



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

**Una revisión de la calidad de agua del cultivo
de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*)
a baja salinidad**

**CELI QUEZADA DEIVY ULISES
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA
2022**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

**Una revisión de la calidad de agua del cultivo
de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*)
a baja salinidad**

**CELI QUEZADA DEIVY ULISES
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA
2022**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

EXAMEN DE GRADO O FIN DE CARRERA DE CARÁCTER COMPLEXIVO

**Una revisión de la calidad de agua del cultivo
de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*)
a baja salinidad**

**CELI QUEZADA DEIVY ULISES
INGENIERO ACUICOLA**

VELASQUEZ LOPEZ PATRICIO COLON

**MACHALA
2022**

Calidad de agua a baja salinidad

por Ulises Celi

Fecha de entrega: 19-sep-2022 02:11p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1903824697

Nombre del archivo: Litopenaeus_vannamei_A_BAJA_SALINIDAD_-_EXAMEN_COMPLEXIVO_1.pdf (551.45K)

Total de palabras: 10462

Total de caracteres: 54466

titulacion

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.scielo.org.ve Fuente de Internet	1%
2	cibnor.repositorioinstitucional.mx Fuente de Internet	1%
3	www.dspace.espol.edu.ec Fuente de Internet	1%
4	www.repositoriodigital.ipn.mx Fuente de Internet	1%
5	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.ucsg.edu.ec Fuente de Internet	<1%
7	www.scribd.com Fuente de Internet	<1%
8	www.cienciasinaloa.ipn.mx Fuente de Internet	<1%
9	www.itson.mx Fuente de Internet	<1%

10	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
11	cca.uas.edu.mx Fuente de Internet	<1 %
12	agronomy.emu.ee Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.utmachala.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
14	riul.unanleon.edu.ni:8080 Fuente de Internet	<1 %
15	pdacrsp.oregonstate.edu Fuente de Internet	<1 %
16	posgrado.bdelrio.tecnm.mx Fuente de Internet	<1 %
17	prbdoc.uas.edu.mx Fuente de Internet	<1 %
18	repositorioinstitucional.uabc.mx Fuente de Internet	<1 %
19	www.redalyc.org Fuente de Internet	<1 %
20	Marcela G. Fregoso-López, María S. Morales-Covarrubias, Miguel A Franco-Nava, Javier Ramírez-Rochín et al. " Histological alterations in gills of shrimp in low-salinity waters under	<1 %

different stocking densities: Potential relationship with nitrogen compounds ", Aquaculture Research, 2017

Publicación

21

cienciasagricolas.inifap.gob.mx

Fuente de Internet

<1 %

22

upcommons.upc.edu

Fuente de Internet

<1 %

23

www.industriaacuicola.com

Fuente de Internet

<1 %

24

Adolfo Jatobá, José Luís Pedreira Mouriño.
"EFEITO DO Lactobacillus plantarum NO
TRATO INTESTINAL DE ALEVINOS DE
Oreochromis niloticus", Ciência Animal
Brasileira, 2015

Publicación

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo

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

El que suscribe, CELI QUEZADA DEIVY ULISES, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Una revisión de la calidad de agua del cultivo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) a baja salinidad, 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.



CELI QUEZADA DEIVY ULISES

1106026188

UNIVERSITAS
MAGISTRO-
RUM
ET SCHOLAR-
IUM

Índice de contenido

INTRODUCCIÓN	8
Datos históricos del cultivo de camarón blanco en agua de baja salinidad.	10
Adaptación a baja salinidad.	11
Parámetros de calidad de agua del cultivo	13
Calidad del agua durante el cultivo	13
Parámetros físicos	15
Temperatura	15
Turbidez	16
Parámetros químicos	17
Salinidad	17
pH	18
Alcalinidad	19
Amonio, nitrito y nitratos	21
Fósforo	22
Potasio	23
Dureza (Ca + Mg)	23
Parámetros biológicos	25
Microorganismos fitoplanctónicos	25
Calidad del agua en los efluentes del cultivo de camarón a baja salinidad	27
Manejo del agua durante el cultivo.	28
Fuente de agua.	28
Tratamiento del agua previo al cultivo	28
Recambio de agua	29
Recirculación	30
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	31
REFERENCIAS	32

Índice de Tablas

Tabla 1.	15
Tabla 2.	20
Tabla 3.	25
Tabla 4.	27
Tabla 5.	28

Resumen

El cultivo a baja salinidad de camarón marino es una tendencia con continuo crecimiento en Ecuador y otras regiones del mundo. El camarón blanco del pacífico (*Litopenaeus vannamei*) es la principal especie seleccionada para el cultivo de camarón a baja salinidad por su tolerancia a rangos amplios de este parámetro. La calidad de agua utilizada para la producción de camarón, se considera un factor relevante para la sostenibilidad del sistema productivo. De acuerdo al análisis bibliográfico realizado en el presente trabajo, las variables fisicoquímicas óptimas son las siguientes: temperatura: 28-31 °C; turbidez no mayor a 30 NTU; pH de 7-8.58, alcalinidad superior a 100 mg L⁻¹. Se ha indicado que la toxicidad de compuestos nitrogenados aumenta con la disminución de la salinidad, valores aceptables para amonio 0.26-0.31 mg L⁻¹, nitrito 0.28-0.32 mg L⁻¹, nitrato 0.73-0.77 mg L⁻¹ para una salinidad menor a 2 ppt. En especial referencia, el potasio es esencial para la supervivencia del camarón a baja salinidad, especificándose que con una salinidad de 2 ppt se recomienda 50 mg L⁻¹ de potasio. Adicionalmente, a una salinidad de 5 ppt valores de 1400 ppm de dureza son aceptables. El cultivo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) a baja salinidad es factible siempre y cuando se mantengan los parámetros de calidad de agua en un rango aceptable. La información actual está enfocada en el control de los parámetros fisicoquímicos del cultivo, tales como alcalinidad, compuestos nitrogenados, dureza, pH, temperatura, turbidez, etc. La documentación sobre el manejo del agua previo y durante el cultivo y la presencia de microorganismos fitoplanctónicos en sistemas a baja salinidad es escasa.

Palabras clave: calidad de agua, camarón blanco, baja salinidad, parámetros.

Abstract

Low-salinity culture of marine shrimp is a trend with continuous growth in Ecuador and other regions of the world. The Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) is the main species selected for shrimp farming at low salinity due to its tolerance to wide ranges of this parameter. The quality of water used for shrimp production is considered a relevant factor for the sustainability of the production system. According to the bibliographical analysis carried out in the present work, the optimal physicochemical variables are the following: temperature: 28-31 °C; turbidity no greater than 30 NTU; pH of 7-8.58, alkalinity greater than 100 mg L⁻¹. It has been indicated that the toxicity of nitrogenous compounds increases with decreasing salinity, acceptable values for ammonium 0.26-0.31 mg L⁻¹, nitrite 0.28-0.32 mg L⁻¹, nitrate 0.73-0.77 mg L⁻¹ for lower salinity at 2 ppt. In special reference, potassium is essential for the survival of shrimp at low salinity, specifying that with a salinity of 2 ppt, 50 mg L⁻¹ of potassium is recommended. Additionally, at a salinity of 5 ppt values of 1400 ppm hardness are acceptable. The culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) at low salinity is feasible as long as the water quality parameters are kept within an acceptable range. The current information is focused on the control of the physicochemical parameters of the crop, such as alkalinity, nitrogenous compounds, hardness, pH, temperature, turbidity, etc. Documentation on water management prior to and during cultivation and the presence of phytoplanktonic microorganisms in low-salinity systems is scarce.

Keywords: water quality, white shrimp, low salinity, parameters.

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo a baja salinidad de camarón es una tendencia con continuo crecimiento en Ecuador y otras regiones de Sudamérica y Asia. En el año 2006, la acuicultura como rama productiva representó aproximadamente el 47% del suministro a nivel mundial. Aproximadamente el 61% de la producción acuícola de crustáceos, peces y moluscos se está realizando en aguas continentales (Roy et al., 2010).

El camarón blanco del pacífico (*Litopenaeus vannamei*) es la principal especie seleccionada con el fin de ser cultivada en cuerpos de agua a baja salinidad, al cual lo podemos encontrar en la costa del pacífico, desde el norte del Perú hasta México. En el año 2007, la producción del camarón blanco del pacífico representó una producción neta de aproximadamente 2,3 millones de toneladas, lo cual representa aproximadamente un 70% de la producción total de langostinos y camarones en todo el mundo (FAO, 2007).

