



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

**Factores a considerar para la calidad del agua y suelo en cultivos de camarón
litopenaeus vannamei.**

**JATIVA SARANGO DUSTIN OSWALDO
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA
2022**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

Factores a considerar para la calidad del agua y suelo en cultivos de camarón *litopenaeus vannamei*.

**JATIVA SARANGO DUSTIN OSWALDO
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA
2022**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

EXAMEN DE GRADO O FIN DE CARRERA DE CARÁCTER COMPLEXIVO

**Factores a considerar para la calidad del agua y suelo en cultivos
de camarón *litopenaeus vannamei*.**

**JATIVA SARANGO DUSTIN OSWALDO
INGENIERO ACUICOLA**

GALARZA MORA WILMER GONZALO

**MACHALA
2022**

FACTORES A CONSIDERAR PARA LA CALIDAD DEL AGUA Y SUELO EN CULTIVOS DE CAMARÓN LITOPENAEUS VANNAMEI

by Dustin Oswaldo Jativa Sarango

Submission date: 07-Mar-2023 12:09PM (UTC-0500)

Submission ID: 2031306396

File name: INFORME-EXAMENCOMPLEXIVO_TURNITIN-_JATIVA_DUSTIN.docx (39.09K)

Word count: 3873

Character count: 20236

FACTORES A CONSIDERAR PARA LA CALIDAD DEL AGUA Y SUELO EN CULTIVOS DE CAMARÓN LITOPENAEUS VANNAMEI

ORIGINALITY REPORT

4%

SIMILARITY INDEX

2%

INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

Claude E. Boyd. "General Relationship Between Water Quality and Aquaculture Performance in Ponds", Elsevier BV, 2017

Publication

1%

2

biblioteca.utb.edu.co

Internet Source

<1%

3

Brayan Herney Medina Cardozo, Luis Felipe Giraldo Trujillo, Andres Felipe Zambrano Jacobo, Julian Andres Quimbayo Castro et al. "Multiplatform information system for monitoring and predicting physicochemical variables in the inland fish farming industry", 2022 V Congreso Internacional en Inteligencia Ambiental, Ingeniería de Software y Salud Electrónica y Móvil (AmITIC), 2022

Publication

<1%

4

Piyarat Vijuksungsith, Tunlawit Satapanajaru, Chanat Chokejaroenrat, Chalor Jarusutthirak et al. "Remediating oxytetracycline-contaminated aquaculture water using nano

<1%

calcium peroxide (nCaO) produced from flue
gas desulfurization (FGD) gypsum ",
Environmental Technology & Innovation, 2021

Publication

5	qje.su Internet Source	<1 %
6	www.thefreedictionary.com Internet Source	<1 %
7	repositorio.uladech.edu.pe Internet Source	<1 %
8	www.kellysolutions.com Internet Source	<1 %
9	doczz.net Internet Source	<1 %
10	inba.info Internet Source	<1 %
11	www.clubensayos.com Internet Source	<1 %

Exclude quotes On

Exclude matches Off

Exclude bibliography On

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, JATIVA SARANGO DUSTIN OSWALDO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Factores a considerar para la calidad del agua y suelo en cultivos de camarón *litopenaeus vannamei*., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



JATIVA SARANGO DUSTIN OSWALDO

0706122082

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	1
ABSTRACT.....	2
1 INTRODUCCIÓN.....	3
2 DESARROLLO.....	5
2.1 Temperatura de agua.....	5
2.2 Oxígeno Disuelto (OD).....	5
2.3 Salinidad.....	7
2.4 Alcalinidad	9
2.5 pH del agua	10
2.6 Dióxido de carbono (CO ₂)	11
2.7 Dureza total (Calcio y Magnesio)	12
2.8 Amoniac total	12
2.9 Nitritos (NO ₃).....	14
2.10 Nitratos (NO ₂)	14
2.11 Sedimentos	15
3 CONCLUSIÓN	17
4 BIBLIOGRAFÍA.....	18

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Efectos del pH en los aspectos fisiológicos del *L. vannamei*..... 10

Figura 2 Ciclo del nitrógeno. Las flechas indican el movimiento de nitrógeno en el estanque de camarones. SON = nitrógeno orgánico soluble, N_2 = gas nitrógeno, NO_2 = nitrito, NO_3 = nitrato, NH_3 = amoníaco no ionizado, NH_4 = amonio..... 13

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Efectos del OD en el camarón <i>L. vannamei</i>	6
Tabla 2 Tasa de consumo de oxígeno del camarón <i>Litopenaeus vannamei</i> (OC, mg O ₂ L ⁻¹ h ⁻¹) calculada a partir de la tasa respiratoria individual (mg O ₂ camarón ⁻¹ h ⁻¹) y en función de la salinidad (1, 13, 25 y 37 ppt), temperatura (20, 25 y 30°C), densidad de siembra.....	7
Tabla 3 Rendimiento de supervivencia crecimiento y crecimiento en función a diferentes salinidades en <i>L. vannamei</i>	8

RESUMEN

La salud de los organismos en la acuicultura depende de calidad del suelo y agua en los sistemas de engorde. Una mala calidad del suelo y el agua puede provocar la muerte directa, pero con más frecuencia estresa a los animales acuáticos haciéndolos más vulnerables a las enfermedades de origen infeccioso. Es por ello que los esfuerzos requeridos para que los organismos puedan mantener la homeostasis desvía la energía del crecimiento puesto que se encuentran frente a condiciones de calidad de agua y suelo subóptimas. Cuando existe un deterioro de la calidad del medio acuático tanto la supervivencia como el crecimiento de los organismos presentes en el sistema de cultivo tienden a disminuir.

Los factores principales de estrés para los organismos en el medio acuático se deben a niveles o concentraciones subóptimos de lo siguientes parámetros: temperatura, salinidad, desequilibrio catiónico, pH, saturación de gas y algas tóxicas, oxígeno disuelto, nitrito, dióxido de carbono, dureza total, microorganismos y el sedimento.

La falta de interés sobre cada uno de los factores más relevantes a considerar para la calidad del suelo y agua en cultivos de camarón *Litopenaeus vannamei* es el cuello de botella en la acuicultura puesto que estas dos variables son esencialmente el medio ambiente de un estanque de cultivo, así mismo los efluentes de los sistemas de cultivo pueden provocar consecuencias nocivas en las aguas costeras debido al aumento de materia orgánica, sólidos suspendidos y nutrientes. Pero, si se lleva a cabo un correcto manejo se podrá reducir el efecto negativo de los efluentes, y esto se logra manteniendo condiciones óptimas en cuanto a los parámetros de suelo y agua.

