



Abanico Veterinario. Janeiro-Dezembro 2025; 16:1-21. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2025.1>
Estudo de caso. Recebido: 17/07/2024. Aceito:10/02/2025. Publicado: 06/04/2025. Chave: e2024-40.
<https://www.youtube.com/watch?v=2TFB9Rujlu4>

Fatores que afetam a densidade de *Vibrio parahaemolyticus* no hepatopâncreas do camarão *Penaeus vannamei* em unidades de produção no noroeste do 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 Iván³ ID, Estrada-Perez Nallely² ID, 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 para correspondência: 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

RESUMO

O *Vibrio parahaemolyticus* atua como patógeno oportunista e primário nas unidades de produção de camarões, causando a doença da necrose hepatopancreática aguda (AHPND, na sigla em inglês) e a doença das pós-larvas cristalinas (HLVD), muito mais virulenta que a cepa AHPND. No entanto, as variáveis que determinam a densidade desse patógeno nas unidades de produção ainda não são claras. Por esse motivo, o objetivo do presente trabalho foi determinar as variáveis físicas, químicas e biológicas que favorecem seu desenvolvimento no hepatopâncreas do camarão *Penaeus vannamei*, na água e no sedimento dos tanques de cultivo. A pesquisa foi realizada em fazendas comerciais localizadas na costa noroeste do México. Em cada fazenda, foram coletadas amostras de água, sedimento e camarão para análise bacteriológica (semeadura em placa com CHROMAgar *Vibrio*), qualidade da água (nitritos NO₂⁻, nitratos NO₃⁻, amônio NH₄⁺, fosfatos PO₄³⁻ e alcalinidade CaCO₃), matéria orgânica e pH (no sedimento), bem como medições de salinidade, temperatura, oxigênio dissolvido, pH (na água) e transparência. Para analisar a associação das variáveis físicas, químicas e biológicas com a densidade de *V. parahaemolyticus* no hepatopâncreas do camarão, foi construído um Modelo Linear Generalizado (MLG). O modelo que melhor explicou os dados apresentou um desvio explicado de 34.85%. O exame bacteriológico revelou que a zona norte e a zona sul apresentaram a maior densidade média de *V. parahaemolyticus* no hepatopâncreas do camarão. O modelo revelou um efeito significativo (P<0,05) na densidade de *V. parahaemolyticus* na água e no sedimento dos tanques de cultivo, ciclo de cultivo, oxigênio dissolvido, salinidade, pH na água de cultivo, NH₄⁺ e alcalinidade. As evidências encontradas do efeito de alguns dos fatores sobre a densidade de *V. parahaemolyticus* no hepatopâncreas do camarão sugerem um monitoramento constante para evitar densidades prejudiciais à saúde do camarão.

Palavras-chave: fazendas de camarão, variáveis ambientais, modelo linear 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 NO_2^- , nitrate NO_3^- , ammonium NH_4^+ , phosphate PO_4^{3-} and alkalinity CaCO_3), 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, NH_4^+ 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*.

INTRODUÇÃO

A bactéria *Vibrio parahaemolyticus* habita em ambientes marinhos costeiros e zonas estuarinas (Cariani *et al.*, 2012); encontra-se em suspensão livre ou associada a partículas em suspensão, tais como: sedimentos (Heitmann *et al.*, 2005), plancton (Turner *et al.*, 2013), peixes (Aliaga *et al.*, 2010), moluscos bivalves (Rodríguez-Camacho *et al.*, 2014) e crustáceos. Nestes últimos, costuma alojar-se no exoesqueleto dos camarões, uma vez que a quitina é utilizada pela bactéria como nutriente (Dulanto, 2013).

De acordo com os principais fatores que influenciam a ocorrência e distribuição de *V. parahaemolyticus* na água do mar são a temperatura, a salinidade, a disponibilidade de nutrientes e as flutuações na concentração de plâncton (Hernández-Ayón *et al.*, 2003; Tantillo *et al.*, 2004). Portanto, um desequilíbrio nos fatores físicos, químicos e biológicos pode causar a proliferação de *V. parahaemolyticus*, que é uma bactéria patogênica oportunista, anaeróbia facultativa, Gram negativa, responsável por causar altas taxas de mortalidade (Cañigral-Cárcel, 2011). Uma das doenças causadas pelo *V. parahaemolyticus* é a doença da necrose hepatopancreática aguda (AHPND), que foi registrada no continente asiático e em diversas espécies de camarões, como é o caso do *Penaeus monodon*; os primeiros surtos dessa espécie foram registrados em 2009 no sul da China, causando mortalidades em massa de até 100% nas culturas (Kumar *et al.*, 2021). Outra doença altamente letal causada por *Vibrio* (HLVD, na sigla em



inglês), conhecida como “doença das pós-larvas de vidro” (GPD) ou “doença das pós-larvas translúcidas” (TPD), teve sua primeira aparição em 2019 e o agente causador foi identificado como cepas virulentas de *V. parahaemolyticus* (Vp_{HLVD}) (Zou *et al.*, 2020; Yang *et al.*, 2023). A infecção por Vp_{HLVD} danifica gravemente o túbulo do hepatopâncreas e o epitélio do intestino médio dos camarões infectados, provocando uma mortalidade aguda e maciça nas pós-larvas de camarão. Embora tanto a HLVD quanto a AHPND sejam causadas por vibrios e compartilhem sinais clínicos semelhantes, a Vp_{HLVD} é muito mais virulenta que a Vp_{AHPND} (Yang *et al.*, 2023).