Este tipo de cultivo común en el continente asiático se está desarrollando en América a través de los años y en la actualidad ya se reportan sistemas de cultivo a baja salinidad en países como Estados Unidos, Ecuador, México y Panamá, locaciones en donde se ha estado cultivando y produciendo de forma comercial el camarón *L. vannamei* desde aproximadamente 15 años atrás. A lo largo de muchos años algunos empresarios del Sur y Centroamérica se dieron cuenta de que la salinidad en estanques de cultivo podía bajar drásticamente con las lluvias, lo cual no afectaba significativamente el crecimiento de los camarones. Lo cual se debe a la tolerancia que tiene esta especie a ambientes que van desde los 0,5 hasta 28,3 ups (Miranda et al., 2010)

Según Lizarzaburo (2021) la actividad camaronera en Ecuador corresponde a uno de los sectores más importantes en la producción primaria, debido a que más del 40% de las exportaciones de nuestro país las conforma este sector, lo cual corresponde a una base

primordial para el progreso económico nuestro país. El área ocupada actualmente por la industria camaronera es de unas 240 000 has, el 61% se encuentra en zona de playa, mientras que el 39% ya lo podemos encontrar en tierras altas (cultivo a baja salinidad). Las provincias con el mayor índice productivo con respecto al cultivo de camarón en Ecuador son El Oro con el 40,7%, Manabí 8,5% y el Guayas con un 40% de la producción total, esto se debe a las condiciones que presentan para la producción a gran escala (Jiménez et al., 2021).

Celi et al. (2019) nos indican que el 90% de la producción de camarón en Ecuador corresponde a cultivos en cautiverio, mientras que el 10% restante aún se sigue realizando en capturas en alta mar, esto se debe principalmente a que los estándares que ha alcanzado el camarón producido en cautiverio son de alta calidad, además que por el sabor y apariencia que tiene nuestro camarón es reconocido a nivel mundial y posicionándolo muy bien en el mercado extranjero.

El camarón marino que con mayor frecuencia se ha cultivado en continente con agua a baja salinidad alrededor del mundo ha sido *L. vannamei*. La técnica utilizada en Tailandia para cultivar camarón a baja salinidad consiste en el transporte de agua con salinidades muy altas (80-200 ppt) y luego mezclarla con agua dulce en los estanques para obtener un nivel de salinidad adecuado de 0,5 a 5 ppt (Prapaiwong, 2011).

Este tipo de cultivo también se desarrolla con el uso de agua de pozo, generalmente en zonas continentales o también llamadas tierra-adentro. El cultivo de camarón con el uso de agua de pozo requiere de un manejo y control específico, debido a que las densidades con las que se trabaja son elevadas con el fin de beneficiar la industria camaronera de Ecuador. Existen algunas entidades como la Cámara Nacional de Acuicultura y el CENAIM que han detectado en estos sistemas una opción importante de producción debido a la excelente calidad de agua que se puede obtener (Balda y Menendez, 2009).

El cultivo de camarón con agua de pozo en Ecuador continuará en auge en los siguientes años. Este aumento en la producción deberá ser controlado con base en el impacto ambiental que pueda producir este sistema de cultivo. Con un correcto control de la calidad del cuerpo de agua, el tratamiento de efluentes y apoyo en el área de electricidad por parte del gobierno, así como otros insumos que son necesarios para el funcionamiento sustentable de este tipo de cultivos, se logrará mejorar la actividad y por ende obtener una mayor cantidad de empleos en el país (BioFeeder, 2021).

El entendimiento de la forma en que influye cada variable y parámetro de calidad de agua, tanto físico como químico, en el rendimiento productivo que puede tener el camarón es indispensable para lograr un éxito rotundo en este tipo de cultivos. Además, mundialmente existe una preocupación creciente por las consecuencias negativas que la acuicultura puede traer con el ambiente circundante (Prapaiwong, 2011).

El objetivo del presente trabajo es revisar de manera exhaustiva investigaciones efectuadas en los últimos veinte años en contexto con los estudios de calidad de agua en cultivo de camarón a baja salinidad y a su vez los parámetros fisicoquímicos que la determinan, con la finalidad de elucidar posibles nuevas investigaciones sobre esta temática. Cabe señalar que en se toma en consideración como baja salinidad a cultivos con valores inferiores a 5 ppt.

1.1. Datos históricos del cultivo de camarón blanco en agua de baja salinidad.

En la época de los 2000 debido al éxito que tuvo el cultivo de camarón a baja salinidad en Tailandia, esta práctica se comenzó a intentar en Brasil, Estados Unidos, Ecuador y otros países, en los cuales se utilizaba agua subterránea de pozos como una fuente de agua a baja salinidad, otros productores agregaban sal granulada proveniente de minas o estanques de evaporación para mejorar la calidad de agua en cultivo (Boyd et al., 2002)

Nunes y Velásquez (2001) veinte años atrás reportaron que en América latina las antiguas granjas de tilapia que se desarrollaban a bajas salinidades y a 50 km de la fuente de agua de mar, estaban en plena producción de camarón blanco del Pacífico en Ecuador y Brasil, lo cual indica que este tipo de cultivos tiene una amplia historia en el continente sudamericano. Sin embargo, autores enfatizan que el cultivo de camarón en estanques tierra adentro en sectores continentales cerca de los efluentes de los ríos se está volviendo más factible debido a la mayor competencia de la tierra, los altos costos de inversión, la propagación de enfermedades y las restricciones ambientales asociadas con el desarrollo de la acuicultura costera de camarón.

pero con altos costos de inversión, la propagación de enfermedades y las restricciones ambientales asociadas con el desarrollo de la acuicultura costera de camarón.

La aplicación de sal granular a estanques para aumentar y corregir la salinidad se volvió una práctica común en este tipo de sistemas, no había grandes problemas con la mortalidad y el estrés que este tipo de sistemas podían provocar, debido al desequilibrio iónico de la fuente de agua en cultivos de camarón de tierra adentro en Tailandia, esta problemática también se presenta en Estados Unidos y Ecuador (Boyd et al., 2002).

En Alabama USA, en el año 1999 los acuicultores comenzaron a producir camarón utilizando agua de pozo, con la presencia de mortalidades elevadas y crecimiento escaso de post-larvas (PL) y camarones juveniles. Algunas investigaciones a posteriori revelarían que la deficiencia de magnesio (Mg) y potasio (K) en el estanque eran las causantes de grandes variación en el rendimiento de los camarones cultivados en diferentes estanques en la misma granja (Roy et al., 2010).

1.2. Adaptación a baja salinidad.

El hábitat en el que podemos encontrar a los camarones peneidos es muy variado, se encuentra, incluyen zonas marinas como los estuarios, hasta ambientes con muy baja salinidad

o también llamados de agua dulce, debido a que tienen una habilidad natural para tolerar una amplia gama de variaciones de salinidad es clave para su supervivencia. Muchos productores de camarón ahora están aprovechando esta característica distintiva para criar algunas especies en aguas oligohalinas o de baja salinidad con menos de 1 ppt (partes por mil) de sal (Nunes y Velásquez, 2001).

Las adaptaciones del camarón marino a bajas salinidades tienen un coste que se traduce en un menor aumento de peso y supervivencia. Varios autores han asociado el punto isoosmótico con condiciones óptimas para el crecimiento del camarón peneido. Sin embargo, un mejor crecimiento no siempre coincide con el punto isoosmótico reportado. *L. vannamei* crece mejor en salinidades por debajo del punto isoosmótico. En estanques con baja salinidad, una vez que los camarones se han adaptado, el principio general es mantener una proporción equivalente de los iones principales similar al agua de mar (Molina et al., 2019).

El proceso de aclimatación en cultivos a baja salinidad es uno de los procesos más importantes a los que se debe someter a los camarones antes del día de la siembra en los estanques. Esta especie puede lograr adaptarse de forma completa en ambientes con una salinidad por debajo de 1 ppt, siempre y cuando el proceso se lleve a cabo mediante bajones graduales de la salinidad en etapas postlarvales cuando el camarón ha completado todo su desarrollo morfológico (Nunes y Velásquez, 2001).

Para lograr buenas condiciones de crecimiento para el camarón de cultivo, el perfil iónico del agua de baja salinidad debe tener niveles y proporciones adecuadas de iones específicos (Na: K, Mg^{+2} : Ca^{+2} , etc.), que deben ser similares a los del agua de mar. Por ejemplo, sería 28:1 para el Na: K. Para contrarrestar las bajas proporciones de Na: K y Mg^{+2} : Ca^{+2} , en el agua, la falta de los iones se puede complementar con la adición de estos minerales en la dieta de alimentación del camarón, lo que permite que los organismos absorban estos iones en sus tractos digestivos, y contribuyendo al ajuste agregando sales al agua (Molina et al., 2019).

