Water Quality Parameters in Semi-Intensive Coastal Shrimp Culture System in Mafia Island, Tanzania. *Journal of Environment and Earth Science*. 5(1):142-150. ISSN 2224-3216 (Paper) ISSN 2225-0948 (Online). <https://core.ac.uk/download/pdf/234663985.pdf>

MERCHÁN MARQUEZ FR. 2017. Relación de la materia orgánica con la comunidad bacteriana en suelos de piscinas de cultivo de *Litopenaeus vannamei* (Examen complejo). UTMACH, Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, Machala, Ecuador. Pp. 24. <https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/11353>

NELAPATI S, Nelapati K, Chinnam BK. 2012. *Vibrio parahaemolyticus*-An emerging foodborne pathogen-A Review. *Vet World*. 5(1):48-62. <https://doi.org/10.5455/vetworld.2012.48-62>

NELDER J, Wedderburn R. 1972. Generalized Linear Models. *Journal of the Royal Statistical Society*. 135 (3): 370-384. <https://doi.org/10.2307/2344614>

NIMRAT S, Suksawat S, Maleeweach P, Vuthiphandchai V. 2008. Effect of different shrimp pond bottom soil treatments on the change of physical characteristics and pathogenic bacteria in pond bottom soil. *Aquaculture*. 285: e123129. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.08.020>

NUNAN L, Lightner D, Pantoja C, Gómez-Jiménez S. 2014. Detection of acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND) in México. *Diseases of aquatic organisms*. 111:81-86. doi: <https://doi.org/10.3354/dao02776>

ORELLANA DE GRANADOS CM, Ayala-Mestanza OA. 2017. Incidencia de parásitos y bacterias del género vibrio en el cultivo de camarón marino desarrollados en cooperativas camaroneras del municipio de Jiquilisco, departamento de Usulután. *Revista tecnológica*. 10:27-30. ISSN: 2070-0458. <http://hdl.handle.net/10972/3020>

PÁEZ-OSUNA F, Alonso-Rodríguez R. 2017. Calidad de agua en la camaronicultura: importancia, efectos y manejo. El Colegio de Sinaloa. Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Sinaloa, A.C, México. Pp. 146. ISBN: 9786077904175

PÉREZ-VELÁZQUEZ M, González-Félix ML, Jaimes-Bustamante F, Martínez-Córdova LR, Trujillo-Villalba DA. 2007. Investigation of the Effects of Salinity and Dietary Protein Level on Growth and Survival of Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal of the World Aquaculture Society*. 38(4): 475-485. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2007.00121.x>

RIVAS-MONTAÑO AM, Luis-Villaseñor IE, Piña-Valdez P, Gómez-Gil B, Lizárraga-Partida ML. 2018. Spatiotemporal distribution of *Vibrio parahaemolyticus* in relation to environmental parameters in a coastal lagoon on the Pacific coast of northwestern Mexico. *Ciencias Marinas*. 44(3): 141–153. <https://doi.org/10.7773/cm.v44i3.2772>



RIVERA S, Lugo T, Hazen TC. 1989. Autecology of *Vibrio vulnificus* and *Vibrio parahaemolyticus* in tropical waters. *Water Research*. 23(7): 923-931. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(89\)90018-3](https://doi.org/10.1016/0043-1354(89)90018-3)

RODRÍGUEZ-CAMACHO JC, Méndez-Gómez E, Rivas-Montaña AM, Cortés-Ruiz JA. 2014. Evaluación de la presencia de *Vibrio parahaemolyticus* en camarón blanco (*Penaeus vannamei*) silvestre estuarino en el sur de Sinaloa y norte de Nayarit, mediante análisis microbiológico y PCR. *Revista Bio Ciencias*. 2(4): 282-292. <http://dx.doi.org/10.15741/revbio.02.04.06>

SAMI Z, Kaouthar M, Nadia C, Hedi BM. 2022. Effect of sunlight and salinity on the survival of pathogenic and non-pathogenic strains of *Vibrio parahaemolyticus* in water microcosms. *Water Environment Research*. 94(2): e10689. <https://doi.org/10.1002/wer.10689>

SOKAL RR, Rohlf FJ. 1986. Introducción a la Bioestadística. Barcelona: Editorial Reverté. España. Pp. 380. ISBN: 978-84291-18624.

