



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA

“COMPENSACIÓN IÓNICA DEL AGUA A BAJA SALINIDAD Y SU IMPACTO
EN EL DESARROLLO LARVARIO DEL CAMARÓN *Litopenaeus vannamei*.”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

AUTOR:

RODRÍGUEZ APOLINARIO PEDRO ERNESTO

TUTOR:

Blga. DENNIS TOMALÁ SOLANO, M. Sc

LA LIBERTAD - ECUADOR

2024

UNIVERSIDAD ESTATAL

PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA

“COMPENSACIÓN IÓNICA DEL AGUA A BAJA SALINIDAD Y SU IMPACTO
EN EL DESARROLLO LARVARIO DEL CAMARÓN *Litopenaeus vannamei*.”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

AUTOR:

RODRÍGUEZ APOLINARIO PEDRO ERNESTO

TUTOR:

Blga. DENNIS TOMALÁ SOLANO, M. Sc

LA LIBERTAD - ECUADOR

2024

UPSE

DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Integración Curricular, **“COMPENSACIÓN IÓNICA DEL AGUA A BAJA SALINIDAD Y SU IMPACTO EN EL DESARROLLO LARVARIO DEL CAMARÓN *Litopenaeus vannamei*”**, elaborado por **RODRÍGUEZ APOLINARIO PEDRO ERNESTO**, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo/a, me permito declarar que luego de haber dirigido su desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, apruebo en todas sus partes, encontrándose apto para la evaluación del docente especialista.

Atentamente

A handwritten signature in blue ink, reading "Tomalá Solano Dennis", is written over a horizontal line.

Blga. TOMALÁ SOLANO DENNIS, M. Sc.

DOCENTE TUTOR

C.I. 0922584982

DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular “COMPENSACIÓN IÓNICA DEL AGUA A BAJA SALINIDAD Y SU IMPACTO EN EL DESARROLLO LARVARIO DEL CAMARÓN *Litopenaeus vannamei*”, elaborado por **RODRÍGUEZ APOLINARIO PEDRO ERNESTO** estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber evaluado el desarrollo y estructura final del trabajo, éste cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, declaro que se encuentra apto para su sustentación.

Atentamente

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Carlos Andrade Ruiz', is written over a horizontal line.

Blgo. Carlos Andrade Ruiz, M. Sc.

DOCENTE DE ÁREA

C.I.: 0910798750

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado principalmente a Dios, por haberme permitido llegar hasta aquí, también para mis padres, que siempre estuvieron apoyándome y alentándome para seguir adelante. Y por supuesto a los docentes de la facultad, que día a día compartían sus enseñanzas para lograr llegar a la meta.

Este logro se lo dedico especialmente a mi familia, mi hija Damaris y mi comprometida, quienes formaron parte de este proceso, alentándome y siendo mi motor para nunca rendirme.

Pedro Rodríguez Apolinario

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a Dios, por brindarme sabiduría y permitirme llegar a culminar mi trabajo de titulación.

A mis padres, especialmente a José Rodríguez mi padre, quien a pesar de las adversidades se esforzó para poder lograr alcanzar mis metas.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena, por abrirme sus puertas y permitir formarme como un profesional, sus docentes quienes fueron pilares fundamentales enseñándome sus conocimientos y experiencias.

A la Blga. Dennis Tomalá Solano por estar guiándome en el proceso de titulación, por su paciencia y enseñanzas dentro de esta investigación.

También agradezco al personal que conforma el equipo Alpilab, por brindarme su apoyo durante todo el proceso investigativo de este trabajo.

Finalmente quiero agradecer a mi familia, Diana Laínez y Damaris Rodríguez, quienes me alentaron y supieron comprenderme, por su apoyo incondicional, y a pesar de todo siempre se mantuvieron conmigo durante toda mi etapa universitaria.

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **Rodríguez Apolinario Pedro Ernesto** como requisito parcial para la obtención del grado de Biólogo/a de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 15 de Julio del 2024



Ing. Jimmy Villón Moreno, M. Sc.
DIRECTOR/A DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Blgo. Carlos Andrade Ruiz, M. Sc.
PROFESOR DE ÁREA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Blga. Dennis Tomalá Solano, M. Sc.
DOCENTE TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Blgo. Richard Duque Marín, M. Sc.
DOCENTE GUÍA DE LA UIC II
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Lcdo. Pascual Roca Silvestre, Mgtr.
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN EXPRESA

Yo, **Rodríguez Apolinario Pedro Ernesto**, me hago responsable por las ideas, datos, investigaciones y resultados que se presentan en esta tesis.

Por medio de la presente declaración cedo los derechos de autoría y propiedad intelectual de este trabajo de integración curricular a la UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA (UPSE), según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, reglamento y normativa institucional vigente.



Rodríguez Apolinario Pedro Ernesto

C.I. 2400009524

INDICE

1. CAPÍTULO I.....	3
1.1. INTRODUCCIÓN	3
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.3. JUSTIFICACION.....	7
1.4. OBJETIVOS.....	9
1.4.2. Objetivos específicos	9
1.5. HIPÓTESIS.....	10
2. CAPITULO II.....	11
2.1. MARCO TEÓRICO	11
2.1.1. Historia del camarón en Ecuador	11
2.1.2. Calidad de agua en la acuicultura.....	12
2.1.3. Balance iónico en <i>L. vannamei</i>	13
2.1.4. Importancia de los minerales (Perfil iónico) en el camarón <i>L. vannamei</i>	13
2.1.5. Etapas larvarias del camarón <i>Litopenaeus vannamei</i>	15
3. CAPITULO III	17
3.1. MARCO METODOLÓGICO.....	17
3.1.1. Área de estudio.....	17
3.1.2. Fase de campo	18
3.1.3. Análisis de agua a baja salinidad por fotometría	19
3.1.4. Determinación de iones (Mg, K, Ca, CaCO ₃)	20
3.1.5. Compensación de iones	22

3.1.6.	Análisis del agua (Iones) y fases larvarias	22
3.1.7.	Observaciones microscópicas y macroscópicas de las larvas de camarón ...	23
3.1.8.	Parámetros fisicoquímicos	25
3.1.9.	Método de estimación de población	26
3.1.10.	Análisis de datos	26
4.	CAPITULO IV	28
4.1.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	28
5.	DISCUSIÓN	72
6.	CONCLUSIONES	77
7.	RECOMENDACIONES	78
	BIBLIOGRAFÍA	79
	ANEXOS	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del laboratorio Alpilab - Monteverde (Google Earth, 2023).....	17
Figura 2 Cantidad de iones (mg/L) en agua de mar: sin tratamiento, tratada y valores establecidos	30
Figura 3 Valores de Ion calcio en los tanques de producción con variación de salinidad.....	35
Figura 4 Valores de Ion calcio en el tanque 6 de producción a salinidad de 31mg/L.....	37
Figura 5 Valores de Ion magnesio en los tanques de producción con variación de salinidad....	39
Figura 6 Valores de Ion magnesio en el tanque 6 de producción a salinidad de 31mg/L.....	41
Figura 7 Valores de Ion potasio en el tanque de producción con variación de salinidad.....	42
Figura 8 Valores de Ion potasio en el tanque 6 de producción con salinidad de 31mg/L.....	44
Figura 9 Valores de alcalinidad en los tanques de producción con variación de salinidad.....	45
Figura 10 Valores de alcalinidad en el tanque 6 de producción con salinidad de 31mg/L.....	47
Figura 11 Supervivencia de larvas de camarón durante 3 estadios dentro de los ciclos de producción.....	60
Figura 12 Número de postlarvas por gramos de los tanques evaluados	62
Figura 13 Longitud de postlarvas.....	63
Figura 14 Pesos de postlarvas de camarón.....	64
Figura 15 Correlación entre ion calcio y supervivencia de los organismos.....	65
Figura 16 Correlación entre ion calcio y longitud de los organismos.....	66
Figura 17 Correlación de la variable magnesio y supervivencia	67
Figura 18 Correlación del ion magnesio y longitud de larvas de camarón obtenidas	68
Figura 19 Correlación del ion potasio y la supervivencia de las larvas de camarón.....	69
Figura 20 Correlación del ion potasio y la longitud larvaria del camarón.....	70
Figura 21 Medidas de tendencia central del porcentaje de supervivencia y las muestras determinadas.....	70

Figura 22 Medidas de tendencia central de los tipos de tratamientos y la longitud de las poblaciones de larvas de camarón en estadio PL10	71
--	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Iones relacionados a la salinidad del agua de mar.....	21
Tabla 2 Rangos de alcalinidad	21
Tabla 3 Análisis por fotometría del perfil iónico y análisis larvario de <i>L. vannamei</i>	23
Tabla 4 Observaciones microscópicas del organismo en estudio.	24
Tabla 5 Observaciones macroscópicas del organismo en estudio.....	25
Tabla 6 Iones en agua de mar, según los tratamientos establecidos (Tm sin tratamiento, Tc con tratamiento, valor establecido).....	28
Tabla 7 Compensación realizada a inicios de cada ciclo de producción	31
Tabla 8 Valores de minerales medidos en los tanques de producción sujetos a experimentación y testigo en los dos ciclos de producción.....	32
Tabla 9 Valores de referencias del perfil iónico	33
Tabla 10 Compensación del ion calcio en los tanques de producción durante los 2 ciclos de producción evaluados	36
Tabla 11 Compensación del ion Magnesio realizada en los dos ciclos de producción.....	40
Tabla 12 Compensación del ion potasio realizado en los ciclos de producción evaluados.....	43
Tabla 13 Compensación de alcalinidad realizada en los ciclos de producción evaluados.....	46
Tabla 14 Observaciones microscópicas y criterios de calidad larvaria del tanque 1 con tratamiento.....	48
Tabla 15 Observaciones macroscópicas y criterios de calidad larvaria del tanque 1 con tratamiento.....	49
Tabla 16 Observaciones microscópicas y criterios de calidad larvaria del tanque 11 con tratamiento.....	50
Tabla 17 Observaciones macroscópicas y criterios de calidad larvaria del tanque 11 con tratamiento.....	51

Tabla 18 Observaciones microscópicas y criterios de calidad larvaria del tanque 6, tanque testigo sin tratamiento.....	52
Tabla 19 Observaciones macroscópicas y criterios de calidad larvaria del tanque 6 sin tratamiento.....	53
Tabla 20 Observaciones microscópicas y criterios de calidad larvaria del tanque 1, tanque con tratamiento.....	54
Tabla 21 Observaciones macroscópicas y criterios de calidad larvaria del tanque 1, tanque con tratamiento.....	55
Tabla 22 Observaciones microscópicas y criterios de calidad larvaria del tanque 11, tanque con tratamiento.....	56
Tabla 23 Observaciones macroscópicas y criterios de calidad larvaria del tanque 11, tanque con tratamiento.....	57
Tabla 24 Observaciones microscópicas y criterios de calidad larvaria del tanque 6, tanque sin tratamiento.....	58
Tabla 25 Observaciones macroscópicas y criterios de calidad larvaria del tanque 6, tanque sin tratamiento.....	59
Tabla 26 Porcentaje de supervivencia de los estadios larvarios de <i>L. vannamei</i>	60
Tabla 27 Postlarvas/gramo de las larvas de camarón en ambos ciclos de producción evaluados	61
Tabla 28 Peso y talla final de postlarvas de camarón <i>L. vannamei</i>	62
Tabla 29 Parámetros tomados en ambos ciclos de producción.....	64

GLOSARIO

Balance iónico: Se refiere al equilibrio estable de ciertos minerales permitiendo una relación compleja.

Necrosis: Se trata de la pérdida o degeneración de tejidos, esto se da a causa de la muerte de células dentro de ella.

Mortalidad: Número de muertes dentro de una población.

Muda: Capacidad de cambiar o modificar su cuerpo según sus necesidades.

Fotometría: Es una técnica que analiza y detecta de manera confiable las moléculas presentes en una muestra.

Estrés osmótico: Se produce al pasar de agua a otro cuerpo de agua con diferentes componentes de sales, se altera la presión osmótica.

Presión osmótica: Se refiere a la fuerza aplicada sobre soluciones, esto se da cuando se retiene el flujo de disolvente a través de membranas semipermeables.

ABREVIATURAS

Ca = Calcio

Mg = Magnesio

K = Potasio

Na = Sodio

Z3 = Zoea 3

M3 = Mysis 3

Pl = Postlarvas

mg/L = miligramos/litro

ppm = gramos por tonelada

TT = Tanque testigo

mm = miligramos

Pl/g = Postlarvas por gramo

Tm = Tanque sin tratamiento (Reservorio)

Tc = Tanque tratado (Reservorio)

RESUMEN

La calidad de agua es un factor importante para el cultivo de *L. vannamei*, principalmente, en la regulación de iones calcio, magnesio, potasio y alcalinidad, que favorezcan la productividad. En sistemas acuícolas, el desbalance iónico es uno de los problemas que afectan la muda, crecimiento y supervivencia del camarón. El objetivo del estudio consistió en analizar el desbalance iónico en aguas a baja salinidad, compensando los iones con minerales comerciales. Se utilizaron dos unidades experimentales (T1-T11) de 15 mg/L y un control (T6) de 31 mg/L de salinidad, determinando el perfil iónico del agua por fotometría durante dos ciclos de producción evaluados en 4 estadios larvarios. Diariamente, se realizó la compensación iónica de calcio, magnesio, potasio y alcalinidad en los tanques de experimentación. Los resultados demostraron disminución, en el ion calcio (Ca^{+2}) afectando al desarrollo larvario del camarón. En los ciclos A y B, las postlarvas (PL 10) alcanzaron un promedio de 9 mm de longitud total, con una diferencia de peso de 7 mg en el ciclo A y 4 mg en el ciclo B. En el tanque control se registró una longitud de 7 mm y un peso promedio de 4.2 mg en ambos ciclos. Los niveles de Potasio y magnesio se mantuvieron estables con valores mayores al factor de 1% de salinidad ($\text{Mg}^{2+} = 39.1$ mg/L y $\text{K}^{+} = 10.7$ mg/L). La supervivencia obtenida corresponde a: T1 = 87%, T11 = 92% y T6 = 67% en el ciclo A; mientras que, en el ciclo B: T1 = 82%, T11 = 81% y T6 = 77%. Estos resultados demuestran que la compensación iónica en sistema de cultivo beneficia el crecimiento y supervivencia del camarón.

Palabras claves: Balance iónico, compensación, ciclo, supervivencia, salinidad, *L. vannamei*.

ABSTRACT

Water quality is an important factor for the cultivation of *L. vannamei*, mainly in the regulation of calcium, magnesium, potassium and alkalinity ions, which favor productivity. In aquaculture systems, ionic imbalance is one of the problems that affect the molting, growth and survival of shrimp. The objective of the study was to analyze the ionic imbalance in waters at low salinity, compensating the ions with commercial minerals. Two experimental units (T1-T11) of 15 mg/L and a control (T6) of 31 mg/L salinity were used, determining the ionic profile of the water by photometry during two production cycles evaluated in 4 larval stages. Ionic compensation of calcium, magnesium, potassium and alkalinity was carried out daily in the experiment tanks. The results showed a decrease in the calcium ion (Ca^{+2}) affecting the larval development of the shrimp. In cycles A and B, the postlarvae (PL 10) reached an average of 9 mm in total length, with a weight difference of 7 mg in cycle A and 4 mg in cycle B. In the control tank, a length of 7 mm and an average weight of 4.2 mg in both cycles. Potassium and magnesium levels remained stable with values greater than the 1‰ salinity factor ($\text{Mg}^{2+} = 39.1 \text{ mg/L}$ and $\text{K}^{+} = 10.7 \text{ mg/L}$). The survival obtained corresponds to: T1 = 87%, T11 = 92% and T6 = 67% in cycle A; while, in cycle B: T1 = 82%, T11 = 81% and T6 = 77%. These results demonstrate that ionic compensation in the culture system benefits the growth and survival of shrimp.

Keywords: Ionic balance, compensation, cycle, survival, salinity, *L. vannamei*.

1. CAPÍTULO I

1.1.INTRODUCCIÓN

En Ecuador más del 90% de la acuicultura corresponde al cultivo del camarón blanco, *Litopennaeus vannamei*, debido a la efectividad y buena productividad en el manejo de actividades que se realizan en sistemas de producción. Además, constituye una de las principales fuentes de ingresos económicos en el país (Crespin et al., 2021). Por su parte, Calero (2019) manifiesta que la acuicultura dentro del país es importante debido a que es fuente generadora de empleos, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de población dedicada a esta actividad.

Para el cultivo de camarón es necesario mantener condiciones adecuadas en la calidad de agua; y que ésta reúna la cantidad suficiente de iones en el medio. Entre los factores que determinan la calidad del agua se mencionan parámetros físicos, químicos, biológicos y tecnológicos, los cuales deben mantenerse dentro de los rangos aceptables para el buen crecimiento y desarrollo de los recursos hidrobiológicos, caso contrario, la población en cultivo podría tener bajo crecimiento, proliferación de patógenos, mortalidad masiva y baja calidad del producto final (Gutiérrez, 2014).

Por su parte, *L. vannamei* es un crustáceo que criado en cautiverio depende de muchos factores para sobrevivir, entre estos es el mantenimiento del equilibrio iónico en el sistema de cultivo. El agua de mar cuenta con una capacidad iónica estable para que el organismo realice el proceso osmorregulador de manera correcta (Lizárraga et al., 2017).

El agua de mar cuenta con distintos iones, pero los más importantes y relevantes para el desarrollo del camarón son: Calcio (Ca^{+2}), Magnesio (Mg^{+2}), Potasio (K^+), y sodio (Na^+). Cada uno de estos elementos cumplen una función importante en su desarrollo, y más que todo en una etapa larvaria (Espinoza et al., 2012). La concentración de estos iones puede variar debido a varios factores, como la temperatura del agua, la salinidad y la actividad biológica que se ejerce en el sistema de cultivo. En una producción con agua a baja salinidad los iones tienden a descompensarse, debido a la disociación de iones cationes y aniones disueltos.