Según la investigación realizada por Jayasankar et al. (2009) las postlarvas (PL) que se adaptaron a 5 ppt de salinidad en 1 día mostraron una supervivencia significativamente mayor (94 %) que las PL adaptadas a 1 ppt en 1 día. A partir de entonces, en PL aclimatadas a 5 ppt, la supervivencia después de la aclimatación de 3 y 7 días fue la misma que después de la aclimatación de 1 día, siendo casi del 96%. Sin embargo, para una adaptación de 1 ppt, las tasas de supervivencia aumentaron con el aumento del tiempo de aclimatación, pero se necesitaron 7 días de adaptación para alcanzar una tasa de supervivencia del 80 %. Esto muestra que se puede lograr la aclimatación a salinidades muy bajas, pero requiere tiempos más largos que la aclimatación a salinidades moderadamente bajas.

Es importante resaltar lo dicho por Nunes y Velásquez (2001) de que, aunque los protocolos de aclimatación difieren mucho entre los criaderos y las granjas de engorde, la supervivencia del camarón durante la aclimatación comúnmente supera el 90%. En etapa de pre-cría, la edad morfológica y cronológica de las PL sirve para determinar el tipo de proceso y tiempo de adaptación durante la aclimatación del crustáceo. Por lo cual, estos autores definen que mínimo son 8 días de edad los que debe tener la PL para que logre soportar de forma adecuada los bajones de salinidad.

1.3. Parámetros de calidad de agua del cultivo

1.3.1. Calidad del agua durante el cultivo

La calidad de agua utilizada para la producción de camarón *Litopenaeus vannamei*, se considera un factor relevante para la sostenibilidad del sistema productivo, pues la misma es clara evidencia de la ejecución de un excelente manejo que se llevan a cabo durante la cadena de producción. Por otro lado, el descuido de aquellos elementos, como la misma naturaleza del agua, los procesos de desinfección de tanques, la incorrecta alimentación, entre otros, son los principales causantes del desmejoramiento de la calidad del agua (Valle, 2020).

Si bien esta especie presenta un rango bastante amplio de tolerancia, es decir, que se puede cultivar en varias fuentes de aguas de nuestro entorno; esto presenta un límite, en mayor medida si se trata de aguas subterráneas o de baja salinidad, en la cual las características físico-químicas pueden presentar valores fuera del rango óptimo de cultivo en alguno de estos parámetros. Los factores a tener en cuenta en este tipo de cultivos son: Turbidez, oxigenación, materia orgánica, cloruros, pH, nitrógeno, sulfuros, metales pesados y compuestos nitrogenados (Balda y Menendez, 2009).

Todos estos parámetros deben verificarse en diferentes momentos: el oxígeno y la temperatura se miden al menos dos veces al día para determinar la influencia de la fotosíntesis en las concentraciones. La salinidad y el pH se miden diariamente, y el nitrato, el amoníaco y el nitrito se pueden medir 2 o 3 veces por semana. Además del monitoreo, es importante establecer las acciones de manejo que se tomarán en caso de que la calidad del agua caiga por debajo de los niveles aceptables. Es esencial registrar los resultados de todas las pruebas de calidad del agua para revisar y comprender las relaciones de los parámetros de calidad del agua, las causas de las fluctuaciones en las concentraciones y anticipar cuándo puede ocurrir un problema de calidad del agua en el futuro (Lazur, 2007).

Tabla 1.

Valores óptimos de calidad de agua para cultivo de L. vannamei en agua dulce, según varios autores.

Parámetros	Estudio base (1)	Recomendación (1)	Recomendación (2)
Alcalinidad (mg/L)	450	<100	70
pH	7,0- 8,3	7,0-8,3	7,0-8,0
Dureza Total (CaCO ₃)	600	>150	

Calcio (mg/L)	158	>100	11-296
Cloruros (mg/L)	625	>300	380-4.009
Sodio (mg/L)	352	>200	401-2.210
Magnesio (mg/L)	50	>50	3-64
Potasio (mg/L)	9,3	-	4-12,4
Cadmio (mg/L)	<0,1	<10 ppb	
Hierro (mg/L)	<0,1	<1,0	
Plomo (mg/L)	<0,01	<100 ppb	
Cobre (mg/L)	<0,02	< 25 ppb	
Zinc (mg/L)	<0,1	<100 ppb	
Cromo (mg/L)	0,4	<100 ppb	

Fuente: (1) (Miranda et al., 2010); (2) (Van Wyk y Scarpa, 1999); (3) (Boyd et al., 2002).

1.3.1.1. Parámetros físicos

1.3.1.1.1. Temperatura

Es uno de los factores ambientales físicos que más afectan la tasa metabólica de los crustáceos decápodos y consecuentemente su tasa de supervivencia y crecimiento. Esto es vital para la producción de cultivo de camarón, ya que afecta el crecimiento del peneido con cambios a lo largo del día, las estaciones del año y también puede depender de la temperatura del viento, la profundidad del agua, el diseño del tanque y el manejo del sistema (Araneda et al., 2020).

El potencial de producción se verá afectado cuando la temperatura del agua caiga fuera del rango óptimo durante períodos significativos. Este parámetro controla de forma significativa el crecimiento de los camarones en cultivo, lo cual afecta en gran medida el desempeño de tipo económico que pueda tener el cultivo hasta cosecha (Abdelrahman et al., 2019).

Según un trabajo realizado por Araneda et al. (2020) el mejor rendimiento de productividad de camarón se obtiene por encima de los 26 °C, y el menos eficiente resulta por debajo de los 22 °C. Sin embargo, cuando los camarones en un estanque se exponen a temperaturas superiores a 33 °C durante más horas, el potencial de producción de este estanque se verá afectado (Abdelrahman et al., 2019). El rango óptimo de crecimiento la temperatura situada entre 28 °C y 31 °C. Hoy en día en cultivos a baja salinidad, para mantener los rangos de temperatura, se implementan sistemas de invernadero que permitan la regulación de este parámetro (Quimis et al., 2019).

1.3.1.1.2. Turbidez

La turbidez es un indicador importante de la cantidad de sedimentos suspendidos, lo que asegura muchos efectos adversos en los animales acuáticos. El fitoplancton es una forma deseable de turbidez en cantidades suficientes porque proporciona alimento para animales microscópicos, principalmente zooplancton, y mejora la calidad del agua al producir oxígeno disuelto y eliminar compuestos potencialmente tóxicos como el amoníaco (Kathyayani et al., 2019).

Por otro lado, la turbidez causada por las partículas de arcilla generalmente no es deseable porque el agua turbia no permite que penetre suficiente luz solar en las capas más profundas, lo que significa una disminución en la supervivencia del plancton y una disminución en la producción de oxígeno disuelto. Además, el oxígeno es constantemente consumido por la

microbiota en el lodo, lo que trae consigo un descenso en la concentración de oxígeno (Oberle et al., 2019).

Cuanto más altos sean los niveles de turbidez, menos luz puede llegar a las aguas del fondo del estanque. Estos bajos niveles de oxígeno disuelto dan como resultado la descomposición y la muerte del fitoplancton en las capas inferiores, iniciando condiciones hipóxicas. Esto puede provocar una disminución de la supervivencia de los camarones en el estanque (Boyd et al., 2018).

Una investigación realizada por Kathyayani et al. (2019) en la cual se realizaron estudios sobre el efecto de los niveles de turbidez inducida por partículas de arcilla inorgánica medida en unidades nefelométricas de turbidez NTU, demostrando que con valores de 30,60 y 120 NTU los organismos tenían más riesgo de morir en comparación con el tratamiento control, en donde los metabolitos del estrés fisiológico aumentaron significativamente con el tiempo de exposición. Además, la alta turbidez de >60 NTU en el medio de crianza provocó el bloqueo de las branquias aparentemente como una reacción compensatoria a la alteración del equilibrio osmótico e iónico, concluyendo que valores de <30 NTU son considerados seguros para esta especie.

1.3.1.2. Parámetros químicos

1.3.1.2.1. Salinidad

Se define como salinidad al total de las diferentes concentraciones de iones disueltos en el agua, la cual depende de forma básica de siete de estos iones. Tomando como referencia la salinidad del mar a 34,5 partes por mil o ppm, las concentraciones de los iones son las siguientes: Cl, 19 000 mg L⁻¹; Na, 10 500 mg L⁻¹; Ca, 400 mg L⁻¹; Mg, 1 450 mg L⁻¹; K, 370 mg L⁻¹; Bicarbonato, 142 mg L⁻¹; Sulfato, 2 700 mg L⁻¹ (Valle, 2020).