No México, não há evidências do aparecimento da infecção por HLVD, mas sabe-se que os primeiros surtos de AHPND ocorreram durante 2013, afetando a produção de cultivos de *Penaeus vannamei* na região nordeste, principalmente nos estados de Sonora, Sinaloa e Nayarit (Galaviz-Silva *et al.*, 2021), estimando perdas de até 65% em aproximadamente 1 500 fazendas de cultivo com uma extensão de 92 962 ha (Nunan *et al.*, 2014). Além disso, é importante ressaltar que o tempo de geração do *Vibrio* é entre 10 e 12 minutos, beneficiado pela disponibilidade de nutrientes em seu ambiente e temperaturas quentes (> 35 °C), baixas salinidades (< 8 UPS) e pH alcalino (> 7.5) (Zamora-Pantoja *et al.*, 2005). Portanto, alguns autores mencionam que os fatores acima mencionados seriam os principais responsáveis pelo aumento da ocorrência e distribuição desse patógeno na água do mar (Hernández-Ayón *et al.*, 2003; Tantillo *et al.*, 2004). De acordo com Lai *et al.* (2015), esta doença ocorre quando os camarões se encontram em condições de estresse ou quando seu sistema imunológico está enfraquecido, causando importantes perdas econômicas para a indústria camaronícola. É importante destacar que as cepas de *V. parahaemolyticus* que causam AHPND no México apresentam diferenças genéticas em relação às cepas asiáticas e desenvolveram resistência a antibióticos de uso comum, como a oxitetraciclina e a sulfacloropiridazina-trimetoprima (Galaviz-Silva *et al.*, 2021). Essas descobertas destacam a importância de monitorar e gerenciar as populações de *Vibrio* na aquicultura de camarões.

Quatorze anos após o surgimento da AHPND em nível mundial, essa doença continua afetando a indústria do cultivo de camarões. Apesar disso, não há relatos de pesquisas *in situ* que confirmem as condições que favorecem o desenvolvimento desse microrganismo, nem mesmo usando um Modelo Linear Generalizado (MLG). Ainda assim, foram feitas previsões e identificadas correlações da abundância de espécies de *Vibrio* utilizando o modelo paramétrico de regressão linear (LRM) e o modelo binomial negativo (NBM), bem como o modelo semiparamétrico aditivo generalizado (GAM) (Dequito *et al.*, 2022). Os únicos trabalhos que analisaram o efeito do AHPND em cultivos comerciais de camarão são os de Estrada-Pérez *et al.* (2019) e Estrada Pérez *et al.* (2020) com modelos de regressão múltipla com um modelo de estoque e um modelo bioeconômico, respectivamente. No presente estudo, foram avaliadas as

diferentes variáveis físicas, químicas e biológicas que poderiam estar contribuindo para o aumento das densidades desse patógeno no hepatopâncreas dos camarões *Penaeus vannamei*, cultivados em unidades de produção localizadas no noroeste do México. Além disso, foi determinada a associação de variáveis físicas, químicas e biológicas dos corpos d'água costeiros na linha costeira do noroeste do México e da água dos tanques de cultivo das fazendas de camarões com o aumento da densidade de *V. parahaemolyticus* no hepatopâncreas do camarão *Penaeus vannamei*, utilizando como ferramenta de análise os Modelos Lineares Generalizados (Nelder & Wedderburn, 1972). O objetivo é gerar bases científicas sobre o comportamento do *V. parahaemolyticus* nos tanques de cultivo de camarões, o que contribuirá para a tomada de decisões por parte do produtor para o controle e manejo do patógeno em suas instalações de cultivo.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta de amostras e medição de variáveis ambientais

Foi obtida uma base de dados de corpos d'água costeiros, bem como de fazendas de camarão localizadas no noroeste do México, especificamente na linha costeira do estado de Sinaloa (Figura 1) durante 2017, quando foram realizadas dez amostragens em 26 fazendas de cultivo no primeiro ciclo (fevereiro-junho) e 18 no segundo (julho-novembro). As áreas de amostragem foram: zona norte: Ahome e Guasave; zona centro-norte: Angostura e Navolato; zona centro: Eldorado e Cospita; zona centro-sul: Elota; e zona sul: Mazatlán. Durante os primeiros 30 dias de cultivo, as amostragens foram realizadas semanalmente, por serem consideradas a fase crítica (Hong et al., 2016). Posteriormente, as amostragens foram realizadas a cada duas semanas.