ABSTRACT

The health of organisms in aquaculture depends on soil quality and water in fattening systems. Poor soil and water quality can lead to direct death, but more often stresses aquatic animals making them more vulnerable to infectious diseases. That is why the efforts required for organisms to maintain homeostasis diverts the energy of growth since they are faced with sub-optimal water and soil quality conditions. When there is a deterioration in the quality of the aquatic environment both the survival and growth of the organisms present in the crop system tend to decrease.

The main stress factors for organisms in the aquatic environment are due to suboptimal levels or concentrations of the following parameters: temperature, salinity, cation imbalance, pH, gas saturation and toxic algae, dissolved oxygen, nitrite, carbon dioxide, total hardness, microorganisms and sediment.

The lack of interest on each of the most relevant factors to consider for soil and water quality in shrimp crops *Litopenaeus vannamei* is the bottleneck in aquaculture since these two variables are essentially the environment of a pond cultivation, Likewise, the effluents from cultivation systems can cause harmful consequences in coastal waters due to the increase of organic matter, suspended solids and nutrients. But, if proper management is carried out, the negative effect of effluents can be reduced, and this is achieved by maintaining optimal conditions in terms of soil and water parameters.

1 INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una actividad muy antigua cuyas raíces se remontan a más de 2000 años en China. Sin embargo, la calidad del agua se convirtió en un problema importante cuando se desarrollaron sistemas de producción más intensivos, en la segunda mitad del siglo XX. La gran parte de las investigaciones y la experiencia práctica en la gestión de calidad del agua han sido el resultado de los intentos de reducir los riesgos y hacer que la eficiencia de los sistemas mejore en cuanto a la producción comercial durante los últimos 20 a 25 años (FAO, 2020).

La calidad del agua es un término un tanto nebuloso y de uso frecuente que rara vez se define adecuadamente, se considera que es la suma de todas las características físicas, químicas, biológicas y estéticas del agua que influyen en su uso beneficioso. Cualquier característica del agua en los sistemas de producción que afecte la supervivencia, la reproducción, el crecimiento y la producción de especies acuícolas, influya en las decisiones de gestión, cause impactos ambientales o reduzca la calidad y seguridad del producto, puede considerarse una variable de calidad del agua.

Por lo tanto, una buena calidad del agua ayudara a mejorar la salud de las especies acuícolas, por ende, la producción incrementara y existirá menor impacto ambiental, así mismo, la calidad del producto será mejor en los sistemas de cultivo con agua de “buena” calidad que en otros cuerpos de agua en los que los parámetros no sean los óptimos. El conocimiento de los principios de calidad del agua ayudará a los acuicultores a determinar el potencial para poder producir especies acuícolas y mantener o mejorar la calidad en el sistema de cultivo, el cual esto reduce los problemas de estrés y salud de los organismos, con el fin de producir productos acuícolas de mayor calidad, con el propósito de minimizar el impacto ambiental de los efluentes logrando una producción más eficiente y mayores ganancias.

Muchas de las variables de calidad del agua pueden afectar el bienestar de los peces o crustáceos, pero, afortunadamente, solo unas pocas normalmente juegan un papel decisivo. Algunas variables, como la salinidad y la temperatura del agua, son importantes a la hora de evaluar la idoneidad de un sitio para el cultivo de una determinada especie. Otras

propiedades, como la alcalinidad, la turbidez y los compuestos de fósforo y nitrógeno son importantes porque afectan la productividad primaria, lo que, a su vez, puede influir en la concentración de oxígeno disuelto, dióxido de carbono, amoníaco y otros parámetros.

La gestión para mantener una buena calidad de agua se ha considerado uno de los aspectos más relevantes de la producción acuícola durante muchos años, pero se ha prestado menos atención a la gestión de la calidad del suelo de los estanques. Cada vez hay más pruebas de que el estado de los fondos de estanques y el intercambio de sustancias el agua y el suelo influyen fuertemente en la calidad del agua. Por lo tanto, se está dedicando más atención al estudio de los suelos de los estanques, esto debido a la fuerte influencia sobre la calidad del agua, el cual representa un riesgo para el bienestar del cultivo.

No obstante, los factores que influyen en calidad del agua y suelo del cultivo de camarón, ha sido importante en vista de su impacto en el crecimiento y viabilidad de los organismos. Por lo tanto, los camarones requieren rangos óptimos de parámetros de calidad del agua, debido a que cualquier alteración más allá de un rango particular definitivamente tendrá un impacto negativo en el bienestar de los organismos. Las fuentes de estos cambios son en su mayoría exógenas y conducen a una variación en las condiciones del estanque, el cual incluyen principalmente los nutrientes del sistema de toma de agua a través de la alimentación, los cambios climáticos, etc. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es revisar de manera exhaustiva investigaciones realizadas en los últimos años sobre los factores a considerar para la calidad del agua y suelo del cultivo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*), y determinar cuales los son lo más relevantes.

2 DESARROLLO

2.1 Temperatura de agua

La temperatura tiene la influencia más destacada y biológica sobre las actividades de la flora y fauna de la granja acuática (Abdelrahman *et al.*, 2019), sobre tos en los organismos en cultivo puesto que llega a influir directamente sobre la supervivencia y la tasa de crecimiento en el mismo, debido a que son organismos poiquilotérmicos, es decir, que la temperatura corporal será misa temperatura del agua (Boyd, 2018). Por lo cual, un aumento en la temperatura del agua conduce a la aceleración de reacciones químicas en el medio, reduce la solubilidad de gases y amplifica el sabor y los olores también como las actividades biológicas de los organismos acuáticos (Abdelrahman *et al.*, 2019). Según Araneda *et al.* (2020) determinan que por encima de los 26°C se ha podido evidenciar una mejor productividad de camarón, y por debajo de 22°C una productividad menos eficiente. Las condiciones desfavorables afectan gravemente a la calidad de supervivencia de *Litopenaeus vannamei*, pueden causar una alteración significativa de la glucólisis en el tejido de la hepatopáncreas. Además del deterioro de la hepatopáncreas durante el estrés por frío (Defeng *et al.*, 2022) inclusive las fluctuaciones de la temperatura del agua puede llegar a generar una inmunodepresión en los camarones, con lo cual se volverían susceptibles a patógenos oportunistas (Duan *et al.*, 2018).