La concentración de iones que puede tener una fuente de agua a baja salinidad no depende únicamente de la dilución de agua de mar en ella. Depende en gran medida del tipo, cantidad

y la solubilidad que tengan los minerales según el tipo de suelo en que se encuentre ubicado el estanque, así como otras formaciones geológicas con las que el agua tuvo contacto y el clima. Si comparamos las proporciones de algunos cationes principales de aguas subterráneas y superficiales de tipo salinas podemos observar que estas pueden ser muy diferentes a la de algunos estuarios y el mismo océano (Boyd, 2018).

Un artículo publicado por Davis et al. (2004) sugiere que si la salinidad es óptima, el potasio, calcio y magnesio son los iones más importantes para la supervivencia del camarón. Cualquiera de estos iones puede ser limitante, pero a menudo la falta de K es el factor más importante que afecta a los camarones. Cabe señalar que aunque también parecen ser necesarios altos niveles de Ca, la proporción de Ca: K, que es de aproximadamente 1:1 en el agua de mar, también puede ser importante.

Para agua de mar natural, se espera que los cationes muestren aproximadamente las siguientes concentraciones: Ca²⁺, 400 mg L⁻¹; K⁺, 380 mg L⁻¹; Mg²⁺, 1350 mg L⁻¹ y Na⁺, 10500 mg L⁻¹; resultando en una proporción de 28:3:1:1. Para el cultivo de camarón en aguas continentales, esta relación se puede utilizar como un indicador de excelentes condiciones para el crecimiento de *L. vannamei* y, cuando no se alcanza de forma natural, se requieren correcciones (Moura et al., 2021)

1.3.1.2.2. pH

Este es uno de los parámetros que promueve el equilibrio de las propiedades del agua, encargado principalmente de controlar la toxicidad del amoníaco y los riesgos que este compuesto trae consigo, de igual forma, los valores que especifica nos muestran el estado de acidez o alcalinidad de los estanques.

En un estudio realizado por Salinas et al. (2020) en el cual se tomó el nivel de pH en dos tipos de cultivo, el primero con una salinidad óptima de 20 a 32 ppt y el segundo en un ambiente a baja salinidad cercana a cero, con una tendencia leve a alterar sus fluctuaciones con respecto

al tiempo por cuestiones climáticas, mostrando resultados que difieren uno del otro, en primer lugar en ambientes con salinidades elevadas se obtuvo un valor mínimo de 7,20 hasta un máximo de 8,70; mientras que para baja salinidad los niveles de pH en cultivo aumentaron, con un mínimo de 7,55 hasta un máximo de 8,96

Tabla 2.

Niveles de pH a diferentes salinidades

Parámetro	Salinidad (g/L)			
	0	2	4	25
pH	8,58±0,27	8,24±0,03	8,25±0,04	8,05±0,06

Fuente: (Maicá et al., 2012)

Maicá et al. (2012) nos informan que los mayores niveles de pH encontrados en diferentes tratamientos de cultivo se encontraron cuando la salinidad del medio disminuye, encontrando valores de 8,58 a 0 ppt, mientras que en el cultivo tradicional realizado a 25 ppt se obtuvieron valores de pH cercanos a 8, lo cual nos muestra claramente que en el cultivo de camarón con salinidades bajas se va a conseguir niveles de pH superiores, realizando una comparativa con el cultivo en salinidades cercanas a las del mar; sin embargo, todos los valores de pH marcados a diferentes salinidades estuvieron dentro del rango aceptable para el cultivo.

Decamp et al. (2003) informaron resultados similares en un sistema de cultivo sin intercambio de agua de juveniles de *L. vannamei*. Verificaron que el pH fue significativamente más bajo a 36 g L⁻¹ que a 18 y 9 g L⁻¹ y atribuyeron este resultado a la mayor actividad fotosintética observada en salinidades más bajas.

1.3.1.2.3. Alcalinidad

La alcalinidad es considerada como un buffer o coloquialmente llamada tampón químico, la cual ayuda en la neutralización de los ácidos disueltos en agua. La composición de este factor se la obtiene gracias a las diferentes bases tales como: hidróxidos, fosfatos, boratos, carbonatos,

bicarbonatos, amonio y silicatos. Tomando en cuenta que, el carbonato y bicarbonato aquellos compuestos que ocupan una mayor concentración en comparación con otras bases. La alcalinidad en cultivos de camarón tiene una función muy importante, en la cual si los valores presentes son menores a 40 ppm, la especie no podrá realizar el proceso natural de muda y otras funciones biológicas (Quimis et al., 2019).

Palacios (2016) nos indica que la alcalinidad baja su valor en estanques con suelos ácidos, mientras que disminuye en aguas con salinidades inferiores. Según Vinatea (2003) la alcalinidad recomendada en aguas con baja salinidad en cultivo de *L. vannamei* debe tener valores entre 120 y 200 mg L⁻¹. Ebeling et al. (2006) indican que en sistemas con recambio de agua limitado como suele suceder en cultivos a baja salinidad, la alcalinidad debe estar entre 100 y 150 mg CaCO₃ L⁻¹. Por lo tanto, no hay un nivel de alcalinidad específico que se considere ideal y solo están disponibles los rangos recomendados dependiendo de las condiciones del medio. Sin embargo, los niveles de alcalinidad por debajo de 100 mg CaCO₃ L⁻¹ y los niveles de pH por debajo de siete afectan negativamente la tasa de nitrificación (Furtado et al., 2015).

En sectores con una tasa alta de evaporación, puede conducir a valores altos de alcalinidad, debido a la concentración de iones presentes en el agua. La precipitación de carbonato de calcio en cultivos que usan agua de pozo altamente alcalina en Tailandia, puede formar depósitos dañinos en las PL. Además, suelos arcillosos o francos suelen tener un alto contenido de CaCO₃ con niveles superiores de alcalinidad a diferencia de los suelos arenosos (Miranda et al., 2010).

La relación entre el pH y la alcalinidad está estrechamente ligada y la disminución de la alcalinidad conducirá al aumento de las oscilaciones del pH en el entorno agrícola (Zhang et al., 2017).

1.3.1.2.4. Amonio, nitrito y nitratos

La toxicidad y condición de los organismos acuáticos durante la exposición a niveles elevados de compuestos nitrogenados está relacionada con su acumulación en la hemolinfa. La acumulación está influenciada por factores como la permeabilidad branquial, la especiación de los desechos nitrogenados, los mecanismos para reducir su difusión pasiva, la capacidad de excretarlos a través de un gradiente, los procesos internos de desintoxicación y los factores ambientales (Romano y Zeng, 2013).

Generalmente, la toxicidad del amonio en los sistemas acuícolas se expresa mediante efectos subletales y letales; el primero se expresa como reducciones en la tasa de consumo de alimento, crecimiento y resistencia inmunológica. Otros efectos subletales incluyen cambios en la frecuencia respiratoria, periodo de muda, osmorregulación, transporte de oxígeno y cambios metabólicos (Magallón et al., 2006).

La tolerancia de los camarones a los compuestos nitrogenados, especialmente amonio y nitrito, disminuye en aguas de baja salinidad y representa un problema importante. Durante el período de cultivo, las concentraciones *in situ* pueden alcanzar niveles altos y causar un elevado consumo de oxígeno, baja tasa de consumo de alimentos, reducir el crecimiento y aumentar la excreción de nitrógeno, alterar las concentraciones de proteínas de la hemolinfa y los niveles de aminoácidos libres, e incluso causar una mortalidad moderada o alta (Valencia et al., 2018).

La toxicidad en niveles agudos de nitrito, nitrato y amonio en *Litopenaeus vannamei* incrementa con la disminución de la salinidad de 3 a 1 g L⁻¹. De igual manera, en aguas con bajas concentraciones de sales, el nitrito presenta una toxicidad mayor que el amoniaco. No obstante, existe información limitada para aguas de baja salinidad y más aún en cuestión de la interacción de los nitratos en el cultivo (Valencia et al., 2018).

Una investigación realizada por Magallón et al. (2006) en la cual se expuso 64 lotes de 20 postlarvas a diferentes concentraciones de amonio, desde 0 como tratamiento control hasta un

máximo de 18 mg L⁻¹, en diferentes niveles de pH y temperatura, el primer escenario con un pH de 8 y temperatura a 26 °C no mostró niveles de mortalidad alguno, incluso con los valores máximos de amonio en el sistema, mientras que en el segundo escenario con una temperatura de 30 °C y un pH de 9 se registraron mortalidades en todas las edades.