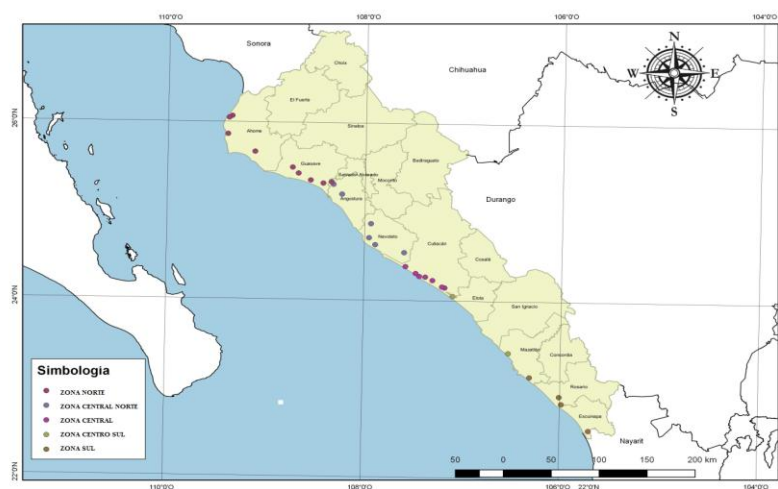


Figura 1. Área de estudo e pontos de amostragem



As amostras de organismos, água e sedimentos de cada uma das unidades de produção aquícola foram obtidas de um tanque selecionado aleatoriamente na comporta de entrada e saída. Para as amostras de organismos, foram selecionados 15 camarões com distúrbios comportamentais alimentares e alterações fisiológicas (Soto-Rodríguez *et al.*, 2010). Para a análise fresca e bacteriológica, os camarões foram mantidos vivos e depositados em caixas térmicas com água do tanque para serem transportados para o laboratório do Comitê Estadual de Saúde Aquícola de Sinaloa (CESASIN), onde foram processados. As amostras de água foram coletadas entre 20 cm abaixo da superfície e 20 cm acima do fundo. Para a análise bacteriológica, as amostras foram transportadas para o laboratório acima mencionado, utilizando placas de CHROMagar *Vibrio* para o cultivo bacteriano, para posteriormente quantificar e expressar os resultados em unidades de volume (UFC/ml) ou massa (UFC/g) (Soto-Rodríguez *et al.*, 2015). As amostras de sedimento para análise de matéria orgânica e pHs do tanque em cultivo foram coletadas com uma sonda para sedimento. A matéria orgânica (MO) foi avaliada de acordo com a NOM-021-SEMARNAT-2000 através do método de Walkley & Black (1934) por meio da oxidação do carbono orgânico (CO). Em cada amostragem, foram registrados dados de salinidade (S), temperatura (T, °C), oxigênio (OD, mg L⁻¹) e pH utilizando um refratômetro portátil da marca VITAL SINE SR6, um oxímetro da marca YSI-55-12 e um potenciômetro da marca YSI pH 10A, respectivamente, e a transparência (Tp, cm) com um disco de Secchi.

As concentrações de nitritos (NO₂⁻), nitratos (NO₃⁻), amônio (NH₄⁺) e fosfatos (PO₄³⁻) foram realizadas a partir dos procedimentos descritos no manual de análise de água sobre os kits LYSA, com base no princípio de Strickland & Parsons (1972). A alcalinidade (Alc) foi medida pelo método colorimétrico descrito por Hanna, utilizando um colorímetro manual HI755.

Modelo linear generalizado e análise estatística

Para realizar uma análise exploratória dos dados, foram obtidas as medidas de tendência central das variáveis físico-químicas, nutrientes, matéria orgânica, pH do sedimento e bacteriologia (Figura 2). Com o objetivo de determinar a associação entre as diferentes variáveis em relação à densidade de *V. parahaemolyticus* (UFC/g) no hepatopâncreas do camarão, foram ajustados Modelos Lineares Generalizados (GLM) (Nelder & Wedderburn, 1972) utilizando o pacote base da linguagem de programação R Core Team 2021.

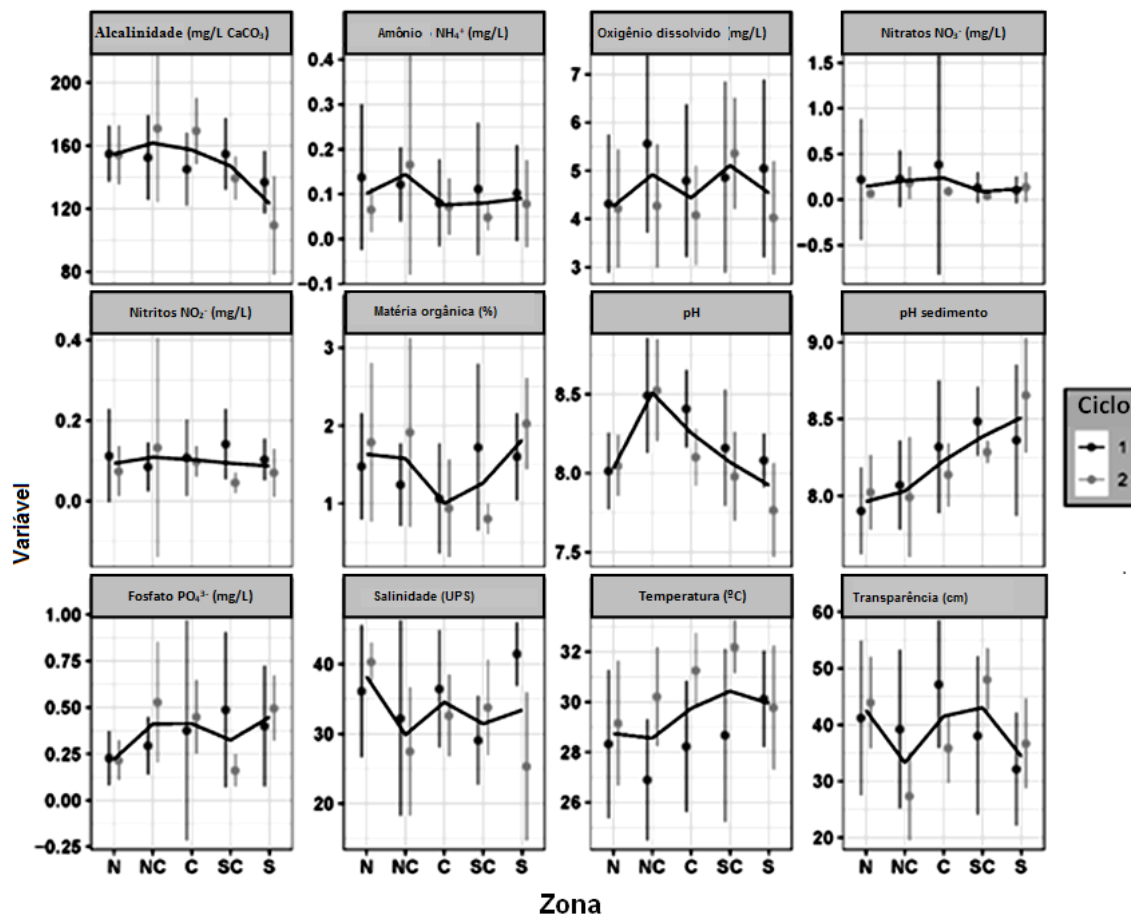


Figura 2. Média $\pm$ desvio padrão por zona e ciclo de cultivo das variáveis físico-químicas e biológicas nas fazendas de camarão na região noroeste do México. N = Norte, NC = Norte Central, C = Central, SC = Sul Central e S = Sul. A linha preta marca a média entre os ciclos de cultivo