Para realizar un adecuado balance iónico en aguas a bajas salinidades es necesario conocer el punto osmótico del camarón en cultivo. Según Vinatea (2006), *L. vannamei* cuenta con un punto osmótico alrededor de 23.7 ‰ “Salinidad de la hemolinfa” de esta manera cultivar esta especie en aguas a bajas salinidades equivale a someterlo a un proceso de condición hipotónica, es decir, el organismo hará mucho esfuerzo para mantener una osmorregulación estable, llegando así a ocasionarles estrés y en ocasiones una mortalidad masiva.

Ante esta situación, es necesario determinar la cantidad de iones presentes en el agua a través del uso de técnicas de fotometría analítica y tomar medidas adecuadas para mantener el equilibrio iónico en el cuerpo de agua, que favorecerá las condiciones de osmorregulación de animales acuáticos, de esta manera se pretende alcanzar los mayores niveles de eficacia en la producción larvaria.

1.2.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La producción del camarón es una actividad realizada en medios acuáticos en sus diferentes etapas, siendo organismos delicados y susceptibles a condiciones ambientales desfavorables, sobre todo en la etapa larvaria. Por otro lado, si las condiciones son óptimas en el medio de producción el organismo tendrá un incremento en la supervivencia y un mejoramiento favorable tanto en salud como en calidad.

Los laboratorios dedicados a la producción de larvas de camarón hacen uso del agua dulce, ya sea para recambios de agua, o para realizar despachos a bajas salinidades. El uso del agua dulce, puede ser un factor beneficioso para el desarrollo larvario de *L.vannamei*; siempre y cuando se incorporen los iones necesarios para el mantenimiento de la calidad de agua y para efectuar el proceso de osmorregulación en los organismos. No obstante, no todos los laboratorios toman las medidas necesarias al momento de aplicar este líquido en los tanques de producción, es por ello que, al realizar despachos a bajas salinidades el organismo puede experimentar un estrés osmótico bastante considerable, llegando a ocasionar una mortalidad masiva de la producción, probablemente se debe a que el agua dulce aplicada no cuenta con los minerales óptimos para el aseguramiento de la salud de las larvas. La insuficiencia de los iones puede ocasionar problemas en el crecimiento estable y la supervivencia del organismo.

Dentro de este contexto, el desbalance iónico afecta la calidad del agua, el desarrollo larvario del camarón, y la productividad en los sitios de cultivo de manera significativa, reduciendo los niveles de competitividad, lo cual perturbará los resultados

financieros de la empresa. Existe unas series de consecuencias que trae el mal manejo del control de calidad de agua hacen necesario desarrollar estrategias y acciones que logren reducir esta deficiencia de iones, específicamente Magnesio, Potasio, Calcio y alcalinidad.

1.3.JUSTIFICACION

Ecuador es uno de los países dedicados a la industria camaronera con mayor importancia en producción y exportación a nivel mundial, constituyendo un aporte económico significativo en el país. Es por tal motivo que, los laboratorios dedicados al proceso de larvicultura deben ofrecer un producto de calidad, siendo una etapa inicial y crítica que define la calidad final del organismo.

La calidad del agua marina se ve comprometida cuando se añade agua dulce, ya que las bajas concentraciones de iones pueden tener un impacto negativo en *L. vannamei*. En acuicultura, se utilizan diversas técnicas para evaluar la calidad del agua. Entre ellas, la fotometría destaca como una de las más eficaces, permitiendo realizar análisis profundos y de alta precisión. Mediante este método, es factible establecer protocolos que contribuyan a mejorar la calidad del agua.

El desarrollo larvario de *L. vannamei* va a depender exclusivamente de la calidad de agua y de los nutrientes que aporta, por ello, a través del análisis, se verifica el balance iónico, y de acuerdo a eso, se compensa los minerales establecidos en el estudio. En tal sentido, la importancia del balance iónico se debe a la aportación de beneficios relevantes para el normal crecimiento y supervivencia del organismo.

A través de la presente investigación se pretende evaluar la compensación iónica de agua a bajas salinidades, beneficiando al desarrollo larvario del camarón

contribuyendo de esta manera al sector acuícola en la mejora de prácticas de manejo. La información brindada en este documento servirá a futuro como punto clave para mejorar la supervivencia y calidad de larvas de camarón cultivadas a bajas salinidades.

1.4.OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la calidad del agua a baja salinidad a través de la determinación de los iones magnesio, potasio, calcio y alcalinidad estableciendo la influencia en el desarrollo larvario del camarón *Litopenaeus vannamei*.

1.4.2. Objetivos específicos

- Compensar los iones del agua a baja salinidad aplicando minerales comerciales durante dos ciclos de producción.
- Determinar la influencia de los minerales aplicados en el desarrollo larvario del camarón *Litopenaeus vannamei*.
- Comparar dos ciclos de producción larvaria de camarón blanco a través de la compensación iónica del agua de cultivo y crecimiento larvario del camarón.

1.5.HIPÓTESIS

H₁ La compensación de iones utilizando productos comerciales en agua a baja salinidad interviene positivamente en el desarrollo y supervivencia de *Litopenaeus vannamei* en su etapa larvaria.

2. CAPITULO II

2.1.MARCO TEÓRICO

2.1.1. Historia del camarón en Ecuador

Durante aproximadamente cinco décadas, Ecuador ha estado involucrado en el cultivo de camarón, lo que ha contribuido a su destacada posición como uno de los principales países con experiencia en este sector en el continente americano. En el pasado, estos cultivos se llevaban a cabo de manera clandestina en el sur del país y carecían de un respaldo científico que facilitara su desarrollo. No obstante, el aumento en la demanda del camarón blanco con el paso del tiempo condujo a la implementación de diversos protocolos y programas de mejoramiento genético (Schneider, 2020).

Debido a los avances en la producción de camarón, Ecuador emergió como el principal exportador de camarón en la década de 1980, alcanzando un desarrollo máximo en producción de camarón. En 1999 afectó el virus de la mancha blanca, comenzando desde Esmeraldas y expandiéndose por toda la costa Ecuatoriana, esta problemática evidenció afectaciones en el ámbito económico y político, llegando a una retracción de 70%, luego al superar esta crisis a finales de los 90, se comenzó a utilizar los organismos que sobrevivieron a este virus, con el fin de obtener camarones con una genética resistente, generando de esta manera cultivos y producciones con mayor supervivencia, es así que, para el año 2000, logró recuperarse en sus niveles de producción, generando ciclos productivos de calidad y aumento en sus precios, manteniendo un ámbito económico rentable (Schneider, 2020).

A partir del 2007, el sector camaronero se ha mantenido en un crecimiento del 12% anualmente, aumentando sus niveles de producción posicionándose como uno de los mejores exportadores de camarón cultivado en América (Tagle, 2021).

2.1.2. Calidad de agua en la acuicultura

En la acuicultura la calidad de agua está dada por el conjunto de propiedades físicas, químicas y como interfiere con los organismos vivos. Además, Rodríguez y Ánzola (2001), nos indican que la calidad de agua posee distintas variables, es decir cualquier característica en el agua que afecte de una u otra manera el comportamiento, reproducción, crecimiento, manejo de especies acuáticas y productividad primaria, entre otros.

En la larvicultura, lo primordial es la materia prima, en este caso el agua, es por esta razón que Ricardo (2022), indica que es necesario analizar distintos parámetros dentro de la producción para lograr controlar el desarrollo larvario de la especie.

El desarrollo larvario del camarón *Litopenaeus vannamei* se ve relacionado de manera directa con la calidad de agua y la correcta alimentación de la especie, esto incluye llevar un control estricto en los parámetros físico-químicos (Oxígeno, alcalinidad, temperatura y concentración de minerales) creando de esta manera una mayor rentabilidad y logrando exportar una larva de calidad (Ricardo, 2022).

2.1.3. Balance iónico en *L. vannamei*

Se puede definir como la cantidad suficiente de elementos principales para el correcto desarrollo y crecimiento del camarón *Litopenaeus vannamei*, como lo es el perfil iónico (Calcio, Magnesio y Potasio) además dentro de este perfil podemos añadir al mineral sodio, ya que también influye en el crecimiento del camarón, estos minerales son en relación al agua de cultivo, su unidad de medida es en mg/L (Chávez, 2021). Estos minerales influyen principalmente en la supervivencia y crecimiento del camarón, además, su principal función prevalece en la regulación osmótica y el metabolismo del organismo.

El camarón es considerado eurihalino, por lo que tiene que regular constantemente su concentración de iones respecto a la salinidad del agua donde se está desarrollando, todo esto lo realiza mediante intercambios constantes de minerales (Carvajal, 2019), todos estos procesos lo realiza el organismo de una manera efectiva si consta con un balance iónico adecuado, es por eso que tiene gran importancia en la acuicultura.

2.1.4. Importancia de los minerales (Perfil iónico) en el camarón *L. vannamei*

Sodio: Según un artículo publicado por Boyd (2008); Lucu y Towle (2003), citado por Chuya et al. (2023), indica que el sodio tiene una gran importancia para el camarón porque a nivel fisiológico este interactúa con el potasio, al interactuar estos dos minerales crean la bomba sodio-potasio, esto ayuda a proporcionar la fuerza adecuada para el movimiento de iones monovalentes a través de las branquias y otros tejidos.

Calcio: Este mineral influye de manera directa en el crecimiento del camarón, además tiene una gran importancia en la formación del nuevo exoesqueleto al momento de realizar el proceso de muda, ya que endurece el caparazón del camarón (Briceño, 2020).

Magnesio: Mineral esencial del exoesqueleto del camarón (Briceño, 2020). Es un catalizador bioquímico que se relaciona directamente con todos los procesos enzimáticos del camarón; ayuda a la digestión correcta del alimento consumido, además mejora su asimilación, también está presente para los procesos de mudas, respiración y sobre todo mejora el crecimiento del organismo (Acuimpo S.A, 2020).

Potasio: Este ion es de gran importancia para la célula del camarón, está presente en casi todos los fluidos y tejidos blandos de la especie, además es el principal catión del fluido intracelular y ayuda a la regulación de la presión osmótica intracelular del camarón (Briceño, 2020). Este mineral al igual que el sodio ocasiona un efecto estimulante sobre la irritabilidad muscular del organismo. El potasio también es utilizado por el camarón para la síntesis de glucógeno y proteínas, además ayuda a la descomposición metabólica de la glucosa. Este mineral en agua dulce es muy bajo, referenciando un valor de 2.3 mg/L mientras que en el agua de mar cuenta con 390 mg/L (Carvajal, 2017).

Alcalinidad: La alcalinidad del agua se origina principalmente por sales derivadas de ácidos débiles y bases fuertes. Estos compuestos actúan como reguladores, previniendo cambios bruscos en el pH del agua que podrían afectar a los organismos acuáticos, como los camarones (Carvajal, 2014). Una concentración de alcalinidad ideal, es capaz de neutralizar ácidos dentro del agua de cultivo. La principal forma de

alcalinidad es el bicarbonato. En el cultivo de *L. vannamei* no debe bajar de 80 mg/L, esto beneficiara al crecimiento optimo y a una buena supervivencia (Ching y Sanchez, 2007).

2.1.5. Etapas larvarias del camarón *Litopenaeus vannamei*

Etapa de nauplios: Esta etapa es la primera etapa larvaria del camarón blanco, durante esta etapa, la larva llega a mudar hasta 5 veces, esto se da aproximadamente cada 7 horas, cada muda representa un estadio diferente. En esta etapa las larvas de camarón presentan un nado rápido a cortas distancias, además son organismos atraídos por la luz, a esto se le conoce como fototropismo positivo, este comportamiento puede definir a los organismos en buen estado de salud. Son organismos con cuerpo piriforme. En esta etapa no existe alimentación exógena ya que aún no se encuentra capaz de triturar ni defecar estos alimentos (Goytortua et al., 2023).

Etapa de Protozoas: Después del Nauplio 5, sigue la etapa larval de protozoa, con tres estadios (Z-1, Z-2 y Z-3). La larva se alarga y se adapta para nadar hacia adelante, principalmente con las antenas, de manera más controlada que antes. Desarrolla maxilípedos para nadar y apéndices alimenticios para ingerir comida, lo que implica alimentación continua. Durante la alimentación, se observan contracciones intestinales y se excreta material fecal. Un tracto digestivo lleno y una respuesta positiva a la luz indican un buen estado de salud (Goytortua et al., 2023).

Etapa de mysis: La última etapa larval es la de Mysis, con tres subestadios (M-1, M-2 y M-3). En esta etapa, las larvas se parecen más a camarones juveniles, con un cuerpo ligeramente encorvado en la parte abdominal y pereiópodos más desarrollados y

funcionales, que, junto con los maxilípedos, son responsables del nado (Goytortua et al., 2023).

Etapa de postlarvas: En el último estadio, las larvas mysis experimentan una metamorfosis y se convierten en postlarvas, manteniendo temporalmente el comportamiento de nado de las mysis. Las postlarvas nadan hacia adelante usando pleópodos setosos, mientras que los pereiópodos funcionan para la alimentación y el arrastre. El camarón blanco del Pacífico pasa por 30 a 35 estadios postlarvales antes de convertirse en juveniles con características específicas de la especie, como el número de dientes rostrales, pero aún sin diferenciación sexual. La diferenciación entre estadios se basa en detalles morfológicos, como la formación de las lamelas branquiales, que cambian con el desarrollo de las postlarvas (Goytortua et al., 2023).

3. CAPITULO III

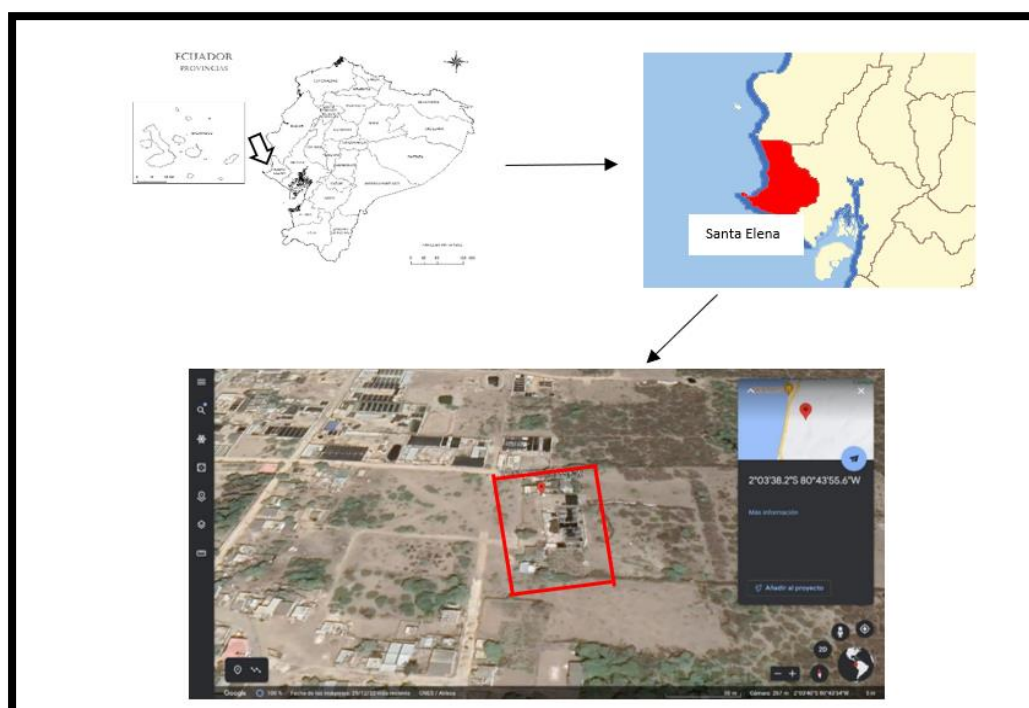
3.1.MARCO METODOLÓGICO

3.1.1. Área de estudio

La presente investigación se llevó cabo en un laboratorio de larva de camarón, ubicado en la Comuna Monteverde – Ecuador, bajo las coordenadas geográficas de $2^{\circ}03'38.2''S$ $80^{\circ}43'55.6''W$. El laboratorio cuenta con 20 tanques de producción; con una capacidad promedio de 30 toneladas (Figura 1).

Figura 1

Ubicación del laboratorio Alpilab – Monteverde, Provincia de Santa Elena.



Nota. Las imágenes han sido extraídas de Google Earth (2023)

3.1.2. Fase de campo

Para el presente estudio se utilizó 3 tanques de producción de larvas de camarón con capacidad de 30 toneladas con un nivel de agua de 25 toneladas, durante dos ciclos de producción. De los tanques elegidos, 2 fueron sometidos a tratamiento experimental, bajo la compensación de iones dado que se les realizó una disminución de salinidad, comprendida entre los 15 a 20ppt (T1 – T11), y el tercer tanque de muestreo fue seleccionado como tanque testigo o de control, que permaneció a una salinidad de 31 ppt (T6). Los muestreos y registro de datos se realizaron diariamente con la finalidad de verificar los cambios en las unidades experimentales. El estudio abarca la comparación de compensación iónica durante dos ciclos de producción.

Cada tanque de producción tiene una capacidad de siembra de 1.5 a 2 millones de larvas de camarón aproximadamente. Para la preparación de los tanques se utilizó productos comerciales para su respectiva desinfección y que aseguren una buena calidad de agua al inicio de cada ciclo productivo. La aplicación de desinfectantes se preparó en recipientes de 15 L.

Previo a la fase experimental, se realizó una desinfección completa de los tanques y tuberías del laboratorio. Para la experimentación se colectó muestras de agua durante las diferentes etapas larvarias previo y posterior a la compensación iónica. Los análisis fueron realizados por fotómetro. Se utilizó minerales comerciales para la respectiva compensación de iones del agua a baja salinidad, y se efectuó el análisis microscópico de los estadios larvarios de *L. vannamei*. Adicionalmente, se utilizó instrumentos para la medición de los parámetros físico químicos del tanque de producción.

3.1.3. Análisis de iones en agua a baja salinidad por fotometría

Los análisis del perfil iónico de las muestras de agua de las unidades de experimentación se realizaron mediante el fotómetro YSI 9300, aplicando el protocolo establecido en el manual YSI.

Para la determinación de alcalinidad, calcio, magnesio y potasio se siguió el procedimiento de acuerdo al protocolo establecido en el manual YSI (Springs, 2017).