La salinidad es una de las variables que más influye en la toxicidad del amonio y el nitrito, mostrando una relación inversa; es decir, la toxicidad aumenta a medida que disminuye la salinidad. Se demuestra que un pequeño cambio en la salinidad de aguas con 0.6–2.0 g L⁻¹ es más crítico que cuando ocurren diferencias más amplias en salinidad en aguas salobres y marinas (15–35 g L⁻¹), demostrando alta toxicidad cuando este camarón se cultiva a baja salinidad (menos 2 g L⁻¹), además se afirma que para juveniles de *L. vannamei* a salinidades de 0.6, 1.0 y 2.0 g L⁻¹ se recomienda una concentración segura de 0.28, 0.35 y 0.62 mg L⁻¹ de nitrito respectivamente (Ramírez et al., 2017). Las concentraciones presentadas en otro estudio realizado por Quiñonez et al. (2010) con buenos resultados en rendimiento y supervivencia con respecto al amonio fueron de 0.26 a 0.31 mg L⁻¹, nitrato 0.73 a 0.77 mg L⁻¹ y nitrito 0.28 a 0.32 mg L⁻¹.

1.3.1.2.5. Fósforo

El fósforo (P) es crucial debido a su disponibilidad limitada en las condiciones de crianza. El P está directamente involucrado en todas las reacciones que producen energía y tiene un papel integral en las funciones celulares, ya que es un elemento clave de los ácidos nucleicos, fosfolípidos, fosfoproteínas, enzimas y en el ATP (Cheng et al., 2006).

También el P está relacionado con la fosfatasa alcalina (FA), que responde a la salinidad de aclimatación y está asociado con la osmorregulación en crustáceos. Debido a estas funciones múltiples, las alteraciones en la homeostasis del P pueden causar efectos profundos en varios niveles metabólicos y sistemas de órganos y se puede producir una deficiencia de P en la mayoría de las especies (Cheng et al., 2006).

1.3.1.2.6. Potasio

Es esencial en la activación de la $\text{Na}^+ -\text{K}^+ -\text{ATPasa}$, que conforma parte del proceso que regula el volumen extracelular, además es considerado como el catión intracelular primario. Por lo cual, niveles bajos de este elemento en estado acuoso puede ser perjudicial cuando se habla de osmorregulación con el medio, esto debido a que la actividad de las enzimas está relacionada de forma directa con la concentración de potasio (Roy et al., 2007).

Experiencia personal de Boyd (2018) en la que se dio cuenta hace algunos años acerca del desequilibrio iónico existente en una granja de producción a baja salinidad (8 ppt) en Ecuador en la cual las postlarvas tenían una gran tasa de mortalidad en cada siembra. Las concentraciones de sodio, magnesio y calcio informadas estaban dentro de los rangos normales, con un valor de 2500 mg L^{-1} , 425 mg L^{-1} y 100 mg L^{-1} respectivamente, mientras que la concentración de potasio tenía valores inferiores a 1 mg L^{-1} , pero la concentración de este elemento en la salinidad indicada tenía que ser aproximadamente 90 mg L^{-1} .

El autor decidió agregar 50 mg L^{-1} inicialmente, lo que se descubrió es que al adicionar potasio en este medio deficiente del mismo aumentó la supervivencia de las postlarvas en el agua. Al año siguiente, se establecieron algunas granjas en Alabama con sistemas a baja salinidad (2 ppt) teniendo niveles de potasio de 6 mg L^{-1} , en el cual el autor sugirió elevar este valor a 50 mg L^{-1} obteniendo resultados similares que en Ecuador (Boyd, 2018). Por otro lado, Zacarías et al. (2019) nos dice que, es posible cultivar postlarvas de *Litopenaeus vannamei* en agua de baja salinidad (4 ppt) con bioflocs cuando el agua tenga una concentración inicial de potasio de $30,90 \pm 8,5 \text{ mg/L}$.

1.3.1.2.7. Dureza (Ca + Mg)

Los cationes principalmente responsables de la dureza total corresponden a las concentraciones de magnesio y calcio, la dureza del calcio representa alrededor del 60 % de la dureza total; la dureza del magnesio resulta de restar la dureza del calcio para dureza total.

(Prapaiwong y Boyd, 2012). Estos iones han sido estudiados de forma intensa con respecto a su función en la fisiología de organismos vivos como el fitoplancton en donde el ion magnesio es primordial en la molécula de clorofila y afecta de forma significativa su crecimiento (Kirinovic et al., 2017). Además, el equilibrio mineral en el cuerpo animal juega un papel crucial para el crecimiento y desarrollo de los camarones. Mientras que el calcio funciona para minimizar el aumento del pH cuando las tasas de fotosíntesis son altas, además, también ayuda a la formación del caparazón de los crustáceos en la acuicultura (Venkateswarlu et al., 2019).

Las partes en las que se encuentra distribuido el magnesio en el camarón es principalmente en el exoesqueleto. Además, lo podemos encontrar en muchas enzimas siendo un elemento fundamental para algunos procesos realizados por enzimas, incluyendo metabolismo de carbohidratos, proteínas, lípidos, algunas funciones de osmorregulaciones, nerviosas y musculares (Gutierrez, 2020).

Tabla 3.

Valores de dureza presentados en cultivo a baja salinidad

Variable	Media	Mínimo	Máximo
Dureza de calcio (mg/L)	96.1 ± 26.6	53.20	157.1
Dureza de magnesio (mg/L)	67.4 ± 18.8	17.10	120.3
Dureza total (mg/L)	163.5 ± 36.0	102.4	241.3

Fuente: (Prapaiwong y Boyd, 2012).

En un estudio realizado por Prapaiwong y Boyd (2012) la supervivencia y producción se correlacionó positivamente con la dureza de calcio presentado. La correlación obtenida entre la dureza del calcio y la supervivencia y el crecimiento sugiere que el aumento de la concentración de calcio podría mejorar el rendimiento de los camarones de cultivo, esta hipótesis podría probarse aplicando sulfato de calcio a unos pocos estanques y comparar el rendimiento de los camarones con el de otros estanques no tratados.

En otro estudio realizado por Jayasankar et al. (2009) se comparó el sistema de cultivo tradicional a 30 ppt, 6.600 ppm de dureza (salinidad normal y dureza normal) con un cultivo a baja salinidad con 5 ppt, 1400 ppm de dureza (agua de piscina a baja salinidad y alta dureza, con un contenido de $2000 \text{ mg L}^{-1} \text{ MgCl}_2$ y $395 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCl}_2$) obteniendo resultados de supervivencia y crecimiento similares. Esto indica que el cultivo de *L. vannamei* en salinidades reducidas puede lograr resultados equivalentes a los del agua de mar, siempre que la dureza se ajuste a niveles adecuadamente altos.

1.3.1.3. Parámetros biológicos

La mayor parte de los sistemas acuícolas dependen de los procesos realizados por bacterias, fitoplancton y otros organismos, los cuales tendrán una relación estrecha con las características tanto químicas y físicas de calidad de agua presentes en el estanque. Cambiar estas características puede aumentar o disminuir la producción del cultivo. La calidad del agua varía significativamente para sistemas de producción específicos, debe evaluarse y caracterizarse teniendo en cuenta la condición de los cultivos de baja salinidad utilizados en diferentes regiones del continente (Hernandez, 2016).

1.3.1.3.1. Microorganismos fitoplanctónicos

Las microalgas son ricas en aminoácidos esenciales, ácidos grasos, pigmentos carotenoides, vitaminas y minerales para animales acuáticos. En pruebas de alimentación con organismos acuáticos se ha descubierto que mejora la utilización de los alimentos y por ende promueven el crecimiento, así como una mejora sustancial en la actividad fisiológica, tolerancia al hambre, calidad del exoesqueleto, resistencia a enfermedades y una mejor respuesta al estrés (Galarza, 2019).

Los componentes bioquímicos de las microalgas varían entre las diferentes especies, incluso pueden diferir entre la misma especie ubicada en diferentes locaciones, debido

principalmente a cambios de salinidad, pH, temperatura, nutrientes y estrés provocado por factores ambientales. Un ejemplo claro es cuando existe un déficit de fósforo y nitrógeno el contenido de lípidos aumenta, además, el nivel de proteína se ve afectado notablemente por la intensidad de luz (Hamed, 2016).

Tabla 4.

Composición y abundancia de la comunidad microbiana presente en el cultivo de juveniles de Litopenaeus vannamei en un sistema superintensivo sin intercambio de agua a diferentes salinidades.

Microorganismos (células/mL)	Salinidad (g/L)		
	2	4	25
Clorofitas	3979,7	1465,2	No detectado
Diatomeas	No detectado	No detectado	1489,1
Ciliados	164,5	64,4	28,8
Flagelados	426,0	407,2	1515,2

Fuente: (Maicá et al., 2012).