Para construir os MLG, foram estabelecidas como variáveis explicativas a T, OD, S, pH, Tp, NO₂⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, PO₄³⁻, Alc, MO, pHs, mês de cultivo e densidade de *V. parahaemolyticus* (UFC/ml) em corpos d'água costeiros e tanques de cultivo, conforme a Tabela 1. Como todas as variáveis explicativas eram quantitativas, foi adicionado ao modelo um efeito quadrático (polinômio de segundo grau), com o objetivo de melhorar o ajuste das variáveis, tentando explicar melhor a tendência dos dados observados, o que foi avaliado previamente por meio de uma análise exploratória (Sokal & Rohlf, 1986). Como os valores de UFC/g no hepatopâncreas só podem ser iguais ou maiores que zero, assumiu-se uma distribuição Gamma no erro do modelo, utilizando como variável de resposta o valor de $x + 1$ para eliminar os zeros. Para assumir uma distribuição Gamma, utilizou-se uma função de ligação inversa ($\eta = 1/\mu$). Para a seleção do modelo para as variáveis explicativas mais relevantes, utilizou-se o processo stepwise usando o critério de Akaike como fator de seleção (AIC),



escolhendo como melhor modelo aquele que apresentou o menor valor de AIC (Anderson & Burnham, 2002).

Tabela 1. Variáveis explicativas utilizadas para o Modelo Linear Generalizado

Variáveis	Ciclo I	Ciclo II	Ciclo I-II
	Fevereiro-Junho	Julho-Dezembro	Fevereiro-Dezembro
	Média ± DP		
	Propriedades físico-químicas da água		
Temperatura (°C)	28.3 ± 2.8	30.2 ± 2.2	29.0 ± 2.8
Oxigênio (mg/L)	4.8 ± 1.7	4.2 ± 1.2	4.6 ± 1.6
Salinidade (UPS)	35.6 ± 10.0	31.8 ± 9.2	34.2 ± 9.9
pH	8.2 ± 0.3	8.1 ± 0.4	8.2 ± 0.4
Transparência (cm)	40.9 ± 13.4	36.2 ± 9.9	34.2 ± 12.5
	Nutrientes del água (mg/L)		
Nitratos (NO ₃ ⁻)	0.242 ± 0.74	0.118 ± 0.125	0.197 ± 0.592
Amônio (NH ₄ ⁺)	0.112 ± 0.139	0.098 ± 0.149	0.107 ± 0.143
Nitritos (NO ₂ ⁻)	0.107 ± 0.091	0.094 ± 0.154	0.102 ± 0.118
Fosfatos (PO ₄ ⁻³)	0.324 ± 0.371	0.406 ± 0.256	0.354 ± 0.335
Alcalinidade	149 ± 22	154 ± 38	151 ± 29
	Sedimento		
MO (%)	1.4 ± 0.7	1.6 ± 1.0	1.5 ± 0.8
pH	8.17 ± 0.41	8.19 ± 0.38	8.19 ± 0.40
	Hepatopâncreas (UFC/g)		
Densidade de <i>V. parahaemolyticus</i>	46102.9 ± 265988.73	13543.8 ± 54802.76	33786.1 ± 212785.82
	Bacteriologia (UFC/ml) (UFC/g)		
Água-corpos	104.58 ± 781.87	102.46 ± 246.12	103.80 ± 639.82
Sedimento-corpos	8256.34 ± 52608.30	12383 ± 35684.82	9765.47 ± 47131.54
Água-lagoas	47.44 ± 136.50	87.86 ± 391.54	62.22 ± 260.86
Sedimento-lagoas	1931.99 ± 5508.59	2856.38 ± 7218.00	2270.04 ± 6197.39

Nota: MO, matéria orgânica.

RESULTADOS

Bacteriologia

Em relação à presença de *V. parahaemolyticus* no hepatopâncreas dos camarões, observou-se que, na zona norte do estado, foi encontrada a maior densidade de *V. parahaemolyticus* em ambos os ciclos de produção (Figura 3a). À medida que as amostragens se dirigiam para o sul do estado, observou-se uma clara tendência de diminuição da concentração de *V. parahaemolyticus*. Também foi possível observar que, na zona centro-norte, houve maior concentração de bactérias durante o mês de outubro e apenas durante o segundo ciclo de produção (Figura 3b), na zona centro e sul do estado destaca-se o mês de setembro (Figura 3c e d); e no caso da zona centro-sul, o mês de novembro (Figura 3e).

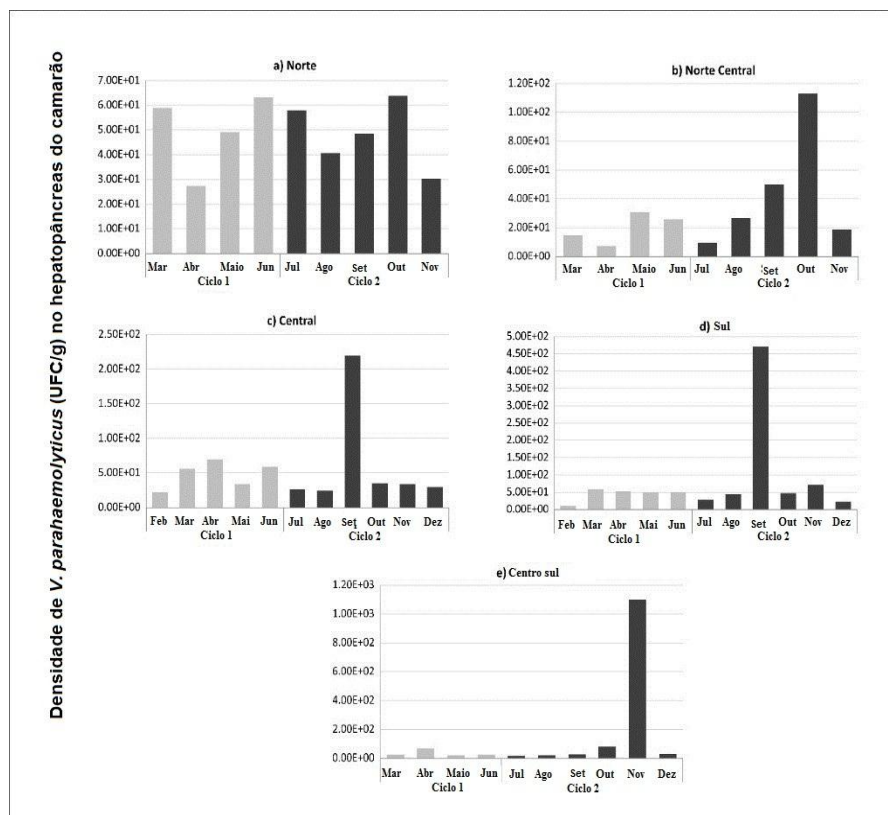


Figura 3. Comportamento da densidade de *V. parahaemolyticus* (UFC/g) em tanques de cultivo de fazendas em diferentes zonas. Zona norte a: Ahome e Guasave, zona centro-norte b: Angostura e Navolato, zona centro c: El Dorado e Cospita, zona sul d: Elota e zona centro-sul e: Mazatlán