Por otra parte, la temperatura puede llegar a influir en el comportamiento en el alimento, tal y como lo menciona Limsuwan *et al.* (2009) quienes observaron que a 34±1, 32±1 y 30±1 °C los camarones se alimentan mientras nadan y que a 28±1, 26±1 y 24±1 °C se alimentan muy lentamente. Además, resultando en un lapso de tiempo de 72-60 minutos en donde el alimento es totalmente consumido, y observándose heces en un lapso de 140-135 minutos en donde el intestino se encuentra vacío.

2.2 Oxígeno Disuelto (OD)

El oxígeno disuelto es el parámetro de calidad del agua más crucial y dinámico en el sistema de cultivo porque los organismos aeróbicos en las aguas necesitan tasas de oxígeno

suficientes para los procesos bioquímicos. La solubilidad del oxígeno en estanques intensivos está influenciada principalmente por las condiciones de parámetros de pH, temperatura, salinidad, turbulencia y presión del aire. Dinámicamente, la concentración de oxígeno disuelto fluctuará debido a procesos biológicos, físicos y químicos. En cultivo intensivo, el camarón es una biota acuática que requiere oxígeno para el proceso de equilibrio bioenergético en su sistema metabólico. El consumo de oxígeno de los camarones depende de la etapa de la tasa de consumo de alimento y crecimiento (Chakravart *et al.*, 2016).

El oxígeno disuelto juega un papel de singular relevancia en el crecimiento y la producción a través del efecto directo sobre el consumo de alimento y la maduración, el efecto que puede generar el OD al camarón se visualiza en la TABLA. Este afecta la solubilidad y disponibilidad de muchos nutrientes en el agua del estanque. El bajo nivel de oxígeno disuelto puede causar daños en el estado de oxidación de las sustancias, desde la forma oxidada hasta la reducida, provoca un aumento considerable en el nivel de rendimiento metabólico hepatotóxico en los camarones y puede reducir el crecimiento, la muda, causa estrés y conduce a la mortalidad.

Tabla 1 Efectos del OD en el camarón *L. vannamei*

Concentración de OD	Efecto en el <i>L. vannamei</i>
< de 1 o 2 mg/L	Si la exposición dura más de un par de hora los efectos son letales
2 a 5 mg/L	Presenta un crecimiento lento siendo más marcado si la exposición es prolongada
5 mg/L- saturación	Mejor condición para un crecimiento adecuado del organismo
Supersaturación	Puede llegar hacer dañino si existe la misma condición en todo el estanque.

Fuente: Boyd (2009)

En términos de procesos bióticos, los productores primarios, como las microalgas, liberan O₂ durante la fotosíntesis, mientras que el zooplancton, varios microorganismos y los animales de cultivo eliminan continuamente O₂ y respiran dióxido de carbono (CO₂). Por lo tanto, la

necesidad de O₂ aumenta con mayores aportes de alimento para soportar densidades de población más altas del animal de granja, así como también aumenta la cantidad de descomposición microbiana aeróbica, conocida como "demanda biológica de oxígeno" (DBO) (Vinatea *et al.*, 2015).

Dinámicamente, la fluctuación del consumo de oxígeno y de la ganancia diaria promedio de camarón en cultivo intensivo está estrechamente relacionada con la estabilidad de las condiciones de calidad del agua del hábitat del camarón. En cuanto a los procesos abióticos, la saturación de OD está muy influenciada por la temperatura, seguida por la salinidad y la presión atmosférica. El oxígeno disuelto en un estanque de cultivo suele variar de 4,4 a 8,6 mg/l., el consumo de oxígeno de los camarones es un indicador importante que afecta en gran medida la su condición fisiológica como organismo criado (Wafi *et al.*, 2021), sin embargo, como se mencionó anteriormente esta relacionado a distintos parámetros de calidad y esto se ve reflejado en la tasa de consumo de oxígeno en la Tabla 1.

Tabla 2 Tasa de consumo de oxígeno del camarón *Litopenaeus vannamei* (OC, mg O₂ L⁻¹ h⁻¹) calculada a partir de la tasa respiratoria individual (mg O₂ camarón⁻¹ h⁻¹) y en función de la salinidad (1, 13, 25 y 37 ppt), temperatura (20, 25 y 30°C), densidad de siembra.

Salinity	Temperature	10 m ²				40 m ²				120 m ²			
		5 g	10 g	15 g	20 g	5 g	10 g	15 g	20 g	5 g	10 g	15 g	20 g
37 ppt	20°C	0.008	0.019	0.032	0.046	0.032	0.077	0.128	0.184	0.096	0.23	0.383	0.552
	25°C	0.012	0.018	0.023	0.028	0.049	0.074	0.094	0.112	0.146	0.22	0.282	0.335
	30°C	0.017	0.032	0.046	0.059	0.069	0.127	0.182	0.235	0.208	0.38	0.546	0.704
25 ppt	20°C	0.008	0.019	0.031	0.044	0.032	0.075	0.123	0.175	0.097	0.23	0.370	0.525
	25°C	0.012	0.025	0.038	0.051	0.049	0.100	0.151	0.203	0.147	0.30	0.454	0.610
	30°C	0.016	0.032	0.048	0.064	0.065	0.129	0.192	0.255	0.195	0.39	0.575	0.764
13 ppt	20°C	0.010	0.022	0.035	0.049	0.040	0.089	0.141	0.195	0.121	0.266	0.422	0.586
	25°C	0.012	0.025	0.038	0.051	0.050	0.101	0.153	0.205	0.150	0.304	0.459	0.616
	30°C	0.016	0.033	0.050	0.067	0.065	0.131	0.198	0.266	0.194	0.393	0.595	0.798
1 ppt	20°C	0.009	0.017	0.024	0.032	0.035	0.066	0.097	0.127	0.104	0.199	0.291	0.381
	25°C	0.012	0.026	0.040	0.055	0.048	0.102	0.159	0.218	0.143	0.306	0.477	0.654
	30°C	0.019	0.042	0.101	0.141	0.077	0.170	0.271	0.377	0.230	0.509	0.812	1.130

Fuente: Vinatea *et al.* (2015)

2.3 Salinidad

La salinidad juega un papel relevante en el crecimiento de los organismos de cultivo a través de la osmorregulación de minerales presentes en el organismo a partir del agua que los rodea. Por ejemplo, el rango óptimo de salinidad para el camarón tigre negro está entre 10 y 25 ppt,

aunque el camarón aceptará una salinidad entre 5 y 38 ppt., debido a su carácter eurihalino. Las etapas tempranas de la vida tanto del camarón como del langostino requieren salinidades de agua de mar estándar, pero mientras crecen pueden soportar agua salobre o incluso agua dulce. Sin embargo, para una mejor supervivencia y crecimiento, se debe mantener el rango óptimo de salinidad en la granja camaronera.