SOTO-RODRÍGUEZ SA, Gómez-Gil B, Lozano R. 2010. Density of Vibrios in Hemolymph and Hepatopancreas of Diseased Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, from Northwestern Mexico. *Journal of the World Aquaculture Society*. (41): 76-83. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2009.00335.x>

SOTO-RODRÍGUEZ SA, Gómez-Gil B, Lozano-Olvera R, Betancourt-Lozano M, Morales-Covarrubias MS. 2015. Field and experimental Evidence of *Vibrio parahaemolyticus* as the Causative Agent of Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease of Cultured Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in Northwestern México. *Appl Environ Microbiol*. 81(5):1689-1699. <https://doi.org/10.1128/AEM.03610-14>

SOTO-RODRIGUEZ SA, Lozano-Olvera R, Palacios-Gonzalez DA, Bolan-Mejia C, Rendon-Aguilar KG. 2019. Caracterización y condiciones de crecimiento de cepas de *Vibrio parahaemolyticus* con diferentes grados de virulencia que causan enfermedad de necrosis hepatopancreática aguda en *Litopenaeus vannamei*. *Journal of the World Aquaculture Society*. 50(5):1002-1015. <https://doi.org/10.1111/jwas.12617>

STRICKLAND JDH, Parsons TR. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Second Edition, Bulletin. *Fisheries Research Board of Canada*. Ottawa, Canada. Pp. 310. <http://dx.doi.org/10.25607/OBP-1791>

TAKEMURA AF, Chien DM and Polz MF. 2014. Associations and dynamics of Vibrionaceae in the environment, from the genus to the population level. *Frontiers in microbiology*. 5:38. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00038>



TANTILLO GM, Fontanarosa M, Di Pinto A, Musti M. 2004. Updated perspectives on emerging vibrios associated with human infections. *Letters in applied microbiology*. 39 (2): 117-126. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2004.01568.x>

TSENG IT, Chen JC. 2004. The immune response of white shrimp *Litopenaeus vannamei* and its susceptibility to *Vibrio alginolyticus* under nitrite stress. *Fish and Shellfish Immunology*. 17: 325-333. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2004.04.010>

TURNER JW, Malayil L, Guadagnoli D, Cole D, Lipp EK. 2013. Detection of *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio vulnificus* and *Vibrio cholerae* with respect to seasonal fluctuations in temperature and plankton abundance. *Environmental Microbiology*. 16 (4):1019-1028. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.12246>

VAN WYK P, Davis-Hodgkins M, Laramore R, Main KL, Mountain J, Scarpa J. 1999. *Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems*. Ft. Pierce, FL: Harbor Branch Oceanographic Institution. Pp. 128-138.

https://www.researchgate.net/publication/242621708_Farming_Marine_Shrimp_in_Recirculating_Fresh_Water_Systems

WALKLEY A, Black IA. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*. 37(1):29-38. <http://dx.doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003>

Yang F, You Y, Lai Q, Xu L, Li F. 2023. *Vibrio parahaemolyticus* becomes highly virulent by producing Tc toxins. *Aquaculture*. 576: 739817. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739817>

ZAMORA-PANTOJA DR, Quiroz-Santiago C, Quiñonez-Ramírez EI. 2005. Un Enemigo Marino Silencioso *Vibrio parahaemolyticus*. 6(4):1-9. ISSN: 1067-6079. https://www.revista.unam.mx/vol.6/num4/art33/abr_art33.pdf

Zou Y, Xie G, Jia T, Xu T, Wang C, Wan X, Li Y, Luo K, Bian X, Wang X, Kong J, Zhang, Q. 2020. Determination of the infectious agent of translucent post-larva disease (TPD) in *Penaeus vannamei*. *Pathogens*. 9: 741. <https://doi.org/10.3390/pathogens9090741>

[Errata Erratum](#)

<https://abanicoacademico.mx/revistasabanico-version-nueva/index.php/abanico-veterinario/errata>