Associação das variáveis físicas, químicas e biológicas com a densidade de *V. parahaemolyticus* no hepatopâncreas do camarão

O efeito significativo ($P < 0.05$) do OD, S, pH da água de cultivo, NO_3^- , NH_4^+ , Alc, MO, pHs, mês de cultivo e densidade de *V. parahaemolyticus* (UFC/ml) em corpos d'água costeiros e tanques de cultivo explicou o fenômeno da densidade de *V. parahaemolyticus* no hepatopâncreas do camarão com um desvio nulo de 5895.2, um desvio residual de 3840.2 e um desvio explicado de 34.85% (Tabela 2).



Tabela 2. Análise estatística das variáveis físicas, químicas e biológicas que favorecem a densidade de *V. parahaemolyticus* no hepatopâncreas do camarão *Penaeus vannamei*

Variável	Coefficiente	Error	Valor t	P
	Estimado	Padrão		
(Intercepto)	-5.2964	7.7347	-0.6847	0.4940
UFC na água				
(Corpos de água)	0.0016	0.0011	1.4304	0.1537
UFC na água (Fazenda)	-1.01E-05	1.94E-06	-5.1911	4.05E-07
UFC no sedimento (Fazenda)	-1.33E-08	3.41E-09	-3.9066	0.0001
Ciclo: 2	-1.7144	0.6305	-2.7191	0.0069
Mês: abril	-3.6409	3.8923	-0.9354	0.3503
Mês: maio	-3.3051	3.8084	-0.8678	0.3862
Mês: junho	-4.1755	3.8211	-1.0927	0.2754
Mês: julho	-2.4848	3.8558	-0.6444	0.5198
Mês: agosto	-2.8677	3.8537	-0.7441	0.4574
Mês: setembro	-4.1767	3.8496	-1.0849	0.2788
Mês: outubro	-2.7915	3.8384	-0.7272	0.4676
Mês: novembro	-5.8335	3.9263	-1.4857	0.1384
Mês: dezembro	-7.2182	4.2012	-1.7181	0.0868
Oxigênio dissolvido (Fazenda)	-0.4408	0.1553	-2.8375	0.0048
Salinidade (Fazenda)	-0.0039	0.0019	-2.0667	0.0396
pH em água (Fazenda)	-0.1034	0.0394	-2.6204	0.0092
Matéria Orgânica (Fazenda)	0.3915	0.2429	1.6116	0.1081
pH no Sedimento (Fazenda)	0.0667	0.0358	1.8622	0.0636
NH₄ na Água (Fazenda)	4.4103	2.0688	2.1317	0.0339
NO ₃ na Água (Fazenda)	-2.3772	1.3827	-1.7192	0.0866
Alcalinidade na Água (Fazenda)	-0.0005	0.0001	-2.8160	0.0052

Variáveis em itálico P < 0.05

O modelo indicou que a densidade de *V. parahaemolyticus* no hepatopâncreas aumenta à medida que aumenta a concentração de bactérias encontradas na água dos corpos costeiros (Figura 4). Uma tendência semelhante da concentração de bactérias nos sedimentos e na água mostrou que concentrações intermediárias aumentaram a densidade de *V. parahaemolyticus* no hepatopâncreas; no entanto, concentrações superiores aos valores intermediários mostraram uma diminuição (Figura 4).

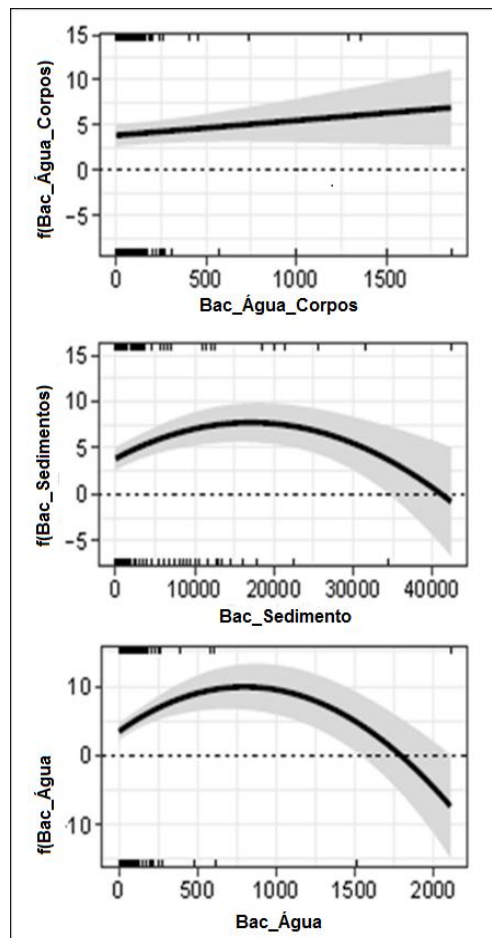


Figura 4. Efeito da densidade (UFC/ml) de *V. parahaemolyticus* (Y) na água dos corpos d'água costeiros (a: X), no sedimento dos tanques (b: X) e na água dos tanques de cultivo (c: X)

Em relação ao ciclo de cultivo, o ciclo 1 favoreceu mais a densidade de *V. parahaemolyticus* do que o ciclo 2 (Figura 5a). De maneira geral, valores mais elevados de oxigênio dissolvido, pH, salinidade e nitratos na água diminuíram a densidade de *V. parahaemolyticus* diminuiu (Figura 5b, c, d e h, respectivamente), ao contrário do que ocorreu com a matéria orgânica, o pH do sedimento, a alcalinidade e o amônio, que, à medida que seus valores aumentaram, observou-se maior densidade de *V. parahaemolyticus* (Figuras 5e, f, g, e, i, respectivamente).