El camarón blanco del Pacífico (*L. vannamei*) puede tolerar un amplio rango de salinidad de 0,5 a 40. Si se mantiene niveles de salinidad bajos entre 24,47±1,86ppt y más altos 28,62±2,78 ppt, se evidencia un buen crecimiento y supervivencia (Zheng *et al.*, 2022).

En alta salinidad, los camarones crecerán lentamente, pero son saludables, activos y resistentes a las enfermedades. La tasa de crecimiento y supervivencia de los camarones es relativamente baja cuando se cultivan en agua de mar de alta salinidad (>40). Los rasgos de alta tolerancia a la salinidad de los camarones son de media a alta heredabilidad, y la selección genómica es superior al enfoque de selección tradicional (Zheng *et al.*, 2022). Los camarones criados entre 20 psu y 30 psu de salinidad fueron significativamente más altos en peso final, tasa de crecimiento específico (SGR) y ganancia de peso que aquellos criados entre con 2 y 10, a 2 psu de salinidad se evidencia un rendimiento de supervivencia (RS) y crecimientos más bajos (Weihua *et al.*, 2016), los resultados del estudio se pueden visualizar en la Tabla 2.

Tabla 3 Rendimiento de supervivencia crecimiento y crecimiento en función a diferentes salinidades en *L. vannamei*

Índice de crecimiento	2 psu	10 psu	20 psu	30 psu
Peso inicial (g)	0,31 ± 0,03	0,30 ± 0,06	0,30 ± 0,02	0,32 ± 0,02
Peso final (g)	6,38 ± 0,35a	7,53 ± 0,41b	8,88 ± 0,22c -	8,72 ± 0,34c -
SGR (% d ⁻¹)	5,40 ± 0,05 ^a	5,76 ± 0,08b	6,05 ± 0,05c	5,90 ± 0,10 ^{ac}
RS (%)	85,31 ± 3,68a -	99,26 ± 1,12b -	100,00 ± 0,00 ^b	100,00 ± 0,00 ^b

Fuente: Weihua *et al.* (2016)

2.4 Alcalinidad

La alcalinidad mide la capacidad de amortiguar los cambios de pH, el agua que tiene una alcalinidad alta puede aceptar dosis de ácido o bases sin alterar significativamente el pH. El agua con baja alcalinidad, como el agua de lluvia o el agua destilada, puede experimentar una caída en el pH con solo una pequeña adición de un ácido o base. La alcalinidad superior a 40 mg/l se considera característica del agua dura que ayuda a mantener el valor de pH en condiciones alcalinas. La adición de bicarbonatos es la principal fuente de alcalinidad en un rango de 7,0 a 9,0 (Furtado *et al.*, 2014).

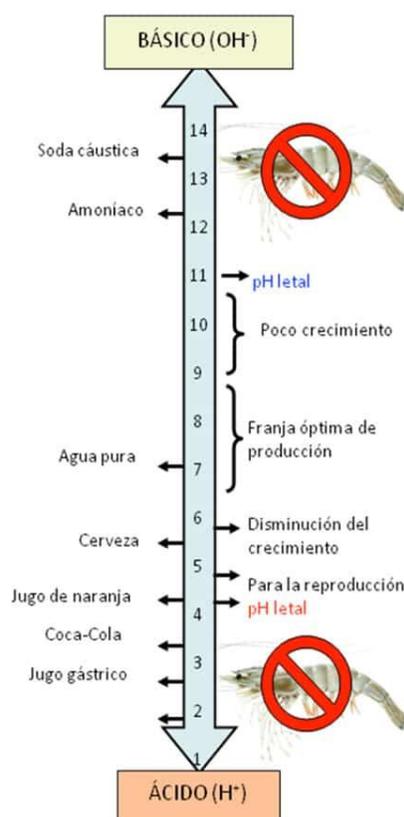
Considerando la posible estratificación de alcalinidad y pH en biopelículas, se recomienda una alcalinidad superior a 200 mg CaCO₃/L, especialmente cuando la tasa de renovación de agua es mínima o inexistente, como en los sistemas BFT (Furtado *et al.*, 2014). En sistemas con recambio de agua limitado, la alcalinidad se debe mantener entre niveles de 150 y 100 mg CaCO₃/L, mientras que otros investigadores sugieren valores desde 75 mg CaCO₃/L en adelante. De tal forma, no se ha podido establecer un nivel de alcalinidad que se pueda considerar como ideal es por ello que solo están disponibles los valores recomendados de alcalinidad. Sin embargo, se ha podido verificar que niveles de alcalinidad que se encuentran por debajo de 100 mg de CaCO₃/L y un pH inferior a 7 afectan de forma negativa la tasa de nitrificación, sin embargo, cuando la alcalinidad alcanza la concentración de 300 mg CaCO₃/L se logra mejores condiciones de desarrollo bacteriano permitiendo obtener mejores tasas de nitrificación, así mismo presento un mejor comportamiento zootécnico, en aspecto tales como: la ganancia de peso y el SGR. Cabe mencionar que los resultados están sujetos a varios estudios de cultivo de *L. vannamei* en sistemas tipo biofloc (Furtado *et al.*, 2014).

Se han obtenido los resultados más apropiados de la tasa de crecimiento y ganancia de peso específico en las concentraciones más altas de alcalinidad en el sistema biofloc. La exposición a concentraciones de alcalinidad inapropiadas durante largos períodos de tiempo puede afectar negativamente a los animales, lo que enfatiza la importancia de mantener niveles adecuados para las especies cultivadas (Fraga *et al.*, 2018).

2.5 pH del agua

El pH de una solución se refiere a su actividad de iones de hidrógeno y se expresa como el recíproco del hidrógeno en actividad a una temperatura dada. El agua con un pH que oscila entre 6,0 y 9,0 generalmente se considera adecuada para el crecimiento del organismo. El crecimiento se retrasa si el pH cae por debajo de 5,0 y este suele registrarse a fines del invierno, debido a la menor productividad primaria del fitoplancton y la baja intensidad de luz (Furtado *et al.*, 2017).

Figura 1 Efectos del pH en los aspectos fisiológicos del *L. vannamei*



Fuente: Carvajal (2014)

El Camarón Blanco (*L. vannamei*) se cría en varios tipos de sistemas. Los cambios en el pH en algunos casos pueden producir efectos subletales que dan como resultado un crecimiento y una supervivencia deficientes. Sin embargo, debido a las altas tasas de respiración (bioflocs

+ camarones) y los procesos metabólicos, el pH y la alcalinidad tienden a disminuir durante el cultivo. Por lo tanto, la crianza en un sistema BFT requiere el uso de compuestos alcalinizantes (bicarbonato de sodio o hidróxido de calcio) para corregir los niveles de pH y alcalinidad (Zafar *et al.*, 2016).