La concentración de flóculos microbianos cambia con el tiempo y está influenciada por factores bióticos, incluida su producción, biodegradación y consumo por parte de los organismos criados, así como por factores abióticos como la temperatura y la salinidad. Es así como a mayores salinidades podemos encontrar una mayor cantidad de diatomeas y flagelados, mientras que a menores salinidades las clorofitas predominan junto a algunos microorganismos ciliados (Maicá et al., 2012).

Las especies de microalgas de mayor dominancia encontradas en un estudio realizado por XiaoZhu et al. (2009) en cultivos a baja salinidad pertenecen a 7 filos y 62 géneros, respectivamente. Con una dominancia marcada de especies Clorofitas con 22 especímenes,

también se encontraron cianofitas y en menor cantidad especies de diatomeas, euglenofitas y criptofitas.

1.3.2. Calidad del agua en los efluentes del cultivo de camarón a baja salinidad

La calidad del agua en las áreas donde se encuentran las granjas camaroneras a menudo se degrada por la liberación de desechos líquidos no tratados y lodos semisólidos enriquecidos en materia sólida, nutrientes orgánicos y metabolitos disueltos. También se encuentran residuos de productos químicos o medicamentos utilizados para tratar enfermedades de los camarones en los efluentes de las granjas camaroneras, pero la carga de nutrientes orgánicos es el problema de calidad del agua más citado.

Tabla 5.

Nivel de parámetros de calidad de agua medido en el afluente y en el efluente de una granja de cultivo de camarón a baja salinidad.

Parámetro(mg/L)	Agua de pozo		Efluente		Diferencia media
	Media	Rango	Media	Rango	
Temperatura (°C)	28.7 (0.39)	25.5 –29.8	27.9 (0.39)	21.1 –31.2	— 0.81 (0.555)
OD (mg/l)	6.40 (0.199)	5.44 –7.90	6.70 (0.199)	4.59 –9.08	0.30 (0.281)
Salinidad (ppt)	2.0 (0.07)	1.6 –2.5	2.2 (0.07)	1.7 –2.7	0.2 (0.10)
pH	7.69 (0.068)	7.18 –7.95	8.84 (0.068)	8.15 –9.67	1.15 (0.095)
Nitrato-N	6.7 (0.73)	3.7 –19.1	9.8 (0.73)	4.5 –18.2	3.2 (1.04)
Fósforo total	0.40 (0.047)	0.00 –0.81	0.74 (0.047)	0.29 –1.61	0.34 (0.067)
Fósforo reactivo	0.14 (0.033)	0.00 –0.60	0.33 (0.033)	0.06 –0.78	0.19 (0.046)
Alcalinidad	134 (4.8)	102 –187	96 (4.8)	51 –156	— 38 (6.78)
DQO	13 (4.2)	0 –68	23 (4.2)	0 –88	9 (6.0)
DBO	1.09 (0.475)	0.16 –4.40	6.40 (0.475)	0.22 –10.55	5.31 (0.671)
SST	4.6 (5.89)	0.0 –10.0	46.8 (5.89)	11.6 –200.5	42.2 (8.32)

SSV	2.4 (1.89)	0.0 –5.0	24.1 (1.89)	8.0 –93.8	21.7 (2.67)
-----	------------	----------	-------------	-----------	-------------

Fuente: (McIntosh y Fitzsimmons, 2003).

Nota. OD: Oxígeno disuelto; DQO: Demanda química de oxígeno; DBO: Demanda bioquímica de oxígeno; SST: Sólidos suspendidos totales; SSV: Sólidos suspendidos volátiles

1.4. Manejo del agua durante el cultivo.

1.4.1. Fuente de agua.

Las fuentes de agua empleadas para cultivar *L. vannamei* pueden variar mucho. Por ejemplo, en el oeste de Alabama, el agua se obtiene de acuíferos de baja salinidad del interior y se bombea a estanques de producción (Roy et al., 2010). En Tailandia, los camarones se cultivan en estanques que contienen agua de 2 a 5 ppt de salinidad preparada mezclando solución de salmuera de estanques costeros de evaporación de agua de mar con agua dulce (Boyd y Thunjai, 2003). Una investigación realizada por Biao et al. (2004) nos indica que un sistema de riego bien desarrollado facilitó el desarrollo de la cría de camarones en la cuenca del río Bangpa kong. Aunque originalmente se construyó para apoyar el cultivo de arroz, esta infraestructura se ha adaptado para servir a la acuicultura.

La ubicación de la granja es esencial cuando se habla de escoger la fuente de agua adecuada, en especial cuando se quiere realizar un proyecto de cultivo de camarón con agua de pozo o agua subterránea, en el cual los iones que componen el cuerpo de agua difieren entre locaciones, esta es la razón por la cual en algunas ubicaciones no se puede utilizar de forma directa la fuente de agua con la que disponen (Quiñonez et al., 2010).

1.4.2. Tratamiento del agua previo al cultivo

Antes de cultivar cualquier especie, se debe evaluar la idoneidad del agua mediante pruebas tanto químicas como biológicas. La composición iónica del agua parece ser más

importante que la salinidad. Se ha demostrado que las soluciones de sal simple de cloruro de sodio no son adecuadas para el cultivo de camarones a cualquier salinidad, aunque en el agua de mar los iones más importantes en la osmorregulación son el cloruro y el sodio (Davis et al., 2004).

Los niveles bajos de potasio y, a veces, de magnesio pueden afectar negativamente la supervivencia y el crecimiento de los organismos en cultivo. En estanques con baja salinidad, es común usar sales minerales como sulfato de magnesio, cloruro de potasio, sulfato de magnesio o cloruro de magnesio. Sin embargo, es difícil determinar la cantidad de estas sales para contrarrestar el desequilibrio iónico, debido a que no se conoce con precisión la concentración mínima de cationes importantes (sodio, potasio, calcio y magnesio) requerida para las funciones fisiológicas de los camarones peneidos (Boyd, 2018).

1.4.3. Recambio de agua

Según el sistema de cultivo, las tasas de cambio de agua en las granjas comerciales varían de menos del 2 % a más del 100 % por día. Si los estándares son bajos, se deben considerar factores como la calidad inicial del agua, el tipo de sedimento, la tasa de evaporación, la profundidad del estanque, la aireación, etc. Muchos autores han señalado que reducir significativamente el intercambio de agua no reduce el crecimiento, la supervivencia y el rendimiento de los camarones. Sin embargo, la reducción del intercambio de agua de menos del 5% por día afectó la condición del agua y la eficiencia productiva en el cultivo de *L. vannamei* (Hernandez, 2016).

Es difícil definir el uso de un recambio de agua rutinario, porque si el agua del estanque es de calidad adecuada, la renovación diaria de una parte del agua del estanque no tiene ningún beneficio. Además, el intercambio de agua elimina los nutrientes y el plancton, por lo que reduce la productividad natural de los estanques. Es contraproducente aplicar fertilizantes a los

estanques con el fin de mejorar la productividad del fitoplancton y luego eliminar los nutrientes de los estanques mediante el intercambio de agua. En estanques intensivos, el cambio de agua a veces puede ser necesario para eliminar el exceso de amoníaco (Boyd, 2003). De no existir un control adecuado del parámetro Nitrógeno Amoniacal Total (NAT), el crecimiento de los organismos en cultivo disminuye, principalmente por la baja tasa de alimentación y otros aspectos que los pueden llevar a la muerte.

La siguiente ecuación la propone Burquez (2020) para la determinación del volumen de agua de recambio en sistemas de cultivo con eliminación de lodos, se toma en cuenta que la producción de amonio equivale al 3% del alimento suministrado

$$pNATt = 0,03 * RA t$$

Donde pNAT es la producción de amonio en el tiempo t y RA es el alimento suministrado en el tiempo t.

$$NATmax = 0,004g/L$$

Para determinar el volumen de agua a recambiar para la remoción del NAT y tener valores adecuados de este parámetro se debe estimar el porcentaje de agua con fin de recambio y multiplicar por el volumen total de la piscina (Burquez, 2020).

$$VolR = \begin{cases} NAT < NATmax, 0 \\ NAT > NATmax, [(NAT - NATmax)/NAT] * Vol \end{cases}$$

1.4.4. Recirculación

Un sistema adecuado de recirculación mejora la sedimentación de los sólidos suspendidos y el movimiento del agua en toda la granja, lo cual trae consigo diferentes beneficios como el aumento de la oxigenación del agua, degradación por acción de bacterias aerobias, entre otros. Se debe mencionar que algunas granjas pueden resultar mejores para poder aplicar este tipo de diseños, pero en general la mayoría se pueden mejorar significativamente. El movimiento

producido por la recirculación del agua suscita la desgasificación, estratificación y aumenta el valor de oxígeno disuelto en agua (Huerta y Jory, 2017).