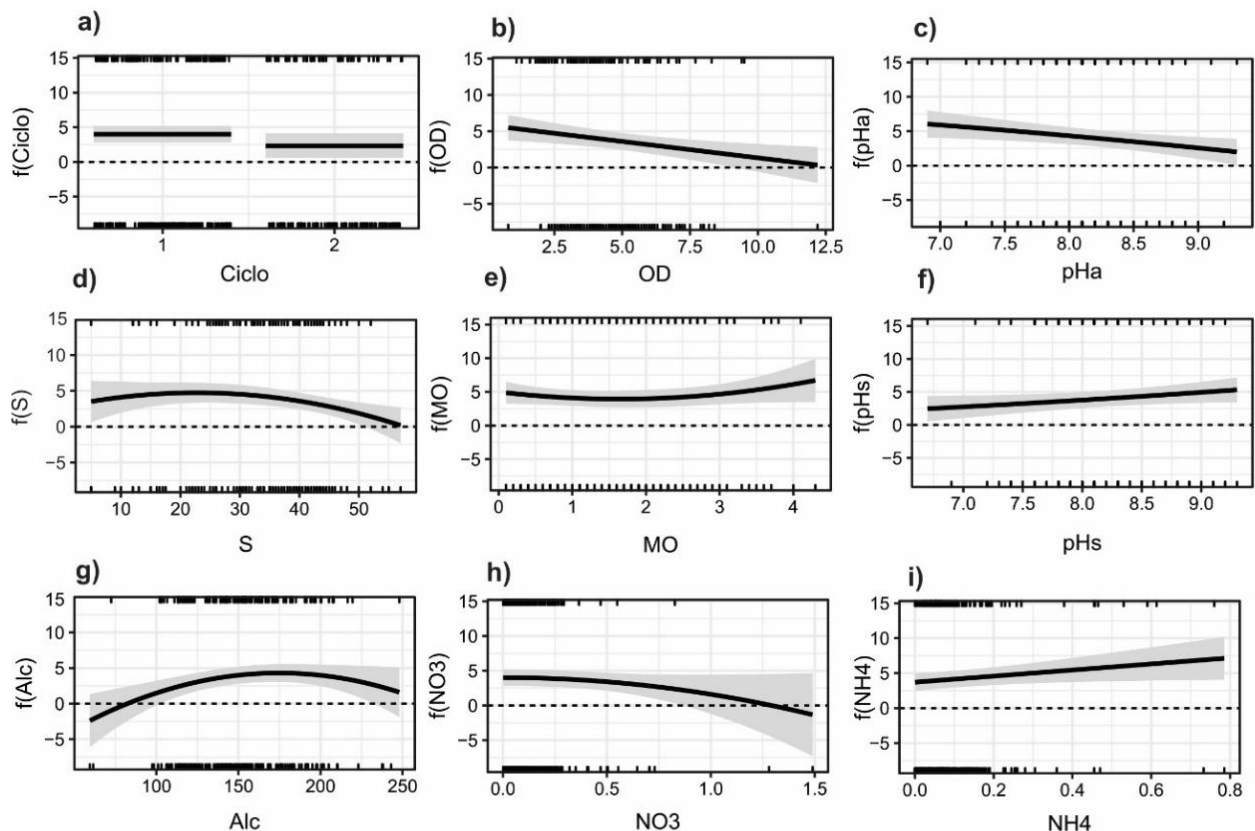


Figura 5. Influência do ciclo de cultivo (a), oxigênio dissolvido (mg/L) (b), pH na água (c), salinidade (UPS) (d), matéria orgânica (%) (e), pH da matéria orgânica dos tanques (f), alcalinidade (g), NO_3 (h) e NH_4 (i) sobre a densidade *V. parahaemolyticus* (UFC/g) no hepatopâncreas do camarão *V. (Ciclo, OD, pHa, S, MO, pHs, Alc, NO₃, NH₄)*

DISCUSSÃO

As variáveis ambientais desempenham um papel fundamental no desenvolvimento do camarão, devido à sua condição fisiológica e ao fato de que todos os processos bioquímicos têm efeitos diretos na taxa de consumo de alimento e oxigênio dissolvido, excreção de amônio e crescimento (Ferreira *et al.*, 2011). No presente estudo, observou-se para ambos os ciclos de cultivo, médias de temperatura, oxigênio dissolvido, salinidade, pH e transparência dentro do intervalo ideal para *P. vannamei* em cultivo, valores de acordo com os relatados por outros autores, como temperatura de 25 °C a 32 °C (Carbajal-Hernández *et al.*, 2011; Mateka *et al.*, 2015); oxigênio dissolvido de 4 a 7 mg/L (Alpuche *et al.*, 2005); salinidade de 15 a 41 UPS (Pérez-Velázquez *et al.*, 2007; Rivas-Montañón *et al.*, 2018); pH de 6 a 9 (Carbajal-Hernández *et al.*, 2013) e transparência de 17 a 45 cm (García-Sánchez *et al.*, 2018).