Una reducción del pH de 8,2 a 6,5 o un aumento a 10,1 durante la cría de *L. vannamei* hizo que los camarones fueran más susceptibles a *Vibrio alginolyticus* en comparación con los criados con un pH de 8,2. Estos pueden generar estrés oxidativo y dañar estructuras celulares como membranas, lípidos, proteínas y ADN. En este estudio, juveniles de *L. vannamei* murieron en pH 4,5, ya que eran más resistentes al pH ácido que otras especies de peneidos estudiadas. Verificamos que los juveniles de *L. vannamei* presentaron menor tolerancia a pH básico (10,0) que a pH ácido (4,5) (Dewan, 2017).

2.6 Dióxido de carbono (CO₂)

En la acuicultura, el CO₂ se genera a partir del metabolismo de los organismos cultivados y las poblaciones bacterianas, su aumento se debe principalmente a la intensificación del cultivo y al tratamiento ineficiente del agua. En un cultivo de *L. vannamei*, el aumento de CO₂ provoca estrés y afecta la excreción de CO₂ en el epitelio branquial y el pH de la hemolinfa (Skov, 2019).

Según Furtado *et al.*, (2017) el nivel seguro de CO₂ para cultivo de *L. vannamei* es de 5,9 mg/L, no obstante, a una concentración de 23.8 mg/L tampoco provocó mortalidad en comparación con los camarones expuestos a niveles de CO₂ por encima de 50 mg/L. Sin embargo, lo recomendable es que los niveles de CO₂ siempre se encuentren por debajo de 5,9 mg/L. El exceso de CO₂ en el agua afecta significativamente el crecimiento, la supervivencia y la salud de *L. vannamei*. Los camarones expuestos a altas concentraciones de CO₂ llegan a presentar daños en la red de túbulos de la hepatopáncreas y en las células asociadas con los procesos de digestión de alimentos y absorción de nutrientes, además de filamentos atrofiados en las branquias y alteraciones en la arquitectura tisular (Hernández *et al.*, 2021).

2.7 Dureza total (Calcio y Magnesio)

El magnesio y el calcio reemplazan los niveles que se usan en el proceso de muda y participan en la osmorregulación. Por medio de los epitelios que se encuentran en branquias, la hipodermis y la glándula antenal el calcio llega a la hemolinfa. El proceso de calcificación va a depender de la fuente del calcio, del tamaño del crustáceo, el pH, la temperatura y de la concentración externa de calcio (Graciano *et al.*, 2022).

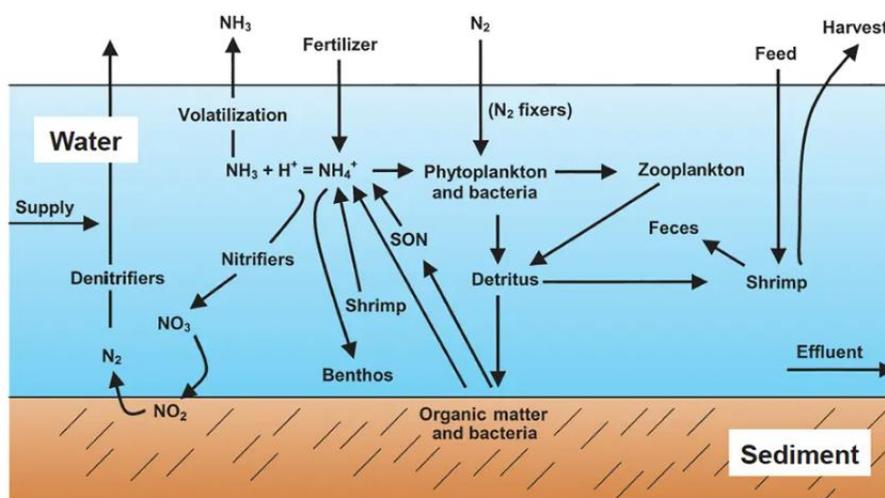
La suma de todos los cationes divalentes presentes se denomina como dureza total del agua, y tanto el calcio como el magnesio son los nutrientes predominantes y sumamente demandados por los organismos para la formación del exoesqueleto en el proceso de muda. La dureza total que va de 200 a 300 mg/l es permisible para organismos acuáticos, pero la dureza superior o inferior a estos valores afecta, el crecimiento, la supervivencia y la muda por deficiencia o exceso de calcio que se encuentra acumulado, en el exoesqueleto (Graciano, *et al.*, 2022).

2.8 Amoníaco total

El amoníaco es un compuesto nitrogenado que al reaccionar con el agua se dan dos iones, uno de oxidrilo (OH^-) y otro de amonio (NH_4) de tal manera que se forman amoníaco ionizado (NH_4^+) y amoníaco no ionizado (NH_3), siendo este último forma más tóxica para los camarones (Aguilar, 2014). Asimismo, este compuesto es uno de los principales contaminantes ambientales presente en los sistemas acuáticos, creando una gran amenaza para la supervivencia de los camarones debido a que es el producto final correspondiente al catabolismo de las proteínas de los crustáceos y puede representar del 40% al 90% de la excreción de nitrógeno. El amoníaco es una sustancia tóxica en el agua de acuicultura. Se ha informado que las concentraciones elevadas de amoníaco podrían acumularse en los fluidos corporales de los animales acuáticos, lo que podría conducir a una reducción del crecimiento, erosión y degeneración de los tejidos, supresión inmunológica y alta mortalidad (Liang *et al.*, 2016).

En el sistema de cultivo intensivo, el amoníaco-N es el contaminante más común resultante de la excreción de animales de cultivo y la mineralización de detritos orgánicos, como alimentos y heces no consumidas (Jia *et al.*, 2015). Estos productos experimentan cambios en su composición a lo largo del ciclo natural del nitrógeno, en el cual la presencia y cantidad de sus distintas formas se ven afectadas por factores como el pH, la concentración de oxígeno disuelto y la acción de organismos que generan o consumen ciertas formas de nitrógeno. La transformación biológica del amonio en nitritos se lleva a cabo gracias a la actividad de bacterias como *Nitrosomonas spp.* y *Nitrosococcus spp.* (Figura 2). A medida que aumenta el pH, se incrementa también la cantidad de amoníaco no ionizado presente. A una temperatura de 28°C y un pH de 7, menos del 1% del amonio se encuentra en su forma no ionizada, mientras que aun pH igual a 9 y la misma temperatura, la proporción de la forma no-ionizada aumenta hasta casi el 40% (Hernández, 2016).