Análisis de alcalinidad (YSI 9300)

Para el análisis de alcalinidad se colocó 10 mL de la muestra de agua en la cubeta de cuarzo con un paso de luz óptico de 10 mm, se tritura el reactivo (Tableta) y se mezcla estos componentes. Posteriormente, se procedió a programar el fotómetro, seleccionando el código Phot 2, se colocó el blanco, denominado muestra blanca o testigo. Inmediatamente, se coloca el tubo de muestra con el reactivo, y se obtiene el resultado de alcalinidad en mg/L

Análisis de Calcio (YSI 9300)

Para conocer los niveles de calcio, se colocó 10 mL de agua de muestra a analizar y se adiciona los reactivos Calcicol 1 y Calcicol 2, ambos son previamente tabletas trituradas, se logra una mezcla homogénea y se procede a analizar. Luego se programó el equipo escogiendo el código Phot 12, se le colocó el tubo blanco o testigo (sin reactivos) y posteriormente se coloca la muestra a analizar, obteniendo los niveles de calcio en mg/L

Análisis de magnesio (YSI 9300)

Para medir el magnesio, se sigue un protocolo específico que implica tomar 10 mL de la muestra a analizar y agregar una tableta de magnecol, se trituro hasta disolver y dejar reposar durante 5 minutos. Luego, se programó el fotómetro en el código phot 21 para obtener el resultado en mg/L de Mg. Se coloca el tubo testigo y después el tubo con la muestra de las unidades de experimentales.

En caso de obtener resultados fuera del rango esperado, se realizan diluciones de 100X y 1000X. Para esto, se utiliza agua desionizada (1 mL de muestra y 9 mL de agua desionizada), se obtiene la lectura en mg/L luego se multiplica por el factor de dilución (Springs, 2017).

Análisis de potasio (YSI 9300)

Para medir el potasio, se adicionó 10 mL de agua de muestra y el reactivo Potassium triturado, luego se programa el equipo en el código phot 30 y se realiza el respectivo análisis. En el caso de potasio se aprecian valores fuera de los rangos, por lo que es necesario realizar diluciones 100x y 1000 x, es así que se procede a colocar 1 ml de agua de muestra a analizar, mas 9 ml de agua desionizada, el valor obtenido en mg/L se lo multiplicará por el factor dilución llegando al resultado final (Springs, 2017).

3.1.4. Determinación de iones

Para determinar el balance iónico del agua (Mg, K, Ca, CaCO₃), se colectó muestras de los tanques en estudio, posterior a la aplicación del agua dulce, durante cada fase

larvaria, y de acuerdo a los análisis obtenidos a través del fotómetro y a lo que nos indica Boyd (2018), que por cada 1 ppt de agua de mar se obtiene un factor independiente de calcio, magnesio y potasio, es así que el balance iónico dependerá de la salinidad del agua a analizar (**Tabla 1**).

Tabla 1

Iones relacionados a la salinidad del agua de mar (Boyd, 2018)

Ion	1% de salinidad (mg/L)	Agua de mar (mg/L)
Calcio	11.6	400
Magnesio	39.1	1 350
Potasio	10.7	380

Los niveles de alcalinidad se separaron por rangos, siguiendo el protocolo señalado por Carvajal (2024) (**Tabla 2**).

Tabla 2

Rangos de alcalinidad (Carvajal, 2014)

Rango	Alcalinidad (CaCO₃) mg/L
Bajo	<75
Ideal	75 – 200
Alto	>200

3.1.5. Compensación de iones

Para efectuar la compensación de iones se utilizó la relación Magnesio-Potasio-Calcio ($3 = \text{Mg}^{2+} : 1 = \text{K}^+ : 1 = \text{Ca}^{2+}$) y $1 = \text{Na}^+$, determinada en gramos, haciendo uso de carbonato de calcio, cloruro de magnesio, cloruro de potasio y bicarbonato como minerales comerciales. Durante los primeros días de siembra se aplicó acorde a la densidad de agua del tanque y a los resultados obtenidos en los análisis, no obstante, durante todo el ciclo de producción la compensación iónica en las unidades experimentales se realizó posterior a los recambios de agua y reducción de salinidad (procesos definidos por el técnico encargado de la producción) esto permite mantener un equilibrio y evitar el desbalance iónico en el agua. Sin embargo, los días en los que se realizó el análisis se compensó acorde a los resultados obtenidos.

3.1.6. Análisis del agua (Iones) y fases larvarias

Para los respectivos análisis, se colectó muestras larvarias en bandejas previamente desinfectadas mediante el uso de vitamina C, posteriormente se realizó los respectivos análisis mediante microscopio y observación directa. Seguidamente, se colectó muestras de agua en fundas larvarias para luego ser analizadas con el equipo YSI 9300 y así verificar el estado y la calidad de agua (**Tabla 3**).

Tabla 3

Análisis por fotometría del perfil iónico y análisis larvario de L. vannamei

1	Tanque previo a la siembra	Análisis de calidad de agua en el tanque de Control, verificando así los iones y su balance con respecto a estudios realizados que demuestren la cantidad de iones presentes previo a la siembra de los organismos.
2	Zoea 3:	Análisis para verificar si el agua dulce aplicado baja los rangos de minerales óptimos para el desarrollo larvario, una vez obtenido los resultados se compensará los minerales a los tanques experimentales, la cantidad a aplicar va a depender de los resultados de los análisis.
3	Mysis 3:	Verificación de la calidad del agua, estado del organismo y su supervivencia ante los productos comerciales aplicados.
4	Postlarva 4:	Verificación de la salud que han logrado obtener los organismos ante un manejo controlado de la calidad de agua a baja salinidad.
5	Postlarva 8:	Análisis completo de la larva, verificación de la efectividad de la compensación de los nutrientes al agua a baja salinidad, datos de supervivencia, peso y talla de los organismos de los ciclos de producción.

3.1.7. Observaciones microscópicas y macroscópicas de las larvas de camarón

Para obtener datos acerca del organismo y su desarrollo se realizó observaciones macro y microscópicamente y se comparó los datos en relación a tablas certificadas (Tabla 4 y 5)

Tabla 4*Criterios de verificación de larvas de L. vannamei.*

Criterios para la observación y estimación del organismo (Observación microscópica)		
Criterios	Puntuación	Observaciones
Contenido intestinal		Diarias
Llenos (100-90%)	10	
Moderado (50-90%)	5	
Vacíos (<50%)	0	
Deformidad del organismo		Zoea, Mysis, Postlarvas
Deformidades en cola, rostro, intestino (<5%)	10	
Deformidades intermedias (5-10%)	5	
Deformidades severas (>10%)	0	
Lípidos presentes en el organismo		Zoea, Mysis, Postlarvas
Lleno (90-100%)	10	
Moderado (70-90%)	5	
Vacíos (<70%)	0	
Necrosis		Zoea, Mysis, Postlarvas
Ausencia (0%)	10	
Moderado (<15%)	5	
Severo (>15%)	0	

Nota. Para la revisión de las larvas se tomó información de los criterios de valoración según el Manual de Larvicultura de Skretting (2018).

Tabla 5

Observaciones macroscópicas del organismo en estudio

Criterios para la observación y estimación del organismo (Observación macroscópica)		
Criterios	Puntuación	Observaciones
Comportamiento de la larva		
		Diarias
Completamente activas	10	
Larvas con nado letárgico	5	
Larvas muertas	0	
Actividad natatoria		
		Diarias
Larvas con nado activo (>95%)	10	
Larvas con nado intermedio (70 - 95%)	5	
Larvas con nado en el fondo (<70%)	0	
Cantidad de alimento en el agua		
		Diarias
Cantidad de alimento mínimo (>90%)	10	
Cantidad de alimento considerable (70-90%)	5	
Cantidad de alimento masivo (<70%)	0	
Homogeneidad del estadio larval		
		Diarias
Organismos en el mismo estadio (>80%)	10	
Organismos en el mismo estadio (70-80%)	5	
Organismos en el mismo estadio (<70%)	0	
Homogeneidad de talla del organismo		
		Zoea, Mysis, Postlarvas)
Organismos con tallas homogéneas (>90%)	10	
Organismos con talla homogénea intermedia (70-90%)	5	
Organismos con problemas de homogeneidad en talla (<70%)	0	

Nota. Manual de Larvicultura de Skretting (2018) utilizado para revisión macroscópica de los organismos

3.1.8. Parámetros fisicoquímicos

Se midió parámetros fisicoquímicos registrando datos de temperatura y oxígeno disuelto con el YSI – EcoSense DO200A y pH se midió con un pHmetro digital.

3.1.9. Método de estimación de población

Método volumétrico

Para realizar el conteo de organismos en los estadios larvarios (Zoea y Mysis) se utilizó el método volumétrico determinando la densidad de organismos que existen en los tanques de producción. Para ello, se contabiliza el número de larvas y se multiplica la densidad total por el volumen total de agua en el tanque de producción (Marcillo, 2010).

Método gravimétrico

Esta técnica se utilizó para obtener datos de supervivencia en las unidades de producción, para esto, se toman muestras de 1 gramo cada una y se contabilizan las larvas presentes. Este valor se multiplica por la biomasa presente en el tanque y se conoce la cantidad de larvas presentes (Anaya, 2005).

3.1.10. Análisis de datos

La interpretación de datos obtenidos se realizó a través de la base de datos de Excel y el programa estadístico R software. Además, se realizó correlación de Pearson para determinar la relación entre los iones y la supervivencia. Para comprobar la normalidad de los datos se utilizó la prueba de Shapiro Wilk y al determinar la existencia de normalidad se aplicó el Análisis de Varianza (Anova). Se interpretó los resultados obtenidos de calidad de agua respecto al balance iónico y sus valores para verificar el estado en que se encuentra en ambos tratamientos experimentales, de la misma manera se interpretó los datos de supervivencia y crecimiento del organismo.

Correlación de Pearson

La Correlación de Pearson se basa en la medición del grado de asociación entre dos variables. Su valor puede ser entre -1 y +1 y se representa con “r”. Si el valor r es cercano a 1 o -1, significa que existe una correlación lineal positiva fuerte, si es cercano a -1, significa que existe una relación lineal negativamente fuerte, y si el valor r es igual a 0, significa que no existe una relación entre las 2 variables (Dagnino, 2014).

Prueba de normalidad Shapiro Wilk

Esta prueba estadística sirve para lograr determinar si los datos obtenidos provienen de una distribución normal. Este resultado es interpretado como “Valor p obtenido” (Blanca, 2023).

H₀: La distribución es normal

H₁: La distribución no es normal,

o más formalmente aún:

H₀: $X \sim N(\mu, \sigma^2)$

H₁: $X \not\sim N(\mu, \sigma^2)$

4. CAPITULO IV

4.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Análisis y compensación de iones en las unidades experimentales

Los perfiles iónicos determinados en el presente trabajo, dependieron de la salinidad, a inicios de cada ciclo se analizó el agua del reservorio (Tm-sin tratamiento, Tc-tratada) (Tabla 6). Tanto las muestras de agua y las larvas fueron colectadas y analizadas en diferentes estadios larvarios (Z₃, M₃, PL₄ y PL₈). De esta manera, se analizó el impacto de la compensación en el desarrollo larvario de los camarones.

Tabla 6

Iones en agua de mar, según los tratamientos establecidos (Tm sin tratamiento, Tc con tratamiento, valor establecido)

Ciclos	Experimento	Perfil	Salinidad (mg/L)	Valor [mg/L]	Valor establecido [mg/L]
A	Tanque Tm	Alcalinidad	31	130	150-200
A	Tanque Tc	Alcalinidad	31	130	150-200
A	Tanque Tm	Ca ²⁺	31	176	360
A	Tanque Tc	Ca ²⁺	31	218	360
A	Tanque Tm	Mg ²⁺	31	1400	1211
A	Tanque Tc	Mg ²⁺	31	1600	1211
A	Tanque Tm	K ⁺	31	230	332
A	Tanque Tc	K ⁺	31	440	332
B	Tanque Tm	Alcalinidad	31	145	150-200
B	Tanque Tc	Alcalinidad	31	150	150-200
B	Tanque Tm	Ca ²⁺	31	204	360
B	Tanque Tc	Ca ²⁺	31	216	360
B	Tanque Tm	Mg ²⁺	31	1840	1211
B	Tanque Tc	Mg ²⁺	31	1520	1211
B	Tanque Tm	K ⁺	31	480	332
B	Tanque Tc	K ⁺	31	440	332

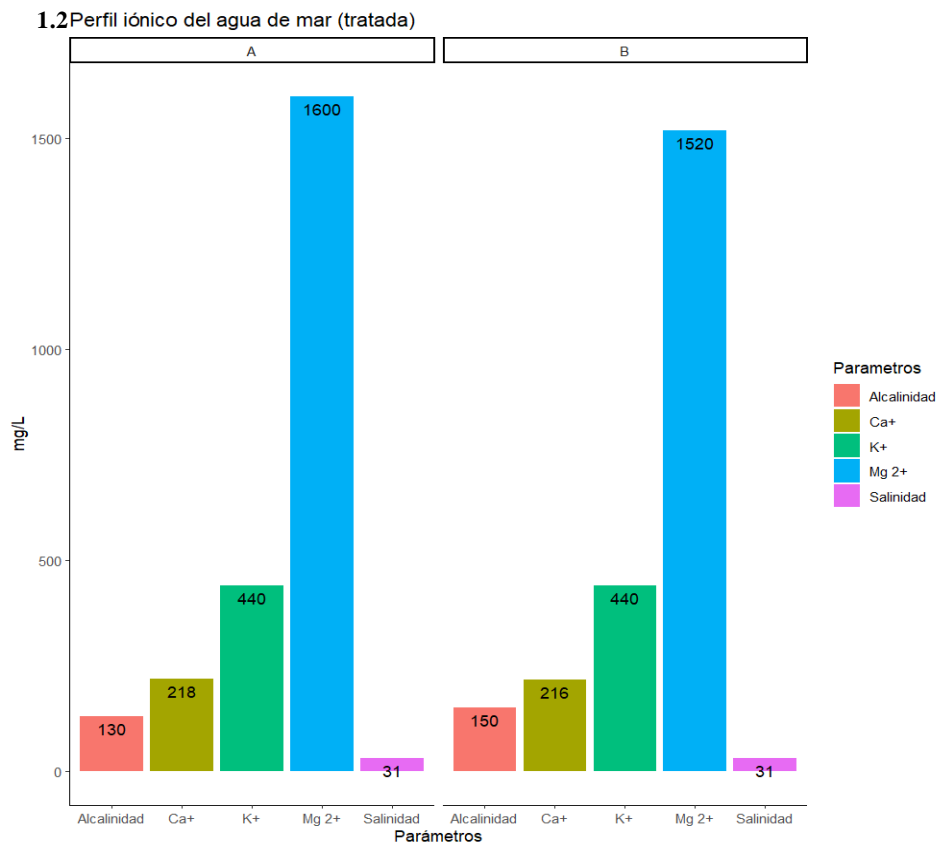
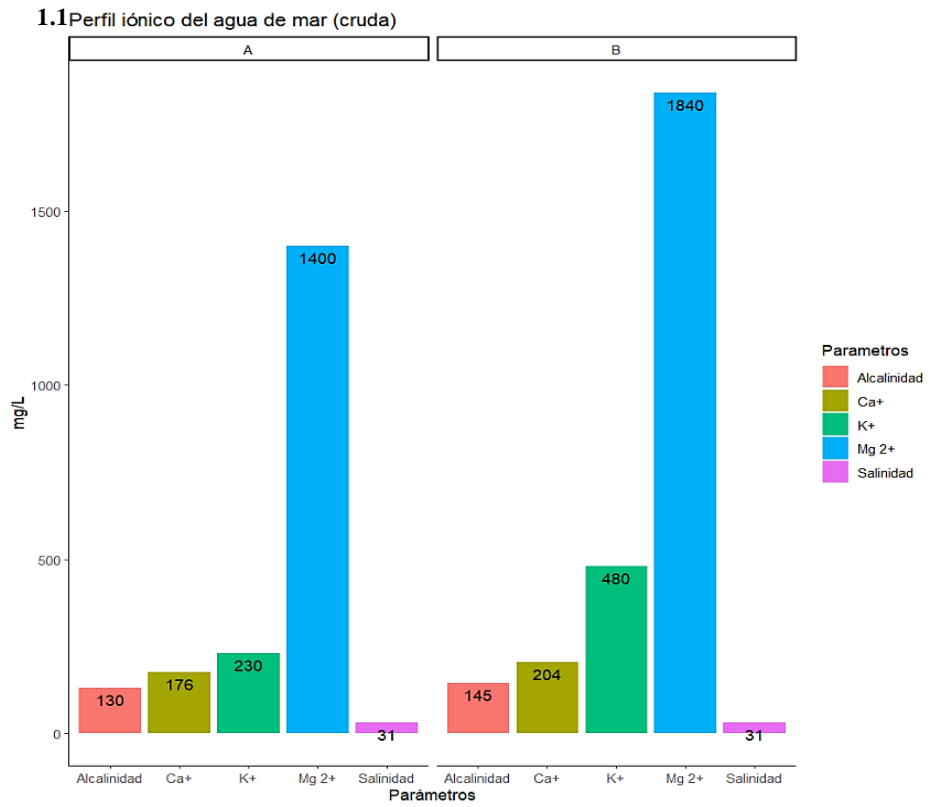
El tratamiento control del ensayo se obtuvo mediante un perfil iónico del tanque de agua de mar sin tratamiento referente al tanque Tm (Tm.ST). No obstante, se determinó que el nivel de alcalinidad se encontraba dentro del rango ideal. Asimismo, se enfatiza déficit en la concentración de iones de Ca^{2+} en los ciclos A = 176 mg/L y B = 204 mg/L debido a que es menor al valor establecido (360 mg/L) para su salinidad de 31 mg/L. En consecuencia, esto afecta la muda de los crustáceos. Por consiguiente, la concentración de potasio del ciclo A con un valor de 230 mg/L fue menor al valor registrado en la literatura (332 mg/L), mientras que el resultado del ciclo B con 480 mg/L superaba el rango determinado. Por otro lado, el Magnesio con valores en los ciclos A = 1400 mg/L y B = 1840 mg/L cumplían con los rangos ideales. En cambio, los niveles de alcalinidad alcanzaron un nivel ideal en las repeticiones A = 130 mg/L y B = 145 mg/L. Por ello, debido al déficit de nutrientes en la muestra se continuó con la compensación del agua de mar (Figura 2_{1.1}).