En sistemas de circulación, el tratamiento del agua se realiza en el sitio (mediante agitación, aireación, aplicación de comunidades bacterianas) y, a menudo, requiere utilizar varios estanques para construir una o más unidades de sedimentación. Estas unidades de sedimentación deben ocupar al menos el 10 % del área total de la granja, a menudo son al menos dos veces más profundo que el estanque de producción promedio, y tener una tasa de recirculación típica del 10 al 20%. El tiempo en que el agua debe estar en proceso de sedimentación es de 2 a 3 días (Huerta y Jory, 2017).

2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El cultivo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) a baja salinidad es factible siempre y cuando se mantengan los parámetros de calidad de agua en un rango aceptable u óptimo en el mejor de los casos.

Actualmente, la información presente en distintas revistas, libros y demás sitios de interés científico, está enfocada en el control de los parámetros fisicoquímicos del cultivo, tales como niveles de alcalinidad correctos, dureza de calcio y magnesio, pH, temperatura, turbidez, etc. Mientras que la información científica reportada resulta escasa cuando hablamos sobre la toxicidad de compuestos nitrogenados y el control de parámetros microbiológicos, como la composición y abundancia de microorganismos fitoplanctónicos en cultivos a baja salinidad. Además, cabe mencionar que la información científica sobre el manejo del agua en sistemas a baja salinidad es muy limitada en cuestión de recambios y manejo de agua previo al cultivo, por lo cual se recomienda a investigadores interesados en la temática documentar la información presente en campo para beneficio de estudiantes, productores y demás personas interesadas.

3. REFERENCIAS

- Abdelrahman, H., Abebe, A., y Boyd, C. (2019). Influence of variation in water temperature on survival, growth and yield of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* in inland ponds for low-salinity culture. *Aquaculture Research*, 50(2), 658–672.
<https://doi.org/10.1111/are.13943>
- Araneda, M., Gasca, E., Vela, M., y Domínguez, R. (2020). Effects of temperature and stocking density on intensive culture of Pacific white shrimp in freshwater. *Journal of Thermal Biology*, 94, 102756. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102756>
- Balda, P., y Menendez, R. (2009). *Estudio del cultivo del camarón blanco (L. vannamei) en agua dulce proveniente de acuíferos en la zona de churute* (J. Zambrano (ed.)) [Ingeniería en Acuicultura, Escuela Superior Politécnica del Litoral].
<http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/1579>
- Biao, X., Zhuhong, D., y Xiaorong, W. (2004). Impact of the intensive shrimp farming on the water quality of the adjacent coastal creeks from Eastern China. *Marine Pollution Bulletin*, 48(5-6), 543–553. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2003.10.006>
- BioFeeder. (2021, December 20). *Cultivo del camarón marino con agua de pozo en Ecuador*. bioFeeder. <https://www.biofeeder.ec/cultivo-del-camaron-marino-con-agua-de-pozo-en-ecuador/>
- Boyd, C. (2003). Bottom Soil and Water Quality Management in Shrimp Ponds. *Journal of Applied Aquaculture*, 13(1-2), 11–33. https://doi.org/10.1300/J028v13n01_02
- Boyd, C. (2018). *Revisando el desequilibrio iónico en el cultivo de camarón a baja salinidad*. Global Seafood Advocate. <https://www.globalseafood.org/advocate/revisando-el-desequilibrio-ionico-en-el-cultivo-de-camaron-a-baja-salinidad/>
- Boyd, C., y Thunjai, T. (2003). Concentrations of major ions in waters of inland shrimp

farms in China, Ecuador, Thailand, and the United States. *Journal of the World Aquaculture Society*, 34(4), 524–532. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2003.tb00092.x>

Boyd, C., Thunjai, T., y Boonyaratpalin, M. (2002, June 1). *Dissolved salts in water for inland, low-salinity shrimp culture*. Global Seafood Alliance.

<https://www.globalseafood.org/advocate/dissolved-salts-in-water-for-inland-low-salinity-shrimp-culture/>

Boyd, C., Torrans, E., y Tucker, C. (2018). Dissolved oxygen and aeration in Ictalurid catfish aquaculture. *Journal of the World Aquaculture Society*, 49(1), 7–70.

<https://doi.org/10.1111/jwas.12469>

Burquez, F. (2020). *Optimización bioeconómica del cultivo de camarón blanco Litopenaeus vannamei en aguas de baja salinidad en Baja California sur, México* (G. Ponce (ed.)) [Maestría en ciencias en manejo de recursos marinos, Instituto Politécnico Nacional].

<https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/26248/1/lucerobur1.pdf>

Celi, D., Arroyave, M., Ching, C., y Perdom, O. (2019). Métodos de producción en el cultivo intensivo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en baja salinidad, una opción para familias emprendedoras. *Revista Científica Ciencia y Tecnología*, 19(23).

<https://doi.org/10.47189/rcct.v19i23.256>

Cheng, K., Hu, C., Liu, Y., Zheng, S., y Qi, X. (2006). Effects of dietary calcium, phosphorus and calcium/phosphorus ratio on the growth and tissue mineralization of *Litopenaeus vannamei* reared in low-salinity water. *Aquaculture*, 251(2), 472–483.

<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.06.022>

Davis, A., Samocha, T., y Boyd, C. (2004). Acclimating Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, to Inland, Low-Salinity Waters. *Stoneville, Mississippi: Southern Regional Aquaculture Center*.

- Decamp, O., Cody, J., Conquest, L., Delanoy, G., y Tacon, A. G. J. (2003). Effect of salinity on natural community and production of *Litopenaeus vannamei* (Boone), within experimental zero-water exchange culture systems. *Aquaculture Research*, 34(4), 345–355. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2003.00842.x>
- Ebeling, J., Timmons, M., y Bisogni, J. (2006). Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture* , 257(1), 346–358. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.03.019>
- FAO. (2007). *Fishery and Aquaculture Statistics 2007*. (Food and Agriculture Organization of the United Nations). <https://play.google.com/store/books/details?id=zbdrQgAACAAJ>
- Furtado, P., Poersch, L., y Wasielesky, W. (2015). The effect of different alkalinity levels on *Litopenaeus vannamei* reared with biofloc technology (BFT). *Aquaculture International: Journal of the European Aquaculture Society*, 23(1), 345–358. <https://doi.org/10.1007/s10499-014-9819-x>
- Galarza, V. (2019). Carbohidratos y proteínas en microalgas: potenciales alimentos funcionales. *Brazilian journal of food technology = Revista brasileira de tecnologia de alimentos*, 22. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.04319>
- Gutierrez, M. (2020). *Evaluación del Uso de Silicato de Magnesio (MgSiO₄) en Cultivo de Camarón Blanco (Penaeus Vannamei) a Baja Salinidad en el Municipio de Repelón, Atlántico* [Programa de zootecnia, Universidad de Cundinamarca]. <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/3478/Miguel%20c3%81ngel%20Guti%20Prada.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Hamed, I. (2016). The Evolution and Versatility of Microalgal Biotechnology: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(6), 1104–1123. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12227>

- Hernandez, J. (2016). *Caracterización de la calidad de agua en un sistema intensivo de cultivo de camarón blanco Litopenaeus vannamei, en condiciones de alta salinidad con recambio de agua limitado* (H. Villarreal (ed.)) [Maestro en Ciencias , Centro de investigaciones biológicas del noroeste, S.C.].
https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/42/1/hernandez_j.pdf
- Huerta, F., y Jory, D. (2017). Retro-adaptación de granjas de camarón a sistemas de recirculación. *Global Seafood*. <https://www.globalseafood.org/advocate/retro-adaptacion-de-granjas-de-camaron-sistemas-de-recirculacion/>
- Jayasankar, V., Jasmani, S., Nomura, T., Nohara, S., Huong, D., y Wilder, M. (2009). Low Salinity Rearing of the Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Japan Agricultural Research Quarterly: JARQ*, 43(4), 345–350. <https://doi.org/10.6090/jarq.43.345>
- Jiménez, J., Carvajal, H., y Vite, H. (2021). Análisis del pronóstico de las exportaciones del camarón en el Ecuador a partir del año 2019. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4(1), 55–61.
- Kathyayani, S., Muralidhar, M., Kumar, T., y Alavandi, S. (2019). Stress Quantification in *Penaeus vannamei* Exposed to Varying Levels of Turbidity. *Journal of Coastal Research*, 86(sp1), 177–183. <https://doi.org/10.2112/SI86-027.1>
- Kirinovic, E., Leichtfuss, A. R., Navizaga, C., Zhang, H., Schuttlefield Christus, J. D., y Baltrusaitis, J. (2017). Spectroscopic and Microscopic Identification of the Reaction Products and Intermediates during the Struvite ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$) Formation from Magnesium Oxide (MgO) and Magnesium Carbonate ($MgCO_3$) Microparticles. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 5(2), 1567–1577.
<https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.6b02327>
- Lazur, A. (2007). Growout Pond and Water Quality Management. *JIFSAN (Joint Institute for Safety and Applied Nutrition) Good Aquacultural Practices Program, University of*

Maryland, 17.