Figura 2 Ciclo del nitrógeno. Las flechas indican el movimiento de nitrógeno en el estanque de camarones. SON = nitrógeno orgánico soluble, N₂ = gas nitrógeno, NO₂ = nitrito, NO₃ = nitrato, NH₃ = amoníaco no ionizado, NH₄ = amonio.



Fuente: Boyd. (2001)

El N-amoniaco tiene diferentes formas, lo que depende del pH, la temperatura, la salinidad, y el molecular no iónico es especialmente tóxico. En estanques de cultivo intensivo, la concentración de amonio y amoniaco puede alcanzar niveles de 4,6 y 0,869 mg/l siendo

niveles letales para los organismos puesto que a 0,5 mg/l ya causa la muerte, mientras que 0,1 mg/l es una concentración permisible que según este estudio no causa mortalidad (Jia *et al.*, 2015).

2.9 Nitritos (NO₃)

Los nitritos se forman a través del proceso de nitrificación que es la oxidación de amonio por la acción de bacterias aeróbicas. Generalmente es estable en una amplia gama de condiciones ambientales. El nitrito, es un producto intermedio durante la oxidación en dos pasos del amonio a través de los nitrificantes quimioautotróficos, gramnegativos y altamente aeróbicos, como Nitrosomonas y Nitrobacter, se acumula ocasionalmente en los sistemas acuícolas y puede ser tóxico para los animales acuáticos. El nitrito se encuentra habitualmente en los sistemas de acuicultura intensiva porque se agregan grandes cantidades de nitrógeno en forma de alimento formulado, fertilizante o estiércol (Ramírez *et al.*, 2017).

Según, Valencia *et al.* (2018) determinan que la toxicidad de los nitritos en los juveniles de *L. vannamei* aumenta cuando disminuye la salinidad; demostrando que en aguas con una salinidad de 1 y 3 g/L el nivel seguro de nitritos para postlarvas de camarón *L. vannamei* es de 0,17 y 0,25 mg/L. Diferentes factores como la permeabilidad branquial los mecanismos para reducir su difusión pasiva, los procesos internos de desintoxicación, factores ambientales la especiación de los desechos nitrogenados son los que influyen en la acumulación de nitritos. La salinidad es una de las propiedades del agua con más influencia sobre la toxicidad del nitrito y el amoníaco, debido a que existe una relación inversa puesto que a medida la salinidad disminuye la toxicidad aumenta (Kasa *et al.*, 2021).

2.10 Nitratos (NO₂)

El nitrato, que es el resultado final de la transformación del amoníaco en el proceso de nitrificación, es un compuesto de nitrógeno que no es muy tóxico para los camarones. Sin embargo, puede tener efectos negativos en diferentes organismos o interactuar con otros compuestos de nitrógeno, por lo que es importante investigar sus efectos tóxicos en distintas especies. En general, el nitrato afecta a los animales acuáticos porque convierte los pigmentos

que transportan oxígeno (hemoglobina, hemocianina) en formas que no pueden transportar oxígeno (metahemoglobina). A pesar de esto, la baja permeabilidad de las branquias en relación con el nitrato limita su absorción (NH_4 y NO_2) tanto de en los animales acuáticos, lo que contribuye a su baja toxicidad. Además, se ha demostrado que la crianza de *L. vannamei* en un lapso de tiempo de 6 semanas puede ser llevada a cabo sin problemas a salinidades de 11 psu y concentraciones de 220 mg/L de nitrato, no obstante, concentraciones de 435 mg/L de nitrato no es segura para *L. vannamei* (Furtado *et al.*, 2014).

Según Furtado *et al.* (2014) el cultivo de *L. vannamei* en un sistema superintensivos de 333 camarones/m³ con bioflocs registraron concentraciones inferiores a 100 mg/L de nitrato al final del ciclo de cultivo y este no influyo en la mortalidad. Asimismo, en otro estudio se estimó que concentraciones de nitrato de hasta 200 mg/L no afecto al crecimiento de camarones peneidos.

Por otra parte, la toxicidad del nitrato disminuye al aumentar la salinidad, esto fue observado en juveniles de *P. monodom*, que estuvieron sometidos a una concentración de 158 mg/L a una salinidad de 25 psu. Además, se determino un incremento en la mortalidad que se encuentra asociada a la disminución de la salinidad a incrementos en la concentración de nitratos. Sin embargo, el efecto crónico de la exposición al nitrato sobre la supervivencia fue mayor en las condiciones probadas que sobre el crecimiento (Furtado *et al.*, 2014).

2.11 Sedimentos

Se ha considerado a los sedimentos como uno de los factores principales que tienden a afectar la calidad del medio ambiente que sustenta la máxima producción de camarón. Aproximadamente 24-55% del nitrógeno y 42-84% del fósforo del alimento no recuperado en los camarones cosechados se encuentran en el fondo de estanque. El nivel de acumulación de nutrientes en el sedimento del estanque se encuentra bajo la influencia de la intensidad y la edad del cultivo (Wiyoto *et al.*, 2016).

Como la mayoría de los estanques de cultivo de camarón son de tierra, el sedimento del estanque es de singular importancia en el medio acuático. El sedimento de los estanques de

camarones es de particular importancia porque, como organismo bentónico, los camarones pasan la mayor parte de su tiempo en el entorno de la interfaz suelo-agua. Por lo tanto, cualquier cambio en este entorno podría tener efectos directos en la condición de los camarones, incluido el aumento del riesgo de brotes de enfermedades bacterianas (Wiyoto *et al.*, 2016).

Cuando la concentración de oxígeno es limitada, los microbios utilizarán otros aceptores de electrones terminales para que la materia orgánica se descomponga. Sin embargo, la descomposición anaeróbica en el fondo del estanque podría conducir a la producción de compuestos reducidos y potencialmente tóxicos, como amoníaco, sulfuro de hidrógeno, metano y algunos ácidos orgánicos. El potencial redox representa la intensidad de las condiciones anaeróbicas del estanque, que disminuye con el tiempo y podría causar un efecto en cuanto a la solubilidad de los minerales, la producción de toxinas y las transformaciones microbianas dominantes de las sustancias (Molnar *et al.*, 2012).