La **Figura 2_{1.2}** referente al agua tratada no demostró deficiencias de niveles de iones de potasio en los ciclos A = 440 mg/L y B = 440 mg/L y magnesio con valores de A = 1600 mg/L y B = 1840 mg/L, incrementando aproximadamente un 30%. Así mismo, se registró que el valor de Calcio incrementó 11 % en los ciclos A = 218 mg/L y B = 216 mg/L, debido al suministro de carbonato de calcio (3 ppm). La alcalinidad se mantuvo en un rango ideal para el desarrollo del camarón en el ciclo B con un nivel de 150 mg/L, sin embargo, el ciclo A demostró una pequeña deficiencia con respecto a los valores establecidos llegando a un nivel de 130 mg/L.

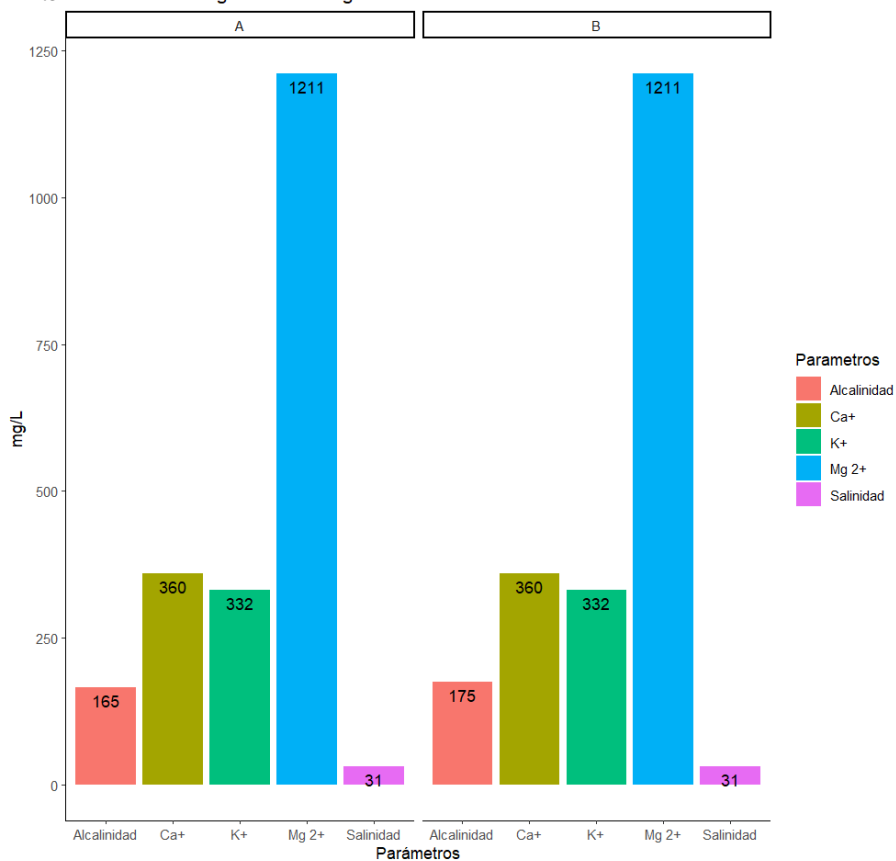
Se destaca, que a pesar de las compensaciones los niveles de calcio no alcanzaron el valor ideal, sin embargo, los demás minerales alcanzaron los niveles ideales requeridos (Figura 2_{1.3}).

Figura 2

Cantidad de iones (mg/L) en agua de mar: sin tratamiento, tratada y valores establecidos



1.3 Perfil iónico del agua de mar según valores establecidos



Para las respectivas compensaciones durante cada ciclo de producción se aplicaron minerales comerciales, carbonato de calcio, cloruro de potasio, magnesio y bicarbonato de sodio para la alcalinidad, definiendo la cantidad en g con ayuda del técnico a cargo del laboratorio. La cantidad aplicada fue en ppm (gramos por toneladas)

Las cantidades utilizadas para las respectivas compensaciones iniciales acorde a los análisis realizados se presentan en la Tabla 7

Tabla 7

Compensación realizada a inicios de cada ciclo de producción

Ciclos	Salinidad	Alcalinidad (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	K (ppm)
Abril (A)	31	0,5	3	1	3
Mayo (B)	31	1	3	N/A	N/A

Perfil iónico en los tanques de producción durante un ciclo de producción

Una vez obtenido un balance iónico estable, se procedió a la siembra de los nauplios en los tanques de producción. En esta etapa se realizaron 4 análisis de agua en los 3 tanques de prueba dentro del laboratorio de larvas, tomando en cuenta los estadios de Zoea a Mysis, cada 3 días, ya que son etapas en la que el organismo se vuelve más susceptible a distintos problemas, sobre todo los relacionados a la calidad de agua para desarrollarse hasta postlarvas. A continuación, se realizó los respectivos análisis verificando que los iones no tengan deficiencias elevadas, en relación a la cantidad de minerales comerciales aplicados.

Los iones y alcalinidad se midieron en 2 tanques de experimentación (T1-T11) y un tanque testigo (T6) (Tabla 8).

Tabla 8

Valores de minerales medidos en los tanques de producción sujetos a experimentación y testigo en los dos ciclos de producción.

	Tanque	Estadio	Calcio (mg/L)	Magnesio (mg/L)	Potasio mg/L	Alcalinidad (mg/L)	Salinidad (mg/L)
Ciclo A	T1	Z3	225	1800	360	175	25
		M3	40	1280	336	210	20
		PL4	150	1280	328	215	15
		PL8	155	680	148	250	15
	T11	Z3	200	2000	420	155	25
		M3	157	1440	344	175	20
		PL4	163	1240	336	215	15
		PL8	134	1800	400	240	15
	T6 (Control)	Z3	129	2000	400	180	31
		M3	175	2000	480	165	31
		PL4	159	2000	420	210	31
		PL8	157	1600	420	220	31
T1	Z3	124	1440	420	180	27	
	M3	151	1120	320	175	22	
	PL4	149	1017	380	200	15	

Ciclo B	T11	PL8	158	950	200	210	15
		Z3	140	1600	440	185	27
		M3	150	1040	320	180	22
		PL4	150	920	304	200	15
		PL8	144	690	240	220	15
	T6 (Control)	Z3	147	1640	400	175	31
		M3	146	1160	400	180	31
		PL4	165	1200	360	215	31
		PL8	157	1160	350	240	31

En la tabla 9 se muestran los valores establecidos de acuerdo a la salinidad encontrada en los tanques de producción.

Tabla 9

Valores de referencias del perfil iónico

		Valores establecidos							
Tanque	Estadio	Calcio (mg/L)	Magnesio (mg/L)	Potasio (mg/L)	Alcalinidad (mg/L)	Salinidad (mg/L)			
Ciclo A	T1-T11	Z3	290	978	268	200	25		
		M3	232	782	214	200	20		
		PL4	174	587	161	200	15		
		PL8	174	587	161	200	15		
	T6	Z3	360	1212	332	200	31		
		M3	360	1212	332	200	31		
		PL4	360	1212	332	200	31		
		PL8	360	1212	332	200	31		
		Ciclo B	T1-T11	Z3	313	1056	289	200	27
				M3	255	860	235	200	22
PL4	174			587	161	200	15		
PL8	174			587	161	200	15		
T6	Z3		360	1212	332	200	31		
	M3		360	1212	332	200	31		
	PL4		360	1212	332	200	31		
	PL8		360	1212	332	200	31		

- **Ion calcio**

Se evaluaron los tanques de producción sometidos a compensación iónica durante todo el ciclo de producción en periodos ya antes mencionados. Los valores de calcio obtenidos en los camarones de estadio Z₃ indican que el ciclo A presentó valores mayores en los tanques 1 y 11, y para el ciclo B mostró una deficiencia mayor al primer ciclo de producción. Sin embargo, en el ciclo A con una salinidad de 25 mg/L se cuenta con el valor de referencia de calcio de 290 mg/L; mientras que, para el ciclo B a una salinidad de 27 mg/L, el valor referencial de Calcio es 313 mg/L, el rango ideal no se alcanzó en ninguna repetición.

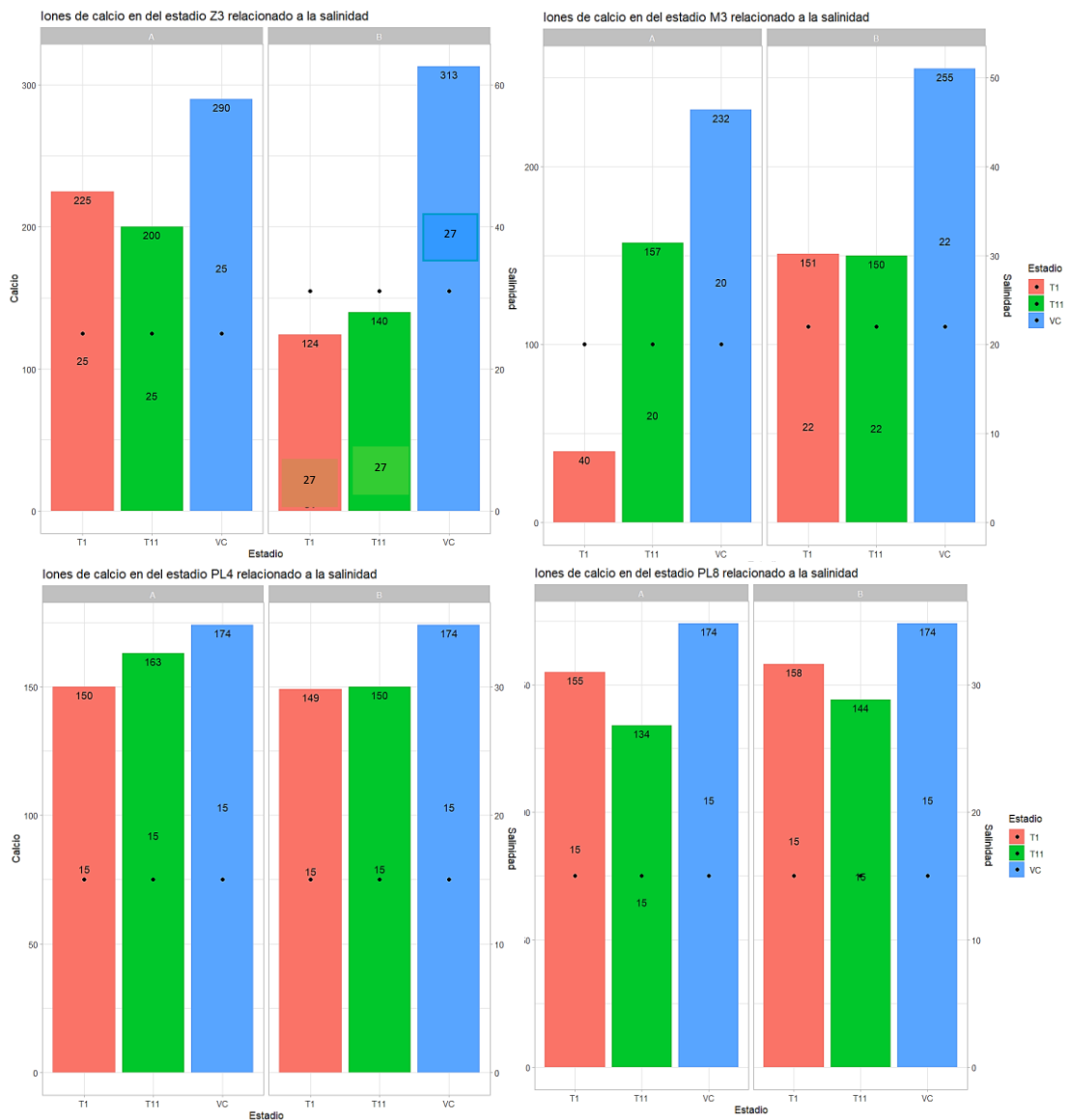
Los análisis correspondientes al estadio M₃ reflejan que el nivel de calcio del agua de los tanques con tratamiento fue de 157 mg/L en el tanque 11 y en el tanque 1 fue de 40 mg/L durante el ciclo A y en el ciclo B fue de 151 mg/L en el tanque 1; y 150 mg/L en el tanque 11. No obstante, no se alcanzó los niveles de calcio para la salinidad de A = 20 mg/L y B = 22 mg/L; siendo los valores de referencia del calcio de; A = 232 mg/L; B = 255 mg/L.

Los datos de calcio del estadio PL₄ fueron los que más se aproximaron al valor establecido referente a su salinidad de 15 mg/L en ambos ciclos de producción, alcanzando los niveles de calcio de en el ciclo A de; T1 = 150 mg/L y T11 = 163 mg/L y en el ciclo B fue de 149 mg/L en el T1 y 150 mg/L en el T11, se destaca que el ciclo A presentó mayor similitud en comparación al ciclo B.

Por último, los registros de calcio del estadio PL₈ indican que los niveles de calcio de los tanques con agua tratada en ciclo A; T1 = 155 mg/L; T11 = 134 mg/L fueron menores a los valores del ciclo B; T1 = 158 mg/L; T11 = 144 mg/L, pero en ninguno se alcanzó el valor requerido (A y B = 174 mg/L) Figura 3.

Figura 3

Valores de Ion calcio en los tanques de producción con variación de salinidad



Los distintos procesos de compensación iónica realizadas diariamente permitieron que el nivel de calcio no sea alterado. Sin embargo, el segundo análisis muestra un déficit en el calcio, debido a la concentración de microalgas en el tanque de producción, creando una competencia con las larvas de camarón por un consumo de este mineral.

Para la compensación del calcio se aplicó carbonato de calcio adquirido con proveedores certificados, detallando en la Tabla 10 los valores suministrados (ppm = g/t). Cabe recalcar que el balance de iones en los sistemas de producción se realizaba diariamente de acuerdo a los análisis realizados.

Tabla 10

Compensación del ion calcio en los tanques de producción durante los 2 ciclos de producción evaluados

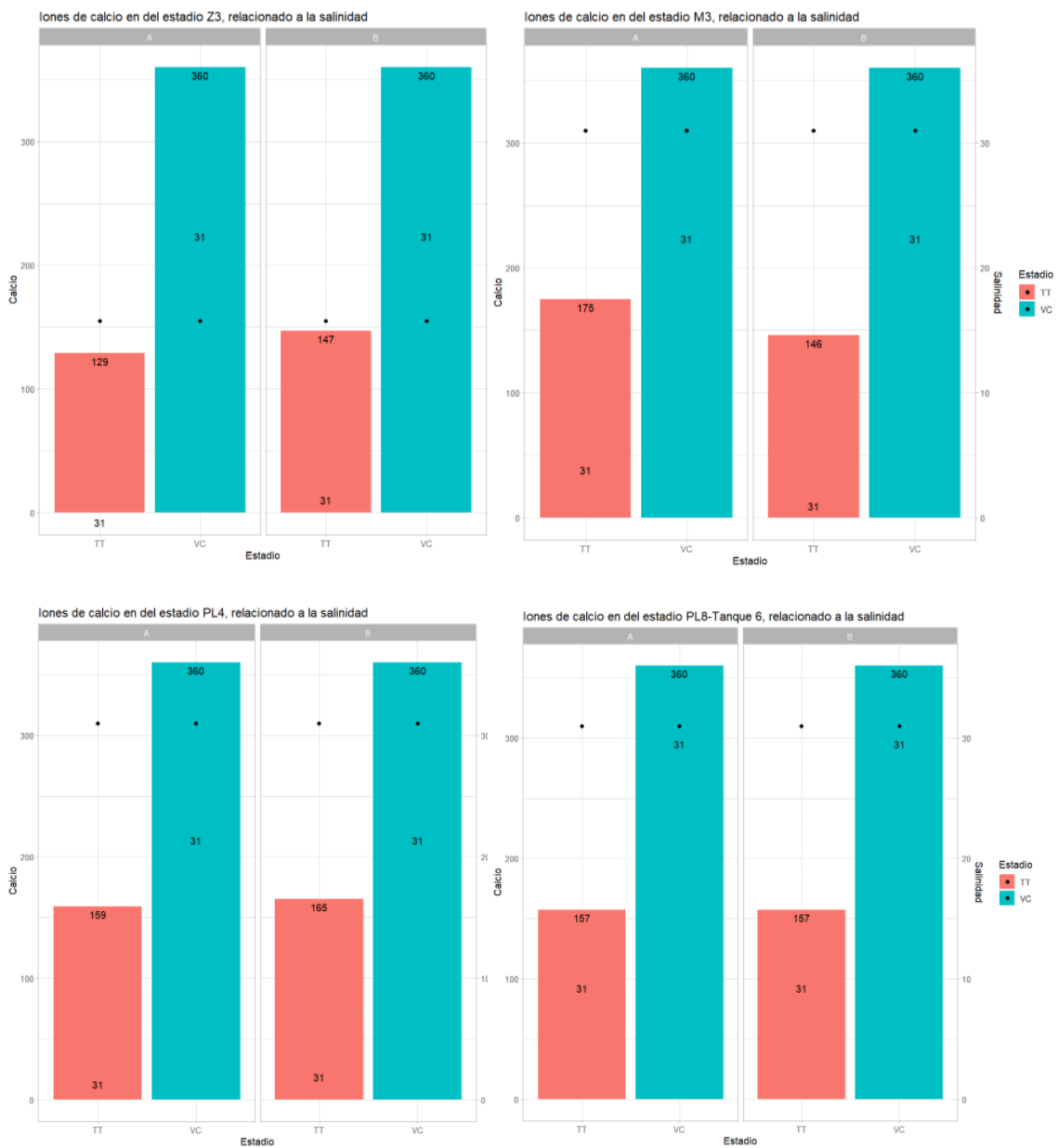
		Carbonato de calcio (ppm)			
		Z₃	M₃	PL₄	PL₈
Primer ciclo	Tanque 1	5	15	15	15
	Tanque 11	5	10	15	15
Segundo ciclo	Tanque 1	10	15	15	15
	Tanque 11	10	15	15	15

De la misma manera, se evaluó un tanque de producción a salinidad normal (31 mg/L) y sin compensación iónica (Tanque Testigo). Se obtuvo los siguientes niveles de calcio: estadio Z₃ presentó A = 129 mg/L; B = 147 mg/L, estadio M₃ demostró A = 175 mg/L; B = 146 mg/L, en el estadio PL₄ tuvo A = 159 mg/L; B = 165 mg/L de calcio, y el estadio PL₈ 157 mg/L en ambos ciclos (Figura 4). En consecuencia, los niveles inadecuados de calcio dificultan que las larvas de camarón consuman diariamente este

ion para la muda correcta. Se destaca que el tanque testigo refleja una mayor deficiencia que los demás tanques con compensación diaria (T1 y T11).