<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.627.724&rep=rep1&type=pdf>

Lizarzaburo, G. (2021, October 24). *El camarón se adentra en los cantones*. Expreso.

<https://www.expreso.ec/actualidad/economia/camaron-adentra-cantones-114271.html>

Magallón, F., Villegas, R., Clark, G., Mosqueda, J., y Moreno, B. (2006). Daily variation in short-term static toxicity of unionized ammonia in *Litopenaeus vannamei* (Boone) postlarvae. *Aquaculture Research*, 37(14), 1406–1412. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2006.01573.x>

Maicá, P., de Borba, M., y Wasielesky, W., Jr. (2012). Effect of low salinity on microbial floc composition and performance of *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles reared in a zero-water-exchange super-intensive system. *Aquaculture Research*, 43(3), 361–370. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.02838.x>

McIntosh, D., y Fitzsimmons, K. (2003). Characterization of effluent from an inland, low-salinity shrimp farm: what contribution could this water make if used for irrigation. *Aquacultural Engineering*, 27(2), 147–156. [https://doi.org/10.1016/S0144-8609\(02\)00054-7](https://doi.org/10.1016/S0144-8609(02)00054-7)

Miranda, I., Valles, J. L., Sánchez, R., y Álvarez, Z. (2010). Cultivo del camarón marino *Litopenaeus Vannamei* (Boone, 1931) En agua dulce. *Revista Científica*, 20(4), 339–346. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592010000400002&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Molina, C., Espinoza, M., y Chuya, N. (2019, July 29). *Improving the osmoregulatory capacity of Pacific white shrimp grown in low salinity*. Global Seafood Alliance. <https://www.globalseafood.org/advocate/improving-the-osmoregulatory-capacity-of-pacific-white-shrimp-grown-in-low-salinity/>

- Moura, P., Wasielesky, W., Serra, F., Braga, A., y Poersch, L. (2021). Partial seawater inclusion to improve *Litopenaeus vannamei* performance in low salinity biofloc systems. *Aquaculture* , 531, 735905. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735905>
- Nunes, A., y Velásquez, C. (2001, June 1). *Low-salinity, inland shrimp culture in Brazil and Ecuador*. Global Seafood Alliance. <https://www.globalseafood.org/advocate/low-salinity-inland-shrimp-culture-in-brazil-and-ecuador/>
- Oberle, M., Salomon, S., Ehrmaier, B., Richter, P., Lebert, M., y Strauch, S. (2019). Diurnal stratification of oxygen in shallow aquaculture ponds in central Europe and recommendations for optimal aeration. *Aquaculture* , 501, 482–487. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.12.005>
- Palacios, N. (2016). *Estudio de factibilidad para producir camarón de la especie Litopenaeus vannamei bajo un sistema de producción semi-intensivo en Ecuador* [Ingeniero en Administración de Agronegocios, Zamorano, Honduras]. <http://hdl.handle.net/11036/5812>
- Prapaiwong, N. (2011). *Water Quality in Inland Ponds for Low-Salinity Culture of Pacific White Shrimp Litopenaeus vannamei* [Doctor of Philosophy , Auburn University]. <http://dx.doi.org/>
- Prapaiwong, N., y Boyd, C. (2012). Effects of major water quality variables on shrimp production in inland, low-salinity ponds in Alabama. *Journal of the World Aquaculture Society*, 43(3), 349–361. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2012.00572.x>
- Quimis, K., Rodríguez, H., y Álvarez, M. (2019). *Calidad de agua en un sistema intensivo de cultivo de camarón blanco Penaeus vannamei en condiciones de baja salinidad* [Ingeniero en acuicultura, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/51424>
- Quiñonez, W., Quiroz, G., y Leal, H. (2010). Cultivo intensivo de camarón blanco

- Litopenaeus vannamei (boone) en agua de pozo de baja salinidad como alternativa acuícola para zonas de alta marginación. *Ra Ximhai: Revista Científica de Sociedad, Cultura Y Desarrollo Sostenible*, 6(1), 1–8. http://uaim.edu.mx/webraximhai/Ej-16articulosPDF/01%20Camaron_blanco.pdf
- Ramírez, J., Frías, M., Fierro, J., Alarcón, S., Fregoso, M., y Páez, F. (2017). Acute toxicity of nitrite on white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles in low-salinity water. *Aquaculture Research*, 48(5), 2337–2343. <https://doi.org/10.1111/are.13069>
- Romano, N., y Zeng, C. (2013). Toxic Effects of Ammonia, Nitrite, and Nitrate to Decapod Crustaceans: A Review on Factors Influencing their Toxicity, Physiological Consequences, and Coping Mechanisms. *Reviews in Fisheries Science*, 21(1), 1–21. <https://doi.org/10.1080/10641262.2012.753404>
- Roy, L. A., Davis, D. A., Saoud, I. P., Boyd, C. A., Pine, H. J., y Boyd, C. E. (2010). Shrimp culture in inland low salinity waters. *Reviews in Aquaculture*, 2(4), 191–208. <https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2010.01036.x>
- Roy, L. A., Davis, D. A., Saoud, I. P., y Henry, R. P. (2007). Effects of varying levels of aqueous potassium and magnesium on survival, growth, and respiration of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity waters. *Aquaculture*, 262(2-4), 461–469. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.10.011>
- Salinas, M., Machado, M., Quiroz, O., Romero, J., Navas, N., y Dimas, V. (2020). Comparación del crecimiento del camarón blanco en dos condiciones de estudio, salinidad óptima y salinidad cercana a cero. *Ciencia e Interculturalidad*, 26(01), 132–147. <https://doi.org/10.5377/rci.v26i01.9890>
- Valencia, G., Frías, M., Vanegas, R., Pérez, J., Chávez, M., y Páez, F. (2018). Acute Toxicity of Ammonia, Nitrite and Nitrate to Shrimp *Litopenaeus vannamei* Postlarvae in Low-Salinity Water. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 101(2), 229–

234. <https://doi.org/10.1007/s00128-018-2355-z>

Valle, C. (2020). *Evaluación de dos concentraciones de salinidad para la producción del camarón blanco (Litopenaeus vannamei) en piscinas de agua dulce, cantón Arenillas, provincia de El Oro* (L. Cobo (ed.)) [Ingeniero agropecuario, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/15500/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-173.pdf>

Van Wyk, P., y Scarpa, J. (1999). Water quality requirements and management. *Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems*, 13, 128–138. <http://dx.doi.org/>

Venkateswarlu, V., Seshaiyah, P., y Arun, P: Behra, P. (2019). A study on water quality parameters in shrimp *L. vannamei* semi-intensive grow out culture farms in coastal districts of Andhra Pradesh, India. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 7(4), 394–399.

<https://www.fisheriesjournal.com/archives/2019/vol7issue4/PartF/7-4-64-509.pdf>

Vinatea, L. (2003). *Princípios químicos de qualidade da água em aquíicultura : uma revisão para peixes e camarões* (Vol. 2). Ed. da UFSC.

<https://www.worldcat.org/title/principios-quimicos-de-qualidade-da-agua-em-aquicultura-uma-revisao-para-peixes-e-camaroes/oclc/50825977>

XiaoZhu, ZhuoJia, YuCheng, y GuoLiang. (2009). Common species composition, quantity variation and dominant species of planktonic microalgae in low salinity culture ponds. *South China Fisheries Science*, 5(1), 9–16.

<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20113011415>

Zacarias, S., Schweitzer, R., Arantes, R., Galasso, H., Pinheiro, I., Espirito Santo, C., y Vinatea, L. (2019). Effect of different concentrations of potassium and magnesium on performance of *Litopenaeus vannamei* postlarvae reared in low-salinity water and a biofloc system. *Journal of Applied Aquaculture*, 31(1), 85–96.

<https://doi.org/10.1080/10454438.2018.1536009>

Zhang, K., Pan, L., Chen, W., y Wang, C. (2017). Effect of using sodium bicarbonate to adjust the pH to different levels on water quality, the growth and the immune response of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in zero-water exchange biofloc-based culture tanks. *Aquaculture Research*, 48(3), 1194–1208. <https://doi.org/10.1111/are.12961>