Os resultados do presente estudo mostraram que a *V. parahaemolyticus* na água de abastecimento atingiu máximos de 1.35×10^4 UFC/ml e, na zona sul, até um máximo de 4.94×10^3 UFC/ml na água dos tanques, pelo que se presume que a água de abastecimento funciona como um inóculo ao entrar no tanque de cultivo, como mencionado por [Orellana de Granados & Ayala-Mestanza \(2017\)](#), essas bactérias muitas vezes encontram as condições para crescer devido à combinação de múltiplos fatores, tais como: altas concentrações de matéria orgânica no fundo, solos ácidos e variação dos parâmetros físico-químicos, entre outros. Essa proliferação de bactérias pode estar presente no hepatopâncreas e na hemolinfa do camarão e causar mortalidade ([Orellana de Granados & Ayala-Mestanza \(2017\)](#)). Isso é de se esperar, já que a água utilizada na criação de camarões em Sinaloa apresenta naturalmente densidades de *Vibrio* sp superiores a 10^5 UFC/ml ([Soto-Rodríguez et al., 2010](#)). Esta informação é transcendental se levarmos em conta a doença da necrose hepatopancreática aguda (AHPND), já que [Soto-Rodríguez et al. \(2015\)](#) mencionam que entre os múltiplos fatores que afetam a virulência do *V. parahaemolyticus* está a densidade, pois descobriram que a cepa M09-04 causou 93% de mortalidade a uma densidade de 10^5 UFC/ml. Com relação à concentração de bactérias do gênero *Vibrio* no hepatopâncreas do camarão, [Orellana de Granados & Ayala-Mestanza \(2017\)](#) registraram densidades de *Vibrio* sp de 1.10×10^3 UFC/ml, apresentando mortalidades de até 10% nos primeiros 30 dias de cultivo. Neste estudo, foram obtidas concentrações superiores de *V. parahaemolyticus* de 3.00×10^6 UFC/g com mortalidades máximas de 81%, evidenciando o impacto das concentrações de *Vibrio* sp. nas mortalidades. Esses resultados concordam com [Soto-Rodríguez et al. \(2015\)](#), que apontam que a virulência das cepas de *V. parahaemolyticus* depende da dose, sendo a densidade infecciosa limiar de 10^4 UFC/ml; não observando-se mortalidade abaixo dessa densidade. Da mesma forma, [Soto-Rodríguez et al. \(2010\)](#) estimam níveis de referência de uma possível vibriose a partir de camarões doentes a um limiar de 1.40×10^5 UFC/g de *Vibrio* sp. no hepatopâncreas.

A sobrevivência de *Vibrio spp.* em ambientes marinhos depende de fontes de carbono e energia, oxigênio dissolvido, pH da água, salinidade, temperatura e inanição ([Takemura et al., 2014](#)). Quanto às associações das variáveis físico-químicas, [Hung-Sung et al. \(2001\)](#) e [Nelapati et al. \(2012\)](#) mencionam que *V. parahaemolyticus* é um microrganismo que tem a capacidade de viver e se desenvolver em condições aeróbicas e anaeróbicas. No entanto, no presente estudo, observou-se que em concentrações superiores a 4.6 mg/L e próximas a 12.5 mg/L de OD, a densidade de *V. parahaemolyticus* diminui consideravelmente. Enquanto que em concentrações inferiores a 4.6 mg/L, mas superiores a 2.5 mg/L de OD, favorecem notavelmente o aumento da densidade de *V. parahaemolyticus* no hepatopâncreas do camarão. Esses resultados são semelhantes aos relatados por [Van Wyk et al. \(1999\)](#), que sugerem



que, a partir de registros de 3 mg/L de OD ou menos na água de cultivo, devem ser realizadas ações corretivas para diminuir a densidade de *V. parahaemolyticus*.

No que diz respeito à associação com a salinidade, a *V. parahaemolyticus* pode tolerar uma ampla gama de salinidades, mas as suas condições ótimas de crescimento variam. Em águas tropicais, a *V. parahaemolyticus* foi encontrada em salinidades entre 20-35 ppt, com maiores densidades a 20 ppt (Rivera *et al.*, 1989). Estudos experimentais mostraram uma melhor adaptação a 10 e 20 UPS em comparação com 39 e 60 UPS (Sami *et al.*, 2022); isso está de acordo com os resultados deste estudo, onde se observou que em salinidades superiores a 34.2 UPS e próximas a 50 UPS a densidade do *V. parahaemolyticus* diminuiu e em salinidades de 10-34.2 UPS a densidade da bactéria foi maior. Soto-Rodriguez *et al.* (2019) mencionam que a toxina pode se expressar em diferentes salinidades e que o manejo da salinidade no cultivo de camarões pode ser um fator importante para controlar a infectividade do *V. parahaemolyticus*.

Em relação ao pH da água, é importante destacar que os estudos sobre o impacto do pH no aparecimento de *Vibrio parahaemolyticus* no hepatopâncreas de camarões de cultivo são escassos, por isso é fundamental continuar com este tipo de investigação para esclarecer a influência deste parâmetro na dinâmica da densidade de *Vibrio parahaemolyticus*. Os resultados da presente investigação indicam que as densidades de *V. parahaemolyticus* (UFC/g) aumentaram quando o pH foi inferior a 8.2 e a densidade mais elevada de *V. parahaemolyticus* apresentou-se em valores de 7.0. Por outro lado, quando o pH é superior a 8,2, a densidade do *Vibrio* diminuiu até um pH de 9.0, no qual foi encontrada a menor densidade. Esses resultados contrastam com as pesquisas de Mancilla (2005), que indica que o *V. parahaemolyticus* tem a capacidade de crescer em um intervalo de pH de 4.8 a 11, com um crescimento ideal de 7.5 a 8.8 (FAO/WHO, 2011; Jurquiza, 2014).