Figura 4

Valores de Ion calcio en el tanque 6 de producción a salinidad de 31 mg/L



- **Ion Magnesio**

Se analizaron los niveles de magnesio en los tanques de producción con variación de salinidad. Los resultados registrados en el ciclo A fueron T1 = 1800 mg/L y T11 = 2000 mg/L y en el ciclo B los valores alcanzaron para T1 = 1440 mg/L y T11 = 1600 mg/L estos niveles abordan que el nivel de magnesio para el estadio Z₃ superaron los valores establecidos en ambos ciclos.

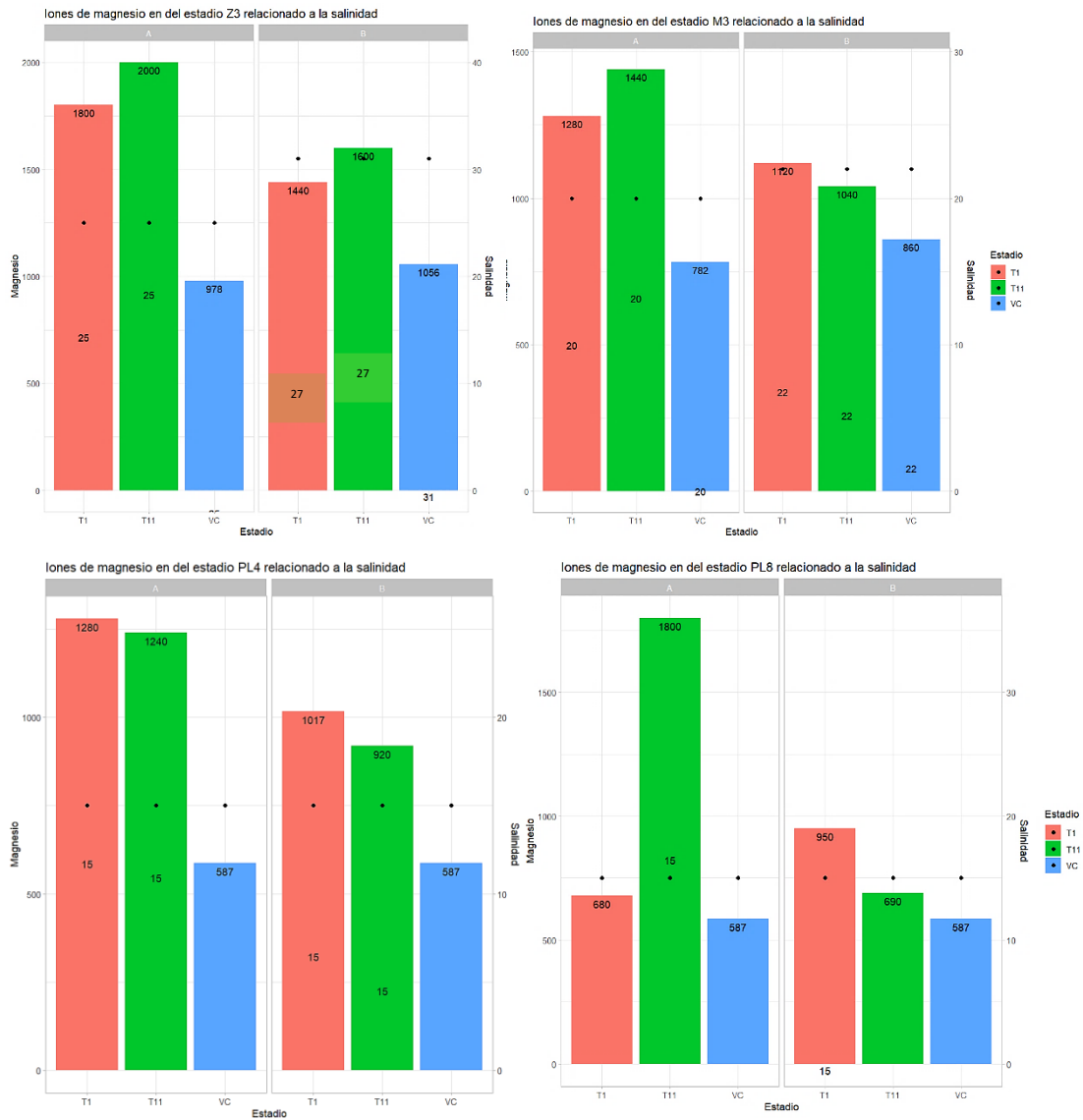
Similarmente, los datos del estadio M₃ indican que los niveles de magnesio fueron mayores a los datos de régimen para la salinidad de A = 20 mg/L y B = 22 mg/L, alcanzando valores en el ciclo A; T1 = 1280 mg/L; T11 = 1440 mg/L y en el ciclo B valores de T1 = 1120 mg/L y T11 = 1040 mg/L.

De igual manera, el análisis de la etapa PL₄ mostraron valores de T1 = 1280 mg/L y T11 = 1240 mg/L en el ciclo A, y en el ciclo B los niveles alcanzaron un valor de T1 = 1017 mg/L y T11 = 920 mg/L, estos valores superaron los datos bibliográficos (A y B = 587 mg/L).

Por último, el análisis de PL₈ presentó 680 mg/L para el tanque 1-A, 1800 mg/L para el tanque 11-A, 950 mg/L T1-B y 690 mg/L T11-B, los cuales son mayores a los valores determinados, recalando que fue en este estadio donde se acercó más a los niveles establecidos (A = 587 mg/L; B = 587 mg/L) (Figura 5).

Figura 5

Valores de Ion magnesio en los tanques de producción con variación de salinidad



Estos resultados indican que los niveles de magnesio se mantuvieron aptos para el consumo diario de las larvas de camarón, incluso los niveles de magnesio estuvieron elevados con respecto a las bibliografías consultadas. Por ello, se aborda que el nivel alto de magnesio no perjudica el desarrollo larvario, sin embargo, se resalta que un bajo nivel de magnesio podría complicar significativamente el desarrollo de las larvas.

Al obtener los resultados del ion magnesio a través del fotómetro, se procedió a realizar las compensaciones necesarias, con el fin de mantener los niveles de magnesio y evitar descompensaciones altas. Los valores suministrados (gramos por toneladas) se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11

Compensación del ion Magnesio realizados en los dos ciclos de producción

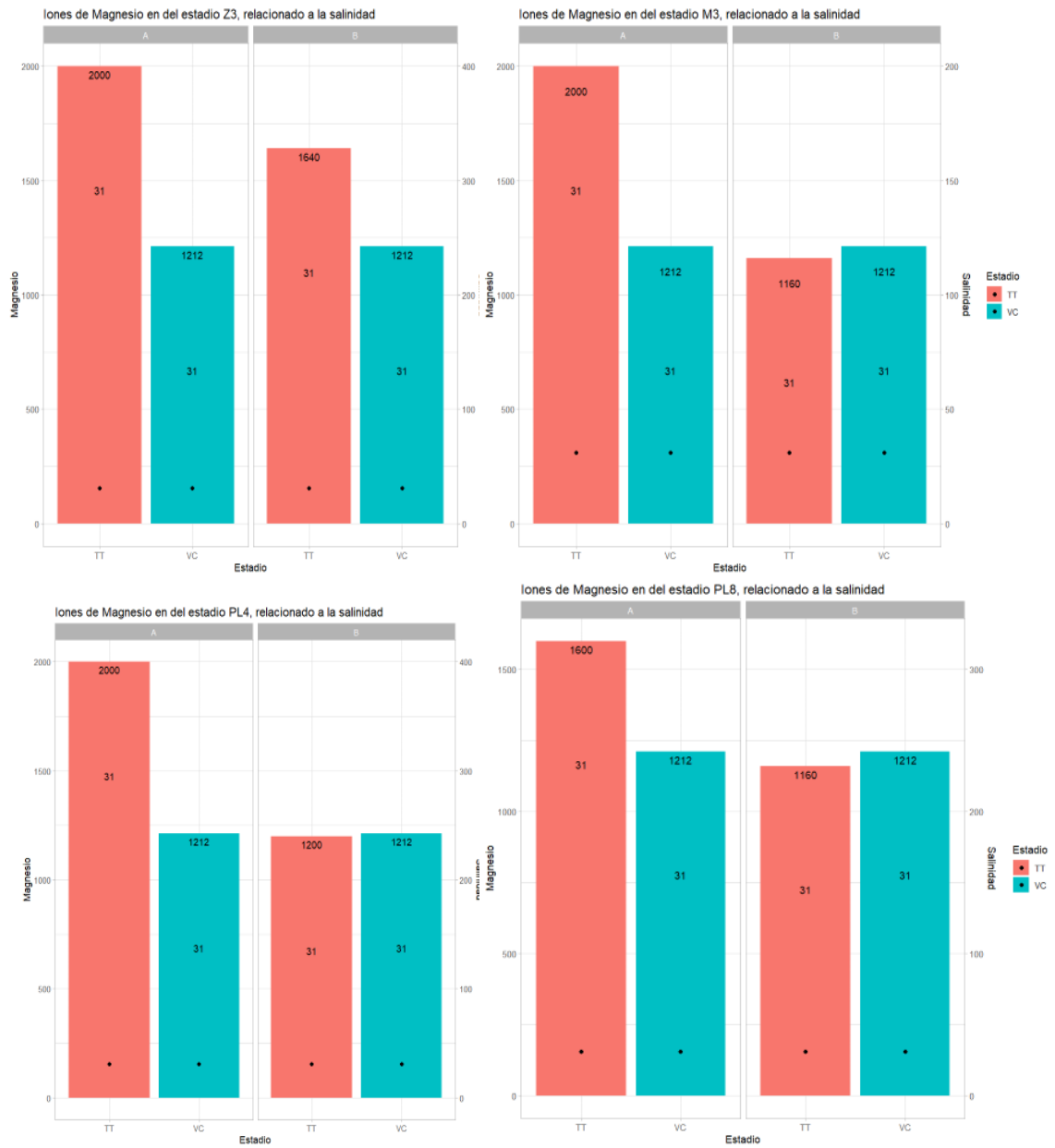
		Magnesio (ppm)			
		Z₃	M₃	PL₄	PL₈
Primer ciclo	Tanque 1	N/A	1	1	N/A
	Tanque 11	N/A	1	1	N/A
Segundo ciclo	Tanque 1	N/A	1	1	N/A
	Tanque 11	N/A	1	1	N/A

Los análisis realizados en el tanque testigo o tanque sin compensación fueron los siguientes: el análisis de Z₃ fue de 2000 mg/L de magnesio y se mantuvo hasta PL₄ en el ciclo A. Sin embargo, en el ciclo B los valores en Z₃ fueron de 1640 mg/L, estos datos disminuyeron en la etapa M₃ a 1160 mg/L en el tanque testigo, el estadio PL₄ a 1200 mg/L en el tanque sin compensación, demostrando que los valores del agua de mar en el lugar de estudio cuentan con los niveles ideales para el desarrollo larvario del camarón.

En el estadio PL₈ los valores del ciclo A fueron de 1600 mg/L y 1160 mg/L en el ciclo B, siendo este valor mejor aproximado al valor referente (1212 mg/L). Se resalta que esto no afecta el desarrollo larvario del camarón (Figura 6).

Figura 6

Valores de Ion magnesio en el tanque 6 de producción a salinidad de 31 mg/L

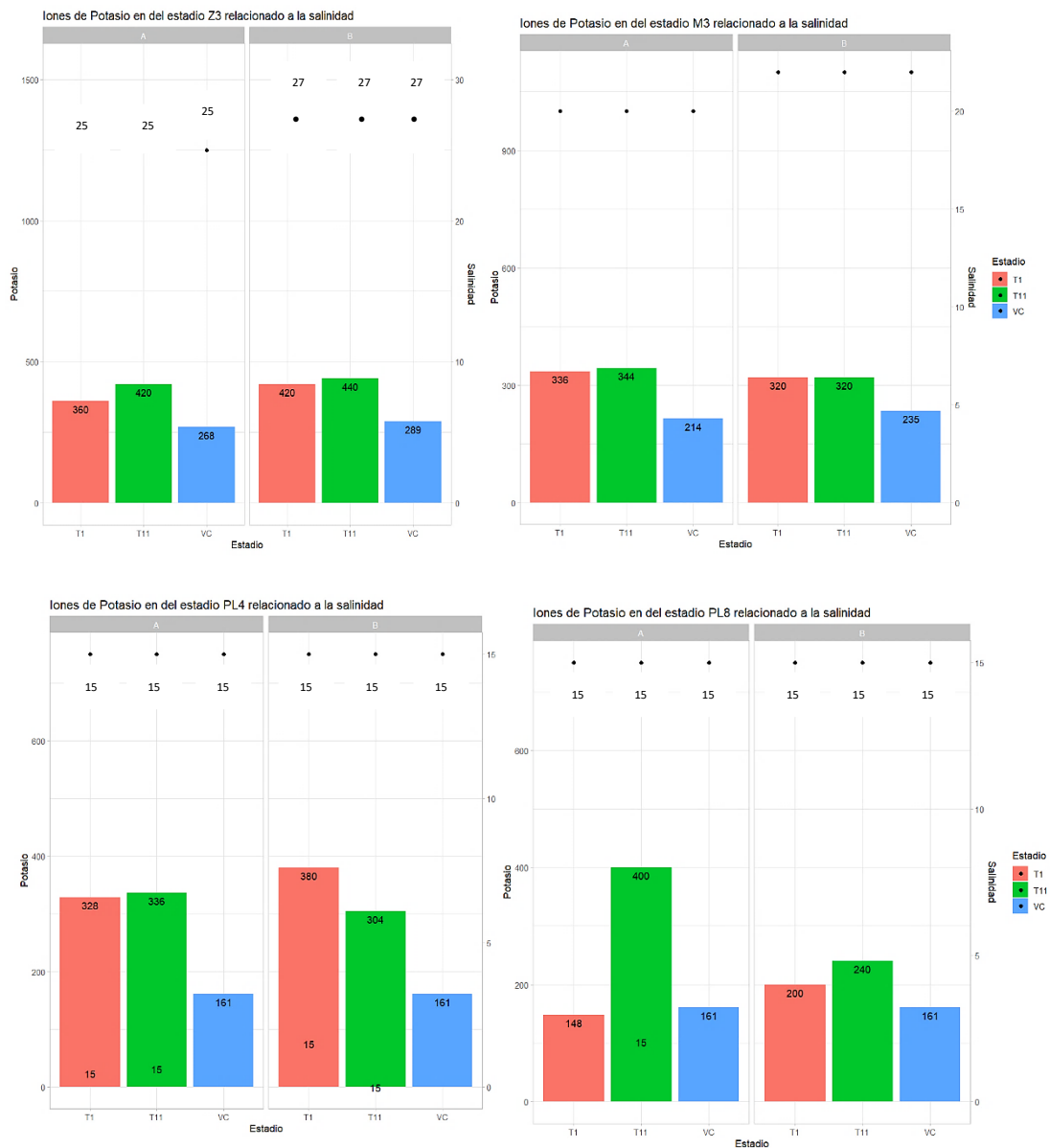


- **Ion potasio**

Los niveles del ion potasio reflejaron niveles mayores a los establecidos en la mayoría de los tanques y ciclos de producción, excepto para el T1 del ciclo A que disminuyó a 148 mg/L que es menor al valor de referencia (161 mg/L) (Figura 7). Estos resultados son eficientes, ya que en todo el ciclo de producción se mantuvo en un rango necesario para el consumo de las larvas de camarón y un óptimo desarrollo.

Figura 7

Valores de Ion potasio en el tanque de producción con variación de salinidad



Las compensaciones del ion potasio se realizó únicamente en los estadios Z_3 hasta M_3 para el ciclo A, y de M_3 a Pl_4 para el ciclo B, recalando que se lo realizo de esta manera al observar que los análisis realizados por fotometría proyectaban valores estables y por encima de los niveles requeridos (Tabla 12).