Según Wiyoto *et al.*, (2016) potencial redox del sedimento afectó claramente la concentración total de algunos de los principales elementos metálicos, que funcionaron como aceptores de electrones terminales en la respiración anaeróbica posterior, como Mn, Fe y S. El potencial redox de los sedimentos también demostró efectos significativos en todos los parámetros de calidad del agua excepto en los niveles de TAN. Además, los resultados mostraron claramente que el potencial redox de -206 mV redujo de forma significativa los niveles de oxígeno disuelto presentes en la interfaz sedimento-agua y aumentó la generación de H₂S en la columna de agua. Por lo tanto, este nivel de potencial redox no es recomendable para el sistema de cultivo de camarones.

3 CONCLUSIÓN

Se concluye que los factores más relevantes de calidad del agua en cultivos de camarón blanco *L. vannamei* es la temperatura, por tener una influencia directa en el metabolismo del organismo, el oxígeno disuelto debido a que si existe un déficit afectara el crecimiento y la conversión alimenticia, el pH ya que los cambios bruscos provocan que los camarones sean más susceptibles a enfermedades de origen infeccioso, de igual forma los compuestos nitrogenados porque si no se mantienen en un rango optimo producen intoxicación y como factor más importante de la calidad del suelo de estanque es el sedimento porque los camarones por su origen bentónico pasan la mayor parte de su tiempo en la interfaz suelo-agua, además de que si no se lo mantiene en condiciones adecuadas tiende a producir compuestos reducidos y potencialmente tóxicos que afectan a todo el sistema de cultivo como tal.

4 BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, V. M. (2014). *Efecto de la salinidad en la tasa de reducción de amonio aplicando zeolitas comerciales (Tesis de grado)*. Machala, Ecuador: Repositorio UTMACH. http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1999/7/CD675_TESIS.pdf
- Abdelrahman , H. A., Abebe, A., & Boyd, C. E. (2019). Influencia de la variación de la temperatura del agua en la supervivencia, el crecimiento y el rendimiento del camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* en estanques interiores para cultivo de baja salinidad. *Aquac Res*, 50(2), 658-672. doi: <https://doi.org/10.1111/are.13943>
- Abdelrahman, H. A. (2016). Consequences of Decreased Water Temperature Caused by Aerator-Induced Evaporation on Growth of Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei* in Ponds. Auburn University. Alabam: august. Recuperado el 04 de septiembre de 2022, de <https://etd.auburn.edu/bitstream/handle/10415/5280/Hisham%20Abdelrahman%20-%20Dissertation%202016.pdf?sequence=2>
- Araneda, M., Gasca Leyva, E., Vela, M. A., & Domínguez May, R. (december de 2020). Effects of temperature and stocking density on intensive culture of Pacific white shrimp in freshwater. *Journal of Thermal Biology*, 94. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102756>
- Boyd, C. (17 de Diciembre de 2018). *Temperatura del agua en acuicultura*. Global Seafood Alliance: <https://www.globalseafood.org/advocate/temperatura-del-agua-en-acuicultura/>
- Boyd, C. E. (01 de Agosto de 2001). *Water quality standards: Total Ammonia Nitrogen*. Global Seafood Alliance: <https://www.globalseafood.org/advocate/water-quality-standards-total-ammonia-nitrogen/>

- Boyd, C. E. (2009). *Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón*. Alabama, USA: Auburn University. <http://www.cesasin.com.mx/CentroAmerica/1Calidad%20del%20agua.pdf>
- Carvajal, L. (02 de Febrero de 2014). *pH en estanques de camarón*. Balnova. com: <https://www.balnova.com/ph-en-estanques-de-camaron>
- Chakravart, M. S., Ganesh, P., Amarnath, D., Sudha, S. B., & Babu, S. T. (2016). Spatial variation of water quality parameters of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture ponds at Narsapurapupeta, Kajuluru and Kaikavolu villages of East Godavari district, Andhra Pradesh. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 4, 390-395. Recuperado el 05 de septiembre de 2022, de [https://www.researchgate.net/publication/312172242_Spatial_variation_of_water_q uality_parameters_of_shrimp_Litopenaeus_vannamei_culture_ponds_at_Narsapura pupeta_Kajuluru_and_Kaikavolu_Villages_of_East_Godavari_District_Andhra_Pra desh](https://www.researchgate.net/publication/312172242_Spatial_variation_of_water_quality_parameters_of_shrimp_Litopenaeus_vannamei_culture_ponds_at_Narsapura_pupeta_Kajuluru_and_Kaikavolu_Villages_of_East_Godavari_District_Andhra_Pra_desh)
- Defeng, X., Xiaoxian, Z., Caihong, L., Jiabin, W., Lijun, S., Xiaoming, Q., & Xiuping, F. (febrero de 2022). Insights into the response mechanism of *Litopenaeus vannamei* exposed to cold stress during live transport combining untargeted metabolomics and biochemical assays. *Journal of Thermal Biology*, 104. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2022.103200>
- Duan, Y., Wang, Y., Zhang, J., & Xiong, D. (2018). Elevated temperature disrupts the mucosal structure and induces an immune response in the intestine of whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) (Decapoda: Dendrobranchiata: Penaeidae). *Journal of Crustacean Biology*, 38(5), 635–640. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/jcbiol/ruy055>
- Fraga Maicá, P., Schmidt Furtado, P., da Silva Martins, Á. C., Campos Filho, K., & Wasielesky, W. (19 de diciembre de 2018). Effect of alkalinity on food consumption

of juvenile pacific white shrimp reared in clear water and biofloc system. Boletín do instituto de pesca. doi: <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2018.222>

Furtado, P. S., Fugimura, M., Monserrat, J. M., Souza, D. M., García, L., & Wasielesky, W. (2017). Acute effects of extreme pH and its influences on the survival and biochemical biomarkers of juvenile White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 48, 293-301. doi:<https://doi.org/10.1080/10236244.2015.1086539>

Furtado, P. S., Poersch, L. H., & Wasielesky, W. (11 de agosto de 2014). The effect of different alkalinity levels on *Litopenaeus*. *Aquaculture International*, 23(1), 345-358. doi:[10.1007/s10499-014-9819-x](https://doi.org/10.1007/s10499-014-9819-x)

Furtado, P., Gaona, C., Serra, F., Poersch, L., & Wasielesky, W. (2017). Acute toxicity of carbon dioxide to juvenile marine shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931). *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 50(4), 293-301. doi:[10.1080/10236244.2017.1371568](https://doi.org/10.1080/10236244.2017.1371568).