Quanto à concentração de matéria orgânica, vários autores estabelecem que ela pode ter um efeito direto sobre a saúde dos organismos em cultivo, uma vez que é capaz de modular as populações bacterianas e a produção de metabólitos anaeróbicos tóxicos que prejudicam o camarão (Avnimelech & Ritvo, 2003; Nimrat *et al.*, 2008). Merchán-Márquez (2017) estabelece que a porcentagem ideal de matéria orgânica nos solos dos tanques de cultivo de camarão branco é de 3 a 5%, uma vez que uma acumulação excessiva de matéria orgânica nos solos favorece a densidade de bactérias. Por outro lado, Díaz-Díaz & Arencibia-Carballo (1999), apontam que os valores recomendados de matéria orgânica no solo do fundo dos tanques são de 1.5% a 3%. Na presente investigação, a concentração média de MO foi de 2%, concentração dentro da faixa ideal relatada por outros autores. No entanto, observou-se que em concentrações superiores a 2% e inferiores a 0.5%, a densidade de *V. parahaemolyticus* presente no



hepatopâncreas do camarão aumenta consideravelmente, o que pode ser devido à presença de nitrogênio orgânico proveniente da ração balanceada presente no sedimento, que promove a formação de nova biomassa bacteriana a partir da metabolização da mesma (Paez-Osuna & Alonso-Rodríguez, 2017), ou então que, quando a concentração de matéria orgânica no solo do fundo dos tanques é muito alta ou está em excesso (>4%), haverá condições ideais para o desenvolvimento microbiano, pelo que existirão elevadas concentrações de bactérias principalmente do gênero *Vibrio* (Díaz-Díaz & Arencibia-Carballo 1999; Nimrat *et al.*, 2008).

A alcalinidade é composta por ácidos básicos como bicarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_3^{2-}) e hidróxido (OH^-) responsáveis por neutralizar a água. Ferreira *et al.* (2011) mencionam que o nível de alcalinidade nos tanques de cultivo não deve ultrapassar 140 mg/L de CaCO_3 , o que coincide com os resultados encontrados, pois mostram que quando o nível de alcalinidade está entre 150 e 200 mg/L, a densidade de *V. parahaemolyticus* no hepatopâncreas do camarão é maior, enquanto que em níveis inferiores a 140 mg/L e superiores a 250 mg/L, a densidade de *V. parahaemolyticus* diminui.

Em relação aos compostos nitrogenados (NH_4^+), (NO_2^-) e (NO_3^-), Tseng & Chen (2004), estabelecem que altas concentrações desses compostos afetam o sistema imunológico do camarão, deixando-o suscetível à proliferação de bactérias ou provocando distúrbios fisiológicos, como a oxidação da hemocianina em meta-hemocianina. Camargo *et al.* (2005) mencionam que o intervalo ideal de (NO_3^-) é de 0.4 a 1.3 mg/L, para (NO_2^-), Boyd (1995) sugere que uma concentração adequada para o desenvolvimento do camarão é <0.23 mg/L. No entanto, os resultados mostram que em concentrações superiores a 0.5 mg/L de NO_3^- , a densidade de *V. parahaemolyticus* no hepatopâncreas do camarão diminui consideravelmente, ao contrário do que ocorre com o NH_4^+ , em que a concentração de *V. parahaemolyticus* aumenta com o aumento da concentração de NH_4^+ . Esse comportamento é semelhante ao relatado por Joseph *et al.* (1982), que estabelecem que o *V. parahaemolyticus* não sobrevive em águas com baixa concentração de nutrientes; enquanto Tantillo *et al.* (2004) informam que os sais de amônio constituem a principal fonte de nitrogênio do *V. parahaemolyticus*, o que é coincidente com o presente estudo.

A previsão da abundância de espécies presumíveis de *Vibrio* pode ajudar a prevenir o aparecimento de doenças bacterianas, pois fornece informações sobre quando e quais fatores ambientais devem ser gerenciados. Equito *et al.* (2022) utilizaram o modelo paramétrico de regressão linear (LRM) e o modelo binomial negativo (NBM), bem como o modelo semiparamétrico aditivo generalizado (GAM) para identificar correlações e prever mudanças na abundância de *Vibrio* com parâmetros físico-químicos e biológicos da água em tanques de biofloc com *Penaeus vannamei*. Esses autores descobriram que a abundância de espécies presumidas de *Vibrio* estava altamente correlacionada



com a alcalinidade, o pH e a densidade do fitoplâncton. No presente estudo, utilizando o modelo linear generalizado (MLG), foi demonstrado que quanto maior a salinidade, o oxigênio dissolvido, o pH e os nitratos na água, menor a densidade de *Vibrio* (com valores fora dos ótimos de *V. parahaemolyticus*), ao contrário do que foi observado com os sedimentos, em que quanto maior o pH, a alcalinidade e o amônio, a densidade de *Vibrio* aumentava; concluindo que, ao haver um aumento na concentração de bactérias na água e no sedimento, o modelo indicou um aumento na concentração de bactérias no hepatopâncreas do camarão. No entanto, Estrada-Pérez *et al.* (2019) e Estrada-Pérez *et al.* (2020), ao utilizarem um modelo estocástico de produção de camarão infectado por AHPND, descobriram na análise de sensibilidade que a mortalidade causada pela doença tem uma relação significativa com a salinidade e a transparência da água dos tanques. Essas diferenças nos resultados do presente trabalho se devem ao fato de não ter sido considerada a doença como tal, mas a densidade das bactérias *V. parahaemolyticus*.

Nesta pesquisa, a temperatura, a transparência e a concentração de NO_2^- e PO_4^{3-} não exibiram nenhum efeito sobre a densidade de *V. parahaemolyticus* (UFC/g) no hepatopâncreas do camarão. De acordo com o modelo utilizado, foi detectado indiretamente que existem 65.15% de fatores que afetaram a densidade de *V. parahaemolyticus* no hepatopâncreas do camarão. No entanto, na presente investigação, não foi possível medir ou considerar fenômenos naturais no ambiente de cultivo ou variáveis de manejo, pelo que se recomenda incluí-los em investigações futuras para aumentar a capacidade preditiva. Conclui-se que o modelo Linear Generalizado explicou adequadamente a associação de diversos fatores com a concentração de *V. parahaemolyticus* no hepatopâncreas do camarão e cujos resultados, de maneira geral, são coincidentes com o publicado na literatura. Além disso, os resultados sugerem um monitoramento e manejo constante e eficaz para manter os cultivos de camarão nos valores recomendados, impossibilitando o aumento das cargas bacterianas a níveis que afetem a saúde do camarão.

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, Careda 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 MJM, 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>