Tabla 12

Compensación del ion potasio realizados en los ciclos de producción evaluados

		Potasio (ppm)			
		Z_3	M_3	Pl_4	Pl_8
Primer ciclo	Tanque 1	1	1	N/A	N/A
	Tanque 11	1	1	N/A	N/A
Segundo ciclo	Tanque 1	N/A	1	1	N/A
	Tanque 11	N/A	1	1	N/A

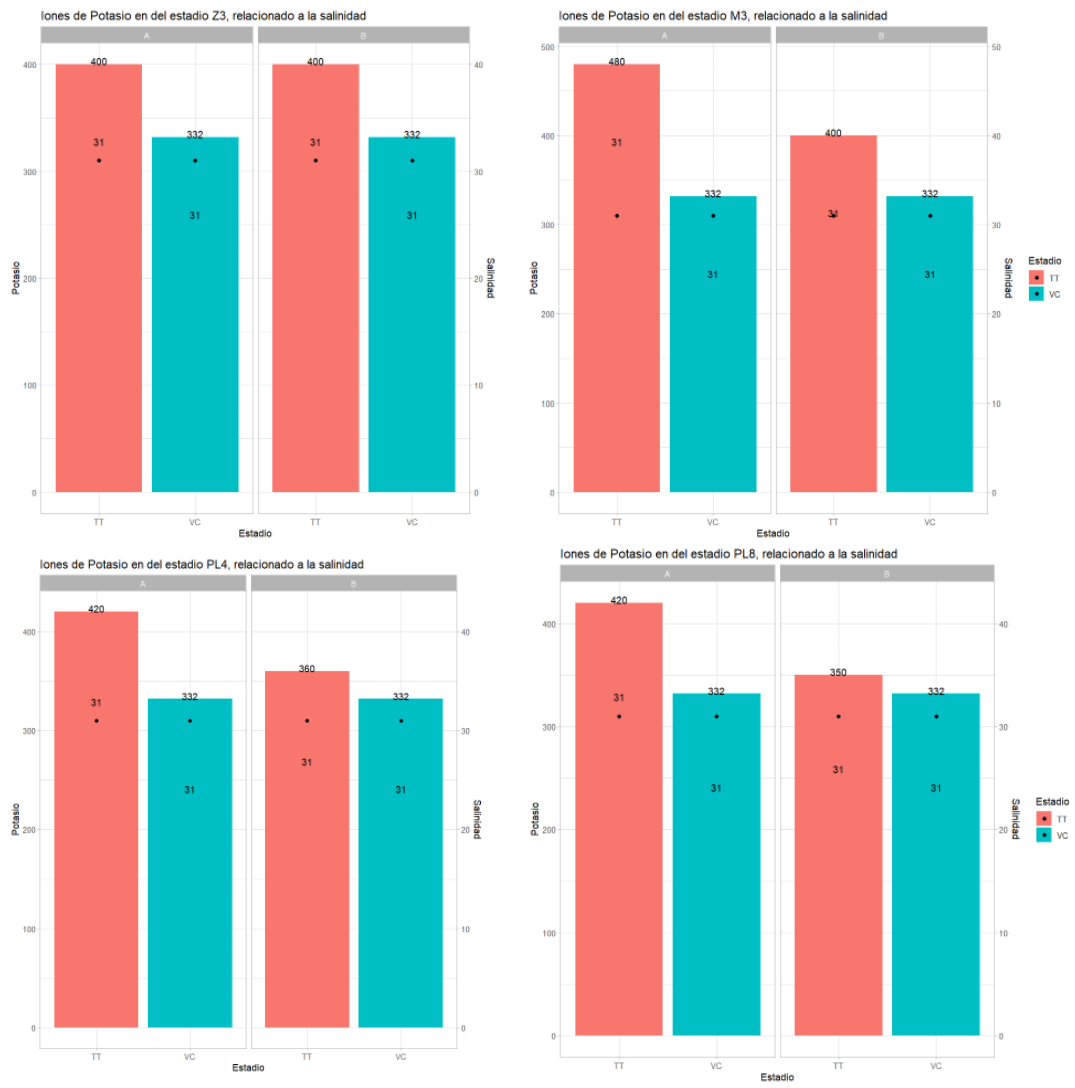
El tanque testigo presentó valores del ion potasio mayores al rango apto para el desarrollo larvario con respecto a la salinidad en la que se encontraba (31 mg/L). Los niveles fueron de 400 mg/L para T6 A y B en el primer análisis (Z_3), 480 mg/L T6-A y 400 mg/L T6-B.

En el segundo análisis (M_3), 420 mg/L T6-A y 360 T6-B en el tercer análisis (PL_4) y 420 mg/L T6-A y 350 mg/L T6-B.

En el cuarto análisis (PL_8), se obtuvo un nivel de 350 mg/L a una salinidad de 31mg/L, requiriéndose un nivel de 332 mg/L (Figura 8)

Figura 8

Valores de Ion potasio en el tanque 6 de producción con salinidad de 31 mg/L

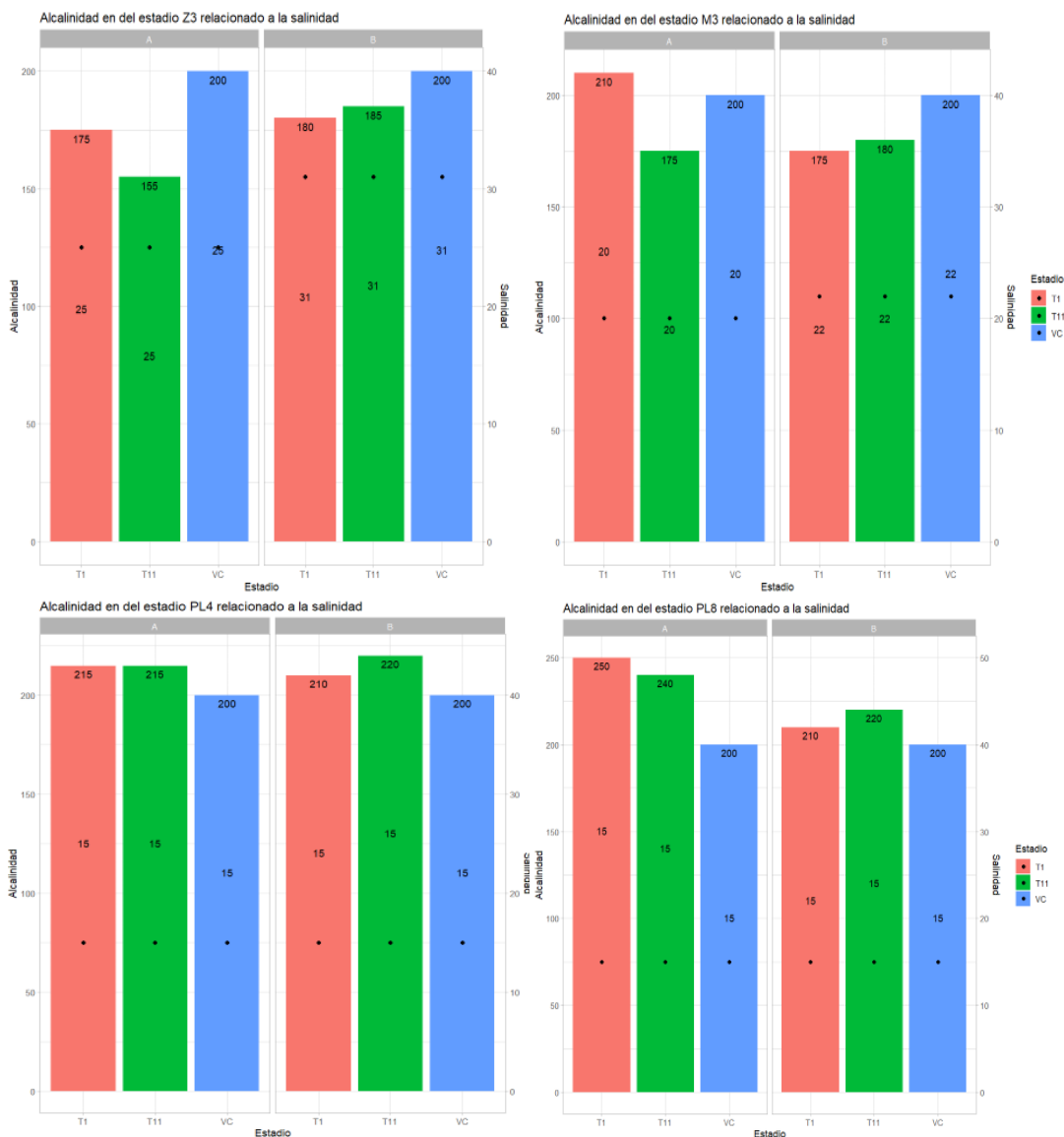


- **Alcalinidad**

Los niveles de alcalinidad reflejaron que: el estadio Z_3 presentaron valores menores a 200 mg/L en los tanques 1 y 11 de ambos ciclos. Similarmente, el estadio M_3 presentó valores ideales para la producción, salvo el T1-A que indicaba 210 mg/L. En cambio, PL4 tuvo un incremento en los valores de alcalinidad que superaban los 200 mg/L. Asimismo, PL₈ mantuvo este aumento en los tanques evaluados (Figura 9). Sin embargo, los valores altos no afectaron problemas durante los ciclos de producción.

Figura 9

Valores de alcalinidad en los tanques de producción con variación de salinidad



La alcalinidad se la compensó con bicarbonato de sodio, de la misma manera dependió de los resultados obtenidos a través del fotómetro, este ion nos sirve para controlar los niveles de pH, de tal manera que se logre evitar alteraciones en el agua que afecten al desarrollo larvario (Tabla 13).

Tabla 13

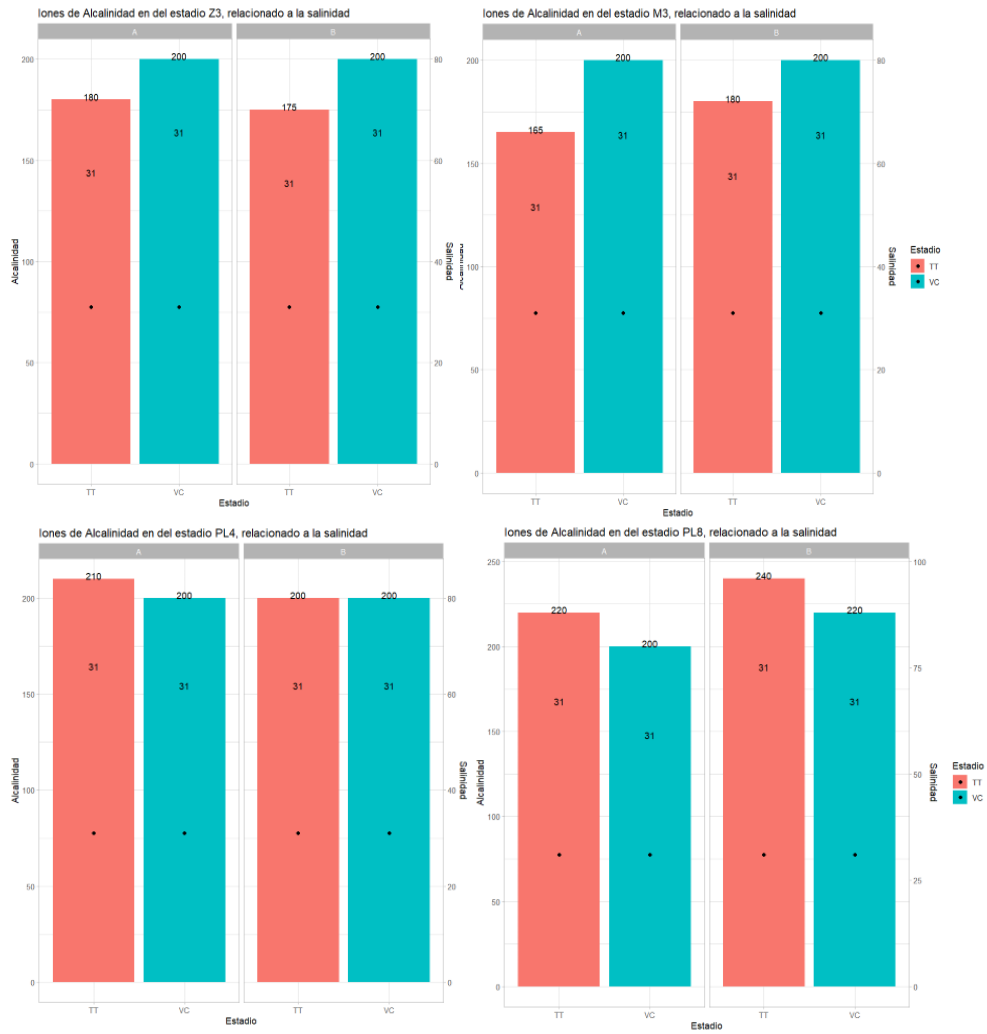
Compensación de alcalinidad realizadas en los ciclos de producción evaluados

		Bicarbonato de sodio (ppm)			
		Z₃	M₃	PL₄	PL₈
Primer ciclo	Tanque 1	1	1	N/A	N/A
	Tanque 11	1	1	N/A	N/A
Segundo ciclo	Tanque 1	1	1	N/A	N/A
	Tanque 11	1	1	N/A	N/A

Los valores de alcalinidad del T6 se mantuvieron 31 mg/L de salinidad. Los niveles fueron ideales para los estadios Z₃, manifestando un valor de A = 180 mg/L y B = 165 mg/L y M₃ con niveles de A = 175 mg/L y B = 180 mg/L. Mientras que, para los datos de los tanques en los estadios PL₄ y PL₈ aumentaron a niveles mayores a 200 mg/L (Figura 10)

Figura 10

Valores de alcalinidad en el tanque 6 de producción con salinidad de 31 mg/L



Análisis de larvas de camarón de los tanques con tratamiento (Ciclo A)

Para verificar la efectividad de los minerales aplicados se realizó distintas observaciones diarias, destacando varios criterios para la respectiva interpretación.

En la Tabla 14 podemos observar los criterios microscópicos del tanque 1 del primer ciclo de producción, destacando que no se observó problemas dentro del organismo.

Tabla 14

Observaciones microscópicas y criterios de calidad larvaria del tanque 1 con tratamiento

Criterios para la observación y estimación del organismo (Observación microscópica) T1															
Criterios	Puntuación	Z1	Z2	Z3	M1	M2	M3	PL1	PL2	PL3	PL4	PL5	PL6	PL7	PL8
Contenido intestinal															
Llenos (100-90%)	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Moderado (50-90%)	5														
Vacíos (<50%)	0														
Deformidad															
Cola, rostro, intestino (<5%)	10	2%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
intermedias (5-10%)	5														
severas (>10%)	0														
Lípidos presentes															
Lleno (90-100%)	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Moderado (70-90%)	5														
Vacíos (<70%)	0														
Necrosis															
Ausencia (0%)	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Moderado (<15%)	5														2%
Severo (>15%)	0														

También se analizó macroscópicamente el organismo. Diariamente se verificaba el estadio larval del organismo, demostrando en este tanque mayormente organismos homogéneos, además el periodo de muda se daba de una manera más rápida (2-4h). Los criterios para la estimación del organismo tomados en cuenta se reflejan en la Tabla 15.

Tabla 15

Observaciones macroscópicas y criterios de calidad larvaria del tanque 1 con tratamiento

Criterios para la observación y estimación del organismo (Observación macroscópica) T1															
Criterios	Puntuación	Z1	Z2	Z3	M1	M2	M3	PL1	PL2	PL3	PL4	PL5	PL6	PL7	PL8
Comportamiento de la larva															
Completamente activas	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Nado letárgico	5														
Muertas	0														
Actividad natatoria															
Nado activo (>95%)	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Nado intermedio (70-95%)	5														
Nado en el fondo (<70%)	0														
Cantidad de alimento en el agua															
Alimento mínimo (>90%)	10	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Alimento considerable (70-90%)	5							X							
Alimento masivo (<70%)	0														
Homogeneidad del estadio larval															
Organismos en el mismo estadio (>80%)	10	X	X	(98%)	(98%)	(98%)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Organismos en el mismo estadio (70-80%)	5														
Organismos en el mismo estadio (<70%)	0														
Homogeneidad de talla del organismo															
Tallas homogéneas (>90%)	10	X	X	(98%)	(98%)	(98%)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Talla homogénea intermedia (70-90%)	5														
Problemas de homogeneidad en talla (<70%)	0														

De la misma manera se analizó el tanque 11, el cual fue sometido a compensaciones o tratamientos, presentando criterios semejantes al tanque 1 (Tabla 16).

Tabla 16

Observaciones microscópicas y criterios de calidad larvaria del tanque 11 con tratamiento

Criterios para la observación y estimación del organismo (Observación microscópica) T11															
Criterios	Puntuación	Z1	Z2	Z3	M1	M2	M3	PL1	PL2	PL3	PL4	PL5	PL6	PL7	PL8
Contenido intestinal															
Llenos (100-90%)	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Moderado (50-90%)	5														
Vacíos (<50%)	0														
Deformidad															
Cola, rostro, intestino (<5%)	10	2%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
intermedias (5-10%)	5														
severas (>10%)	0														
Lípidos presentes															
Lleno (90-100%)	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Moderado (70-90%)	5														
Vacíos (<70%)	0														
Necrosis															
Ausencia (0%)	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Moderado (<15%)	5														3%
Severo (>15%)	0														

En el análisis macroscópico realizado en el tanque 11 observamos que los criterios son muy similares al tanque 1, demostrando la eficiencia de los minerales aplicados en ambos tanques experimentales. (Tabla 17)

Tabla 17

Observaciones macroscópicas y criterios del tanque 11 con tratamiento

Criterios para la observación y estimación del organismo (Observación macroscópica) T11															
Criterios	Puntuación	Z1	Z2	Z3	M1	M2	M3	PL1	PL2	PL3	PL4	PL5	PL6	PL7	PL8
Comportamiento de la larva															
Completamente activas	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Nado letárgico	5														
Muertas	0														
Actividad natatoria															
Nado activo (>95%)	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Nado intermedio (70-95%)	5														
Nado en el fondo (<70%)	0														
Cantidad de alimento en el agua															
Alimento mínimo (>90%)	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Alimento considerable (70-90%)	5														
Alimento masivo (<70%)	0														
Homogeneidad del estadio larval															
Organismos en el mismo estadio (>80%)	10	X	X	(98%)	(97%)	(97%)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Organismos en el mismo estadio (70-80%)	5														
Organismos en el mismo estadio (<70%)	0														
Homogeneidad de talla del organismo															
Tallas homogéneas (>90%)	10	X	X	(98%)	(97%)	(97%)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Talla homogénea intermedia (70-90%)	5														
Problemas de homogeneidad en talla (<70%)	0														

Los criterios utilizados para los tanques experimentales, también fueron aplicados al tanque testigo, demostrando distintos problemas durante el ciclo de producción. La Tabla 18 nos indica los criterios analizados microscópicamente del tanque testigo.

Tabla 18

Observaciones microscópicas y criterios de calidad larvaria del tanque 6, tanque testigo sin tratamiento

Criterios para la observación y estimación del organismo (Observación microscópica) T6															
Criterios	Puntuación	Z1	Z2	Z3	M1	M2	M3	PL1	PL2	PL3	PL4	PL5	PL6	PL7	PL8
Contenido intestinal															
Llenos (100-90%)	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Moderado (50-90%)	5														
Vacíos (<50%)	0														
Deformidad															
Cola, rostro, intestino (<5%)	10	3%	X	4%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
intermedias (5-10%)	5														
severas (>10%)	0														
Lípidos presentes															
Lleno (90-100%)	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Moderado (70-90%)	5														
Vacíos (<70%)	0														
Necrosis															
Ausencia (0%)	10	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Moderado (<15%)	5			1%											4%
Severo (>15%)	0														

El análisis demostró criterios diferentes a los tanques experimentales, recalcando que la homogeneidad de talla y estadio larval presentaron mayormente problemas, esto se debe a la deficiencia de calcio en el agua, lo cual no permite realizar el correcto proceso de muda del organismo. Además, en este tanque testigo, se observó que el proceso de muda se realizaba con más lentitud, de 4-6h (Tabla 19)

Tabla 19

Observaciones macroscópicas y criterios de calidad larvaria del tanque 6 sin tratamiento

Criterios para la observación y estimación del organismo (Observación macroscópica) T6															
Criterios	Puntuación	Z1	Z2	Z3	M1	M2	M3	PL1	PL2	PL3	PL4	PL5	PL6	PL7	PL8
Comportamiento de la larva															
Completamente activas	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Nado letárgico	5														
Muertas	0														
Actividad natatoria															
Nado activo (>95%)	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Nado intermedio (70-95%)	5														
Nado en el fondo (<70%)	0														
Cantidad de alimento en el agua															
Alimento mínimo (>90%)	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Alimento considerable (70-90%)	5														
Alimento masivo (<70%)	0														
Homogeneidad del estadio larval															
Organismos en el mismo estadio (>80%)	10	X	X	(90%)	(90%)	(87%)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Organismos en el mismo estadio (70-80%)	5														
Organismos en el mismo estadio (<70%)	0														
Homogeneidad de talla del organismo															
Tallas homogéneas (>90%)	10	X	X	(90%)	(90%)	(89%)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Talla homogénea intermedia (70-90%)	5														
Problemas de homogeneidad en talla (<70%)	0														

Análisis de larvas de camarón de los tanques con tratamiento (Ciclo B)

En el ciclo B se realizó los mismos criterios con el fin de constatar el beneficio de los minerales aplicados. Se analizó los tanques con tratamiento y tanque testigo. En la Tabla 20 se muestran los criterios microscópicamente analizados para el tanque 1, se efectuó diariamente.

Tabla 20

Observaciones microscópicas y criterios de calidad larvaria del tanque 1, tanque con tratamiento

Criterios para la observación y estimación del organismo (Observación microscópica) T1															
Criterios	Puntuación	Z1	Z2	Z3	M1	M2	M3	PL1	PL2	PL3	PL4	PL5	PL6	PL7	PL8
Contenido intestinal															
Llenos (100-90%)	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Moderado (50-90%)	5										X				
Vacíos (<50%)	0														
Deformidad															
Cola, rostro, intestino (<5%)	10	3%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
intermedias (5-10%)	5														
severas (>10%)	0														
Lípidos presentes															
Lleno (90-100%)	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Moderado (70-90%)	5														
Vacíos (<70%)	0														
Necrosis															
Ausencia (0%)	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Moderado (<15%)	5														3%
Severo (>15%)	0														

El análisis macroscópico demostró diferencias comparado con el ciclo A, un aumento pequeño de 1 a 2% en problemas de muda y talla, esto se debe a que los niveles de calcio fueron más deficientes en este ciclo de producción, causando así problemas de talla y muda del organismo, además esto causa que una pequeña cantidad de organismos se pierda diariamente (Tabla 21)

Tabla 21

Observaciones macroscópicas y criterios de calidad larvaria del tanque 1, tanque con tratamiento

Criterios para la observación y estimación del organismo (Observación macroscópica) T1															
Criterios	Puntuación	Z1	Z2	Z3	M1	M2	M3	PL1	PL2	PL3	PL4	PL5	PL6	PL7	PL8
Comportamiento de la larva															
Completamente activas	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Nado letárgico	5														
Muertas	0														
Actividad natatoria															
Nado activo (>95%)	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Nado intermedio (70-95%)	5														
Nado en el fondo (<70%)	0														
Cantidad de alimento en el agua															
Alimento mínimo (>90%)	10	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X
Alimento considerable (70-90%)	5					X		X							
Alimento masivo (<70%)	0														
Homogeneidad del estadio larval															
Organismos en el mismo estadio (>80%)	10	X	X	(95%)	(94%)	(94%)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Organismos en el mismo estadio (70-80%)	5														
Organismos en el mismo estadio (<70%)	0														
Homogeneidad de talla del organismo															
Tallas homogéneas (>90%)	10	X	X	(95%)	(94%)	(94%)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Talla homogénea intermedia (70-90%)	5														
Problemas de homogeneidad en talla (<70%)	0														

El análisis microscópico del tanque 11 del ciclo B demostró semejanza con el tanque 1, esto debido a que estos tanques estaban sometidos a las compensaciones realizadas diariamente, es así que microscópicamente el organismo se encontraba saludable (Tabla 22)

Tabla 22

Observaciones microscópicas y criterios de calidad larvaria del tanque 11, tanque con tratamiento

Criterios para la observación y estimación del organismo (Observación microscópica) T11															
Criterios	Puntuación	Z1	Z2	Z3	M1	M2	M3	PL1	PL2	PL3	PL4	PL5	PL6	PL7	PL8
Contenido intestinal															
Llenos (100-90%)	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Moderado (50-90%)	5														
Vacíos (<50%)	0														
Deformidad															
Cola, rostro, intestino (<5%)	10	3%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
intermedias (5-10%)	5														
severas (>10%)	0														
Lípidos presentes															
Lleno (90-100%)	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Moderado (70-90%)	5														
Vacíos (<70%)	0														
Necrosis															
Ausencia (0%)	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Moderado (<15%)	5														
Severo (>15%)	0														

En las observaciones macroscópicas al igual que el T1 presento alrededor de un 4 a 6% de retrasos y organismos diferentes en tallas, recalcando que los niveles de calcio de la misma manera presento una deficiencia mayor respecto al ciclo A (Tabla 23)

Tabla 23

Observaciones macroscópicas y criterios de calidad larvaria del tanque 11, tanque con tratamiento

Criterios para la observación y estimación del organismo (Observación macroscópica) T11															
Criterios	Puntuación	Z1	Z2	Z3	M1	M2	M3	PL1	PL2	PL3	PL4	PL5	PL6	PL7	PL8
Comportamiento de la larva															
Completamente activas	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Nado letárgico	5														
Muertas	0														
Actividad natatoria															
Nado activo (>95%)	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Nado intermedio (70-95%)	5														
Nado en el fondo (<70%)	0														
Cantidad de alimento en el agua															
Alimento mínimo (>90%)	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Alimento considerable (70-90%)	5														
Alimento masivo (<70%)	0														
Homogeneidad del estadio larval															
Organismos en el mismo estadio (>80%)	10	X	X	(95%)	(95%)	(94%)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Organismos en el mismo estadio (70-80%)	5														
Organismos en el mismo estadio (<70%)	0														
Homogeneidad de talla del organismo															
Tallas homogéneas (>90%)	10	X	X	(94%)	(94%)	(94%)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Talla homogénea intermedia (70-90%)	5														
Problemas de homogeneidad en talla (<70%)	0														

El tanque 6 presento diferentes anomalías, sin embargo, pudo desarrollarse de manera estable, además durante todo el ciclo productivo se observó deficiencias de calcio, esto ocasionó retrasos y problemas de mudas en el organismo (Tabla 24)

Tabla 24

Observaciones microscópicas y criterios de calidad larvaria del tanque 6, tanque sin tratamiento

Criterios para la observación y estimación del organismo (Observación microscópica) T6															
Criterios	Puntuación	Z1	Z2	Z3	M1	M2	M3	PL1	PL2	PL3	PL4	PL5	PL6	PL7	PL8
Contenido intestinal															
Llenos (100-90%)	10	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X
Moderado (50-90%)	5				X					X					
Vacíos (<50%)	0														
Deformidad															
Cola, rostro, intestino (<5%)	10	3%	X	4%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
intermedias (5-10%)	5														
severas (>10%)	0														
Lípidos presentes															
Lleno (90-100%)	10	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X
Moderado (70-90%)	5								X				X		
Vacíos (<70%)	0														
Necrosis															
Ausencia (0%)	10	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Moderado (<15%)	5			2%											4%
Severo (>15%)	0														

Las observaciones macroscópicas reportaron retrasos en las mudas, debido a la falta de calcio durante todo su ciclo de desarrollo, esto demuestra que los iones presentan cambios inestables al no ser controlados ocasionando problemas en el desarrollo larvario del camarón (Tabla 25)

Tabla 25

Observaciones macroscópicas y criterios de calidad larvaria del tanque 6, tanque sin tratamiento

Criterios para la observación y estimación del organismo (Observación macroscópica) T6															
Criterios	Puntuación	Z1	Z2	Z3	M1	M2	M3	PL1	PL2	PL3	PL4	PL5	PL6	PL7	PL8
Comportamiento de la larva															
Completamente activas	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Nado letárgico	5														
Muertas	0														
Actividad natatoria															
Nado activo (>95%)	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Nado intermedio (70-95%)	5														
Nado en el fondo (<70%)	0														
Cantidad de alimento en el agua															
Alimento mínimo (>90%)	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Alimento considerable (70-90%)	5														
Alimento masivo (<70%)	0														
Homogeneidad del estadio larval															
Organismos en el mismo estadio (>80%)	10	X	X	(89%)	(87%)	(87%)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Organismos en el mismo estadio (70-80%)	5														
Organismos en el mismo estadio (<70%)	0														
Homogeneidad de talla del organismo															
Tallas homogéneas (>90%)	10	X	X	(89%)	(87%)	(87%)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Talla homogénea intermedia (70-90%)	5														
Problemas de homogeneidad en talla (<70%)	0														

Supervivencia

Para conocer el porcentaje de supervivencia se realizó el método volumétrico para el estadio Z_2 y M_2 , y el método gravimétrico para postlarvas, esto se efectuó previo a la cosecha final de postlarvas de los tanques evaluados (Tabla 26).

Tabla 26

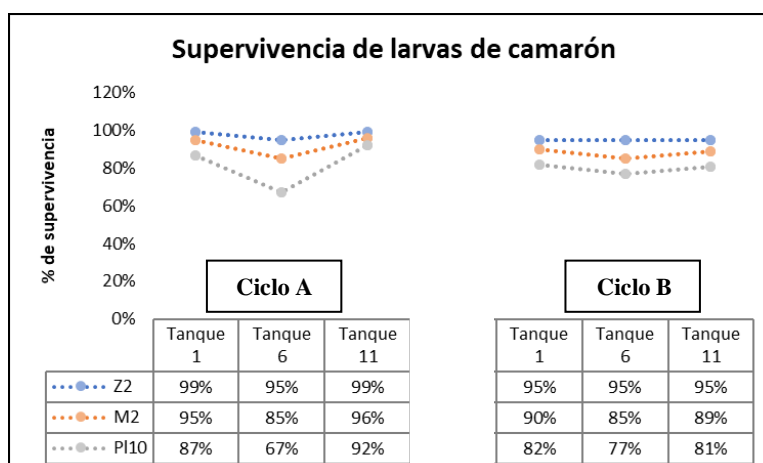
*Porcentaje de supervivencia de los estadios larvarios de *L. vannamei**

Supervivencia (%)				
	Tanques	Z_2	M_2	PI_{10}
Ciclo A	T1	99	95	87
	T6	95	85	67
	T11	99	96	92
Ciclo B	T1	95	90	82
	T6	95	85	77
	T11	95	89	81

Los tanques con tratamientos obtuvieron una supervivencia final mayor durante ambos ciclos (85 - 95%), mientras que el tanque sin tratamiento la supervivencia fue A = 67% y B = 77% (Figura 11).

Figura 11

Supervivencia de larvas de camarón durante 3 estadios dentro de los ciclos de producción



Método gravimétrico de larvas de camarón

Se aplicó el método gravimétrico para el conteo de larvas de camarón en los diferentes tanques de producción para los dos ciclos, tomando como referencia el número de postlarvas en un gramo (Pl/g), siendo un dato importante para los camaroneros en el momento de su exportación, obteniendo valores finales de T1 = 177 Pl/g, T6 = 227 Pl/g y T11 = 178 Pl/g, en el Ciclo 2 los valores fueron mayores, expresando que el déficit de minerales afectó de manera significativa en el peso y crecimiento de las larvas de camarón (Tabla 27).

Tabla 27

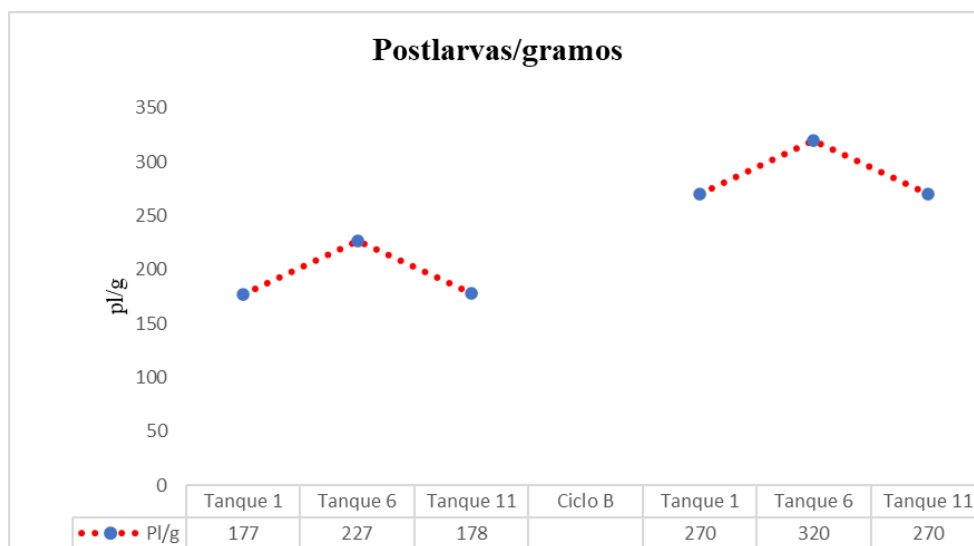
Cantidad de Postlarvas/gramo de las larvas de camarón en ambos ciclos de producción evaluados

Cantidad de Postlarvas/gramos		
	Tanques	Pl/g
Ciclo A	Tanque 1	177
	Tanque 6	227
	Tanque 11	178
	Tanque 1	270
Ciclo B	Tanque 6	320
	Tanque 11	270

La Figura 12 nos muestra que el ciclo B tiene valores mayores en relación al ciclo A, demostrando que debido a la deficiencia de calcio en el ciclo B, se vio afectado el organismo en talla y peso.

Figura 12

Número de postlarvas por gramos de los tanques evaluados



Peso y talla de postlarvas de camarón

Los datos de talla y peso de las postlarvas se realizaron en el estadio Pl_{10} previo a su despacho, con el objetivo de conocer estas variables al final del proceso experimental de compensación iónica (Tabla 28).

Tabla 28

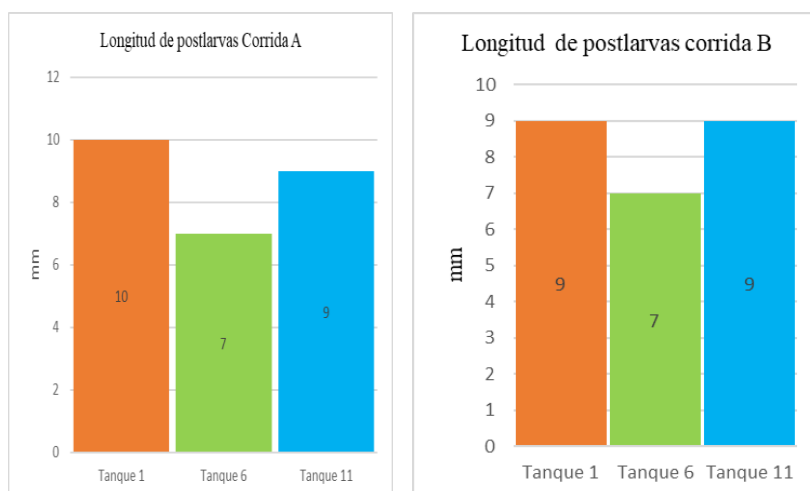
*Peso y talla final de postlarvas de camarón *L. vannamei**

	Tanques	Longitud (mm)	Peso (mg)
Ciclo A	T1	10	6,8
	T6	7	4,8
	T11	9	7,3
Ciclo B	T1	9	4,4
	T6	7	3,7
	T11	9	4,4

Los tanques con tratamiento y compensaciones demostraron una longitud de postlarvas mayor en ambos ciclos, demostrando así un desarrollo larval positivo, en el ciclo A se obtuvo una longitud promedio de T1 = 10 mm y T11 = 9 mm y en el ciclo B; T1 y T11 = 9 mm. Por otro lado, el tanque testigo y sin compensación obtuvo una longitud menor, siendo así; ciclos A y B = 7 mm. Los valores de longitud fueron menores en el segundo ciclo ya que presentó mayor deficiencia de los minerales, demostrando que un correcto balance iónico beneficia al desarrollo larvario del camarón (Figura 13)

Figura 13

Longitud de postlarvas

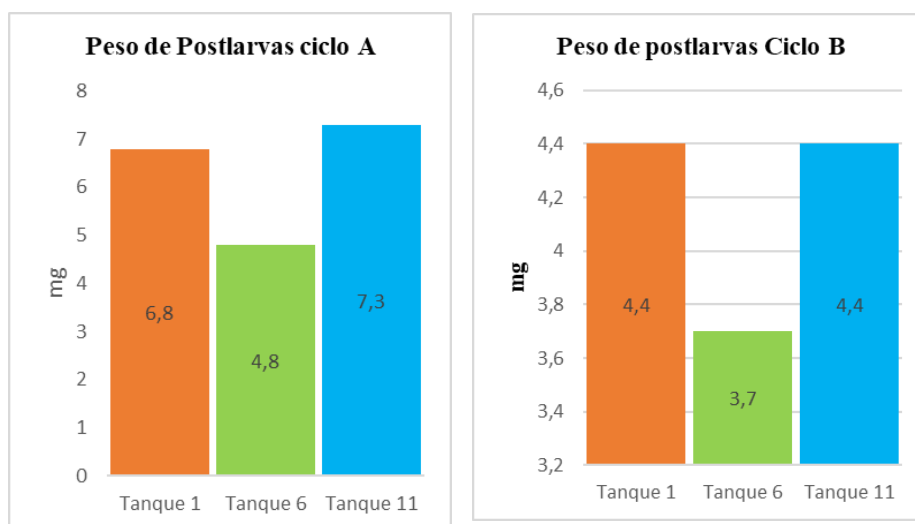


El Peso se obtuvo de la misma manera en Pl_{10} , mediante el método gravimétrico (Tabla 27).

Se demostró un mayor peso en el ciclo A, donde se obtuvo un mejor balance iónico. En los tanques con tratamiento alcanzaron un peso en el ciclo A de 6,8 mg en T1 y 7,3 mg en T2; mientras que, en el ciclo B se obtuvo un peso de 4,4 mg para T1 y T11. El tanque testigo sin compensaciones, alcanzó un peso menor a los tanques compensados en ambos ciclos (Figura 14).

Figura 14

Pesos de postlarvas de camarón



En ambos ciclos se tomaron los datos de temperatura, pH y oxígeno, estos parámetros fueron controlados de manera constante, evitando afectaciones provenientes del mal manejo de estos (Tabla 29).

Tabla 29

Parámetros tomados en ambos ciclos de producción

Estadio	Parámetros
N5-Z1	Temperatura: 30-31 °C Oxígeno: 6 mg/L pH: 7.5
Z2	Temperatura: 32 °C Oxígeno: 5.4 mg/L pH: 7
Z3-M3	Temperatura: 33 °C Oxígeno: 6 – 4 mg/L pH: 6.8 – 5
Pl 1 - Pl 7	Temperatura: 33 °C Oxígeno: 4 - 3 mg/L pH: 8,5 a 7
Pl 8 – Pl 10	Temperatura: 32 °C Oxígeno: 4 - 3 mg/L pH: 8

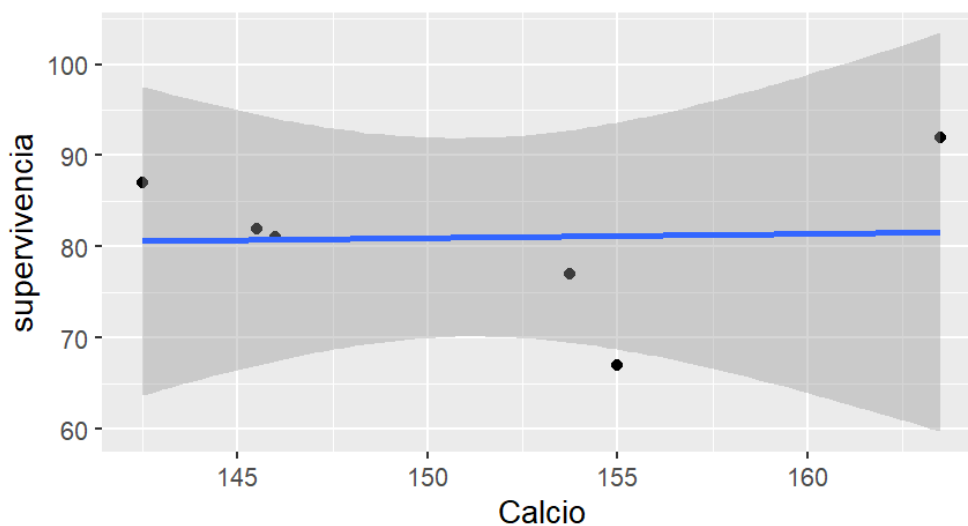
Análisis estadístico

Por otro lado, se realizó correlaciones de las variables del perfil iónico y el porcentaje de supervivencia, verificando la normalidad estadística de los datos tabulados. Luego de esto se procedió a realizar correlaciones por el método de Pearson.

En primera instancia se realizó la correlación del ion calcio y la supervivencia del organismo. Se demostró que existe una correlación significativa de 0,9378 con IC = 95% aceptando la hipótesis nula (Anexo I). Los parámetros demostrados son de los tanques con tratamiento y testigo. La Figura 15, nos indica que, a mayor calcio, la supervivencia de los organismos mejora, recalcando que en estos datos también interfiere la salinidad encontrada. Estas dos variables tienen una correlación moderada de acuerdo a lo que nos indica Pearson. Sin embargo, existe una correlación lineal débil debido al valor de $r = 0.04$.

Figura 15

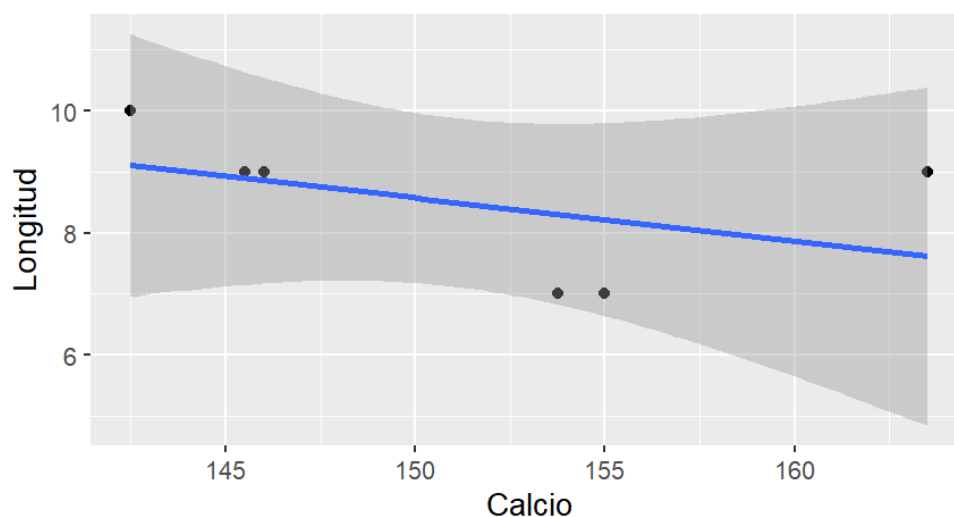
Correlación entre ion calcio y supervivencia de los organismos



El ion calcio influye mucho en la longitud de los organismos como lo muestra la Figura 16. Logramos obtener una correlación de -0.4556535 , demostrando una correlación negativa inversa, recalcando que en este estudio se referencia los valores del mineral de acuerdo a la salinidad encontrada (Anexo II). En los tanques con tratamientos, al tener una variación de salinidad durante todo el ciclo productivo y al contar con suministro diario de calcio se mantuvo cerca de los rangos ideales, esto ayudo a que el organismo tenga un mejor crecimiento, sin embargo, en el tanque testigo al no contar con estos tratamientos y a una salinidad alta, dichos organismos necesitaban un valor más alto de calcio para desarrollar un mejor crecimiento. De acuerdo al p valor reflejado de 0.3638 podemos indicar que se acepta la hipótesis nula.

Figura 16

Correlación entre ion calcio y longitud de los organismos



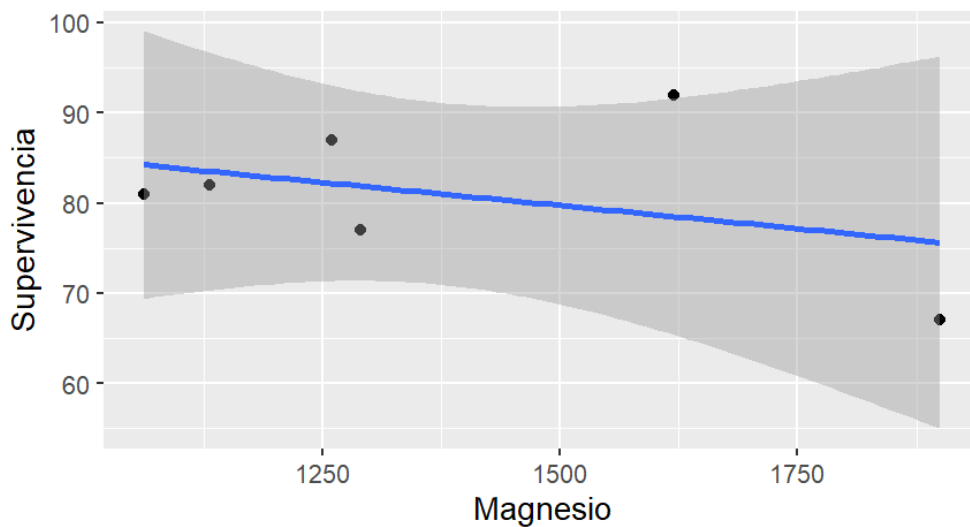
De la misma manera se analizó la correlación existente entre la variable magnesio y la supervivencia y longitud de las larvas de camarón.

La supervivencia se ve beneficiada por los niveles de magnesio ideales. Sin embargo, cabe recalcar que el perfil iónico cumple funciones en conjunto, es por esto que, al presentar principalmente niveles de calcio bajo, se vio afectada en los tanques testigo.

Podemos observar que al obtener un p valor de 0.4562 aceptamos la hipótesis nula, llegando así a un 95% de nivel de confianza (Anexo III). La Figura 17 nos demuestra que existe una correlación negativa inversa, es decir que mientras los valores de magnesio se acerquen a los rangos establecidos, la supervivencia de postlarvas aumentara. Los valores de magnesio varían de acuerdo a la salinidad encontrada en los tanques productivos (Figura 17).

Figura 17

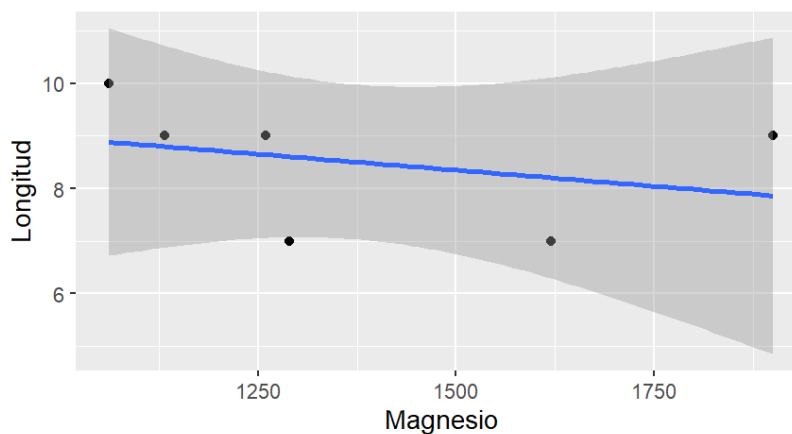
Correlación de la variable magnesio y supervivencia



La correlación obtenida entre el ion magnesio y las longitudes obtenidas de las larvas de camarón es negativa (-0.3188574) (Anexo IV). Esto indica que a medida que los niveles de magnesio bajan, las longitudes aumentan, sin embargo, no hay que descartar los niveles ideales de acuerdo a los iones del nivel del mar. El p valor (0.5379) nos demuestra que se acepta la hipótesis nula (Figura 18).

Figura 18

Correlación del ion magnesio y longitud de larvas de camarón obtenidas

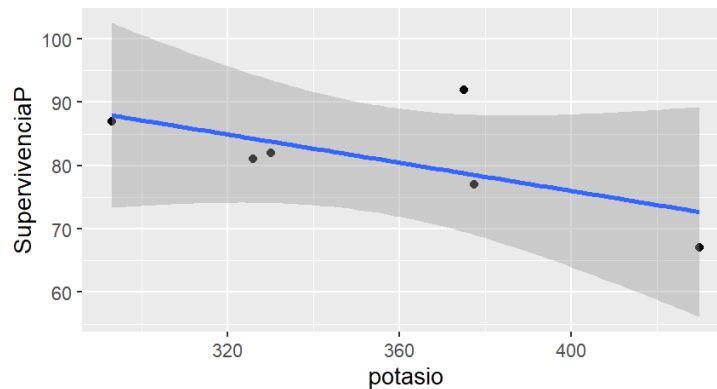


De la misma manera se realizó la correlación entre las variables potasio y supervivencia y se demostró la correlación existente. De la misma manera la correlación es negativa (-0.6292062), aceptando la hipótesis nula debido a que el valor p resulto de 0,1807 con un IC = 95%. (Anexo V)

La supervivencia no fue afectada por el ion potasio, debido a que durante todo el ciclo productivo se mantuvo en los rangos ideales, sin embargo, la Figura 19 nos indica que mientras el nivel de potasio baja la supervivencia aumenta, en el caso de los tanques con tratamiento. En el tanque testigo se observó menor supervivencia debido a que sus rangos de salinidad eran altos y por ende necesitaba una cantidad mayor de potasio.

Figura 19

Correlación del ion potasio y la supervivencia de las larvas de camarón

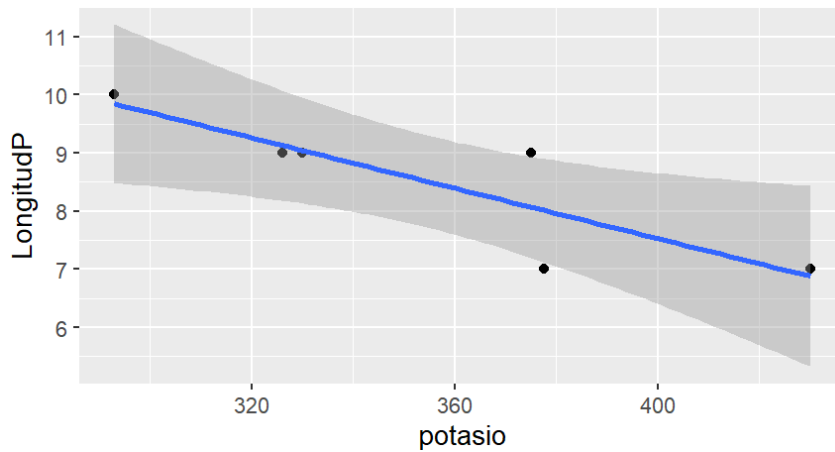


Los datos de longitud presentaron una correlación de -0.8598869 frente a la variable Potasio, esto nos indica que existe una correlación negativa fuerte. Por otro lado en esta correlación rechazamos la hipótesis nula, demostrando que existe una correlación significativa (p valor = 0.02807) (Anexo VI)

A través de la figura 20, demostramos que el balance iónico correcto ayudaría de manera beneficiosa el crecimiento larvario del camarón, a medida que el potasio baja en el agua para mantener el balance referente a la salinidad, la longitud aumenta, en este caso, al llegar a los rangos ideales de este mineral, las larvas de camarón lograrían alcanzar una longitud mejor a la reportada en este estudio.

Figura 20

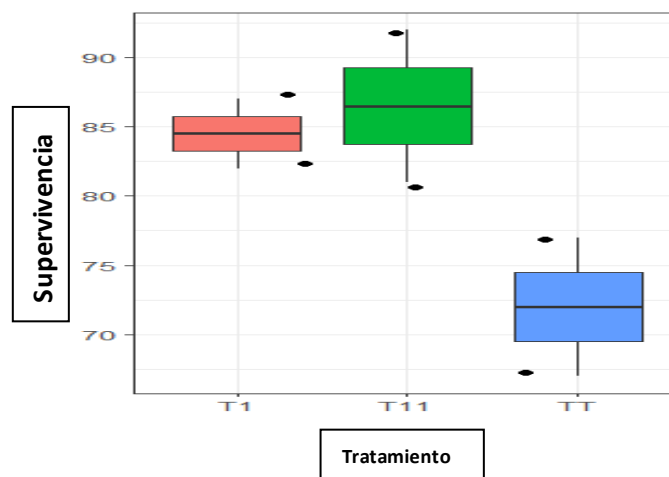
Correlación del ion potasio y la longitud larvaria del camarón



El análisis de ANOVA aplicado fue de una vía y se tomaron los datos de supervivencia y longitud de cada tanque para el procesamiento de datos. El análisis demostró que por el número de datos se puede determinar una distribución normal (Anexo VII) sin diferencias significativas (Anexo VIII). Se observa que los datos más altos de medianas de supervivencia se presentan en los tanques T1 y T11, destacando que T11 presenta valor máximo de 92% (Figura 21).

Figura 21

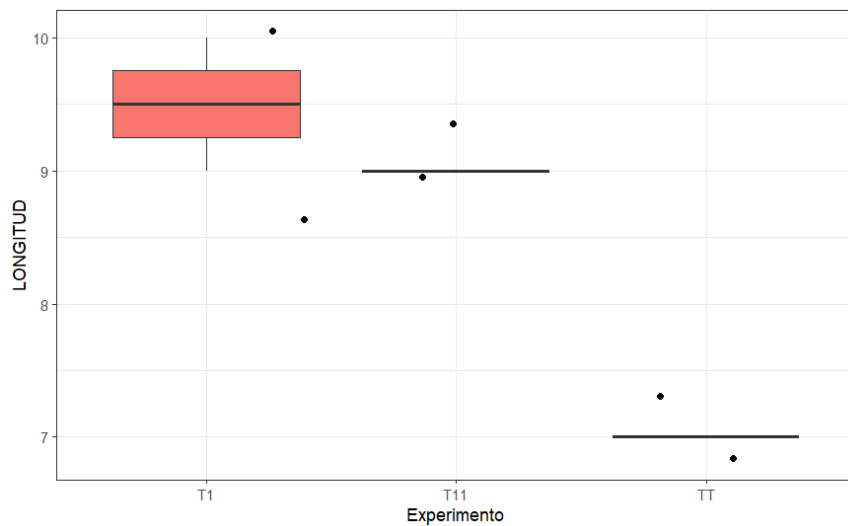
Medidas de tendencia central del porcentaje de supervivencia y las muestras determinadas P110



Los datos referentes a la longitud de los camarones en el estadio PL₁₀ demostraron que también existe normalidad en los datos. Sin embargo, si existen diferencias significativas