Furtado, P. S., Campos, B. R., Serra, F. P., Klosterhoff, M., Romano, L. A., & Wasielesky, W. (2014). Effects of nitrate toxicity in the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared with biofloc technology (BFT). *Aquaculture International*, 23(1), 315-327. [https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10499-014-9817-z](https://doi.org/10.1007/s10499-014-9817-z)

Graciano León, F., Vásquez Mori, J., & Reyes Avalo, W. (2022). The total water hardness affects molting, calcification, growth and survival of *Cryphiops caementarius* (Palaemonidae). *Acta Biológica Colombiana*, 27(1), 88-96. doi:<https://doi.org/10.15446/abc.v27n1.89933>

Hernández, J. A. (2016). *Caracterización de la calidad de agua en un sistema intensivo de cultivo de camarón *Litopenaeus vannamei* en condiciones de alta salinidad con recambio de agua limitado (Tesis de posgrado)*. La Paz, Baja California Sur:

CIBNOR, Programa de Estudios de Posgrado.
https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/42/1/hernandez_j.pdf

- Hernández, R., Sainz, J., Galaviz, J., Jaramillo, M., -López, R., -Núñez, J., . . . Barrios, R. (2021). The effects of high concentration of carbon dioxide on performance and tissue histology of shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Research*, 52(8), 3991–3996. doi: 10.1111/are.15198.
- Jia, X., Zhang, D., Wang, F., & Dong, S. (08 de agosto de 2015). Immune responses of *Litopenaeus vannamei* to non-ionic ammonia stress: a comparative study on shrimps in freshwater and seawater conditions. *Aquac Res*, 48, 177-188. doi:<https://doi.org/10.1111/are.12872>
- Kasa, N., & Iber, T. (2021). Recent advances in Shrimp aquaculture wastewater management. *Heliyon*, 7(11), 110-320. doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e08283.
- Kasan, N., & Iber, T. (2021). Recent advances in Shrimp aquaculture wastewater management. *Heliyon*, 7(6) , 2405-8440 doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e08283.
- Liang, Z., Liu, R., Zhao, D., Wang, L., Sun, M., Wang, M., & Song, L. (2016). Ammonia exposure induces oxidative stress, endoplasmic reticulum stress and apoptosis in hepatopancreas of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Fish & Shellfish Immunology*, 54, 523-528. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.05.009>.
- Limsuwan, C., Chuchird, N., Wongmaneeprateep, S., Prasertsri, S., Laisutisan, K., Wiriyaattanasub, P., Suriyaphan, J., & Limhang. (2009). Effects of temperature on feeding behavior of juvenile Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Proceedings of the 47th Kasetsart University Annual Conference*, 02(01), 337-345. <https://doi.org/https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20093304099>
- Molnar, N., Welsh, D., Marchand, C., Deborde, J., & Meziane, T. (2012). Impacts of shrimp farm effluent on water quality, benthic metabolism and N-dynamics in a mangrove

- forest (New Caledonia). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 117(25), 12-21. doi: 10.1016/j.ecss.2012.07.012 .
- Pagarra, H., Junda, M., & Nur, S. (2019). Microbial Augmentation on Intensive Grow Out Shrimp Culture to Improve Water Quality, Growth and Shrimp Production. *Journal of Physics: Conference Series*, 1-5. doi:doi:10.1088/1742-6596/1244/1/012040
- Prata Gaona, C. A., Souza de Almeida, M., Viau, V., Poersch, L. H., & Wasielesky, W. (diciembre de 2015). Effect of different total suspended solids levels on a *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) BFT culture system during biofloc formation. *Aquac Res*, 48, 1070-1079. doi:https://doi.org/10.1111/are.12949
- Ramírez Rochín, J., Frías Espericueta, M. G., Fierro Sañudo, J. F., Alarcón Silvas, S. G., Fregoso López, M. G., & Páez Osuna, F. (2017). Acute toxicity of nitrite on white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles in low-salinity water. *Aquac Res*, 48, 2337-2343. doi:https://doi.org/10.1111/are.13069
- Rezaei Tavabe, K., Rafiee, G., Shoeiry, M. M., Houshmandi, S., Frinsko, M., & Daniels, H. (2015). Effects of water hardness and calcium: magnesium ratios. *Journal of the word Aquaculture Society*, 46(5), 519-530. doi:doi.org/10.1111/jwas.12217
- Skov, V. (2019). CO₂ IN AQUACULTURE. *Fish Physiology* 37(10), 287-321. doi: 10.1016/bs.fp.2019.07.004.
- Valencia Castañeda, G., Frías Espericueta, M. G., Vanegas Pérez, R. C., Pérez Ramírez , J. A., Chávez Sánchez , M. C., & Páez Osuna , F. (12 de mayo de 2018). Acute Toxicity of Ammonia, Nitrite and Nitrate to Shrimp *Litopenaeus vannamei* Postlarvae in Low-Salinity Water. *Bull Environ Contam Toxicol*, 101(2), 229-234. doi:DOI: 10.1007/s00128-018-2355-z
- Vinatea, L., Muedas, W., & Arantes, R. (2011). The impact of oxygen consumption by the shrimp *Litopenaeus vannamei* according to body weight, temperature, salinity and

stocking density on pond aeration: a simulation. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 33(2), 125-132. doi:10.4025/actascibiolsci.v33i2.7018

Wafi, A., Ariadi, H., Muqsith, A., Mahmudi, M., & Fadjar, M. (2021). Oxygen consumption of *Litopenaeus vannamei* in intensive ponds based on the dynamic modeling sistem. *Journal of Aquaculture and fish health*, 10(1), 17-24. doi:http://dx.doi.org/10.20473/jafh.v10i1.18102

Weihua, G., Luo, T., Tinghua, H., Min, Y., Wei, H., & Qiaoqing, X. (14 de september de 2016). Effect of salinity on the growth performance, osmolarity and metabolism-related gene expression in white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 4, 125-129. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.aqrep.2016.09.001

Wiyoto, S., Harris, E., Kukuh, N., & Djokosetiyanto, D. (2016). Water Quality and Sediment Profile in Shrimp Culture with Different Sediment Redox Potential and Stocking Densities Under Laboratory Condition. *ILMU KELAUTAN*, 21(2), 65-76. doi: 10.14710/ik.ijms.21.2.65-76.

Zafar, M., Haque, M., Aziz, M., & Alam, M. (14 de julio de 2016). Study on water and soil quality parameters of shrimp and prawn farming in the southwest region of Bangladesh. *Journal of the Bangladesh Agricultura University*, 13(1), 153-160. Recuperado el 05 de septiembre de 2022, de <https://www.banglajol.info/index.php/JBAU/article/view/28732>

Zheng, L., Yang, Y., Zhenning, B., Jianhai, X., & Fuhua, L. (2022). Evaluation of genomic selection for high salinity tolerance traits in Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 557. doi:https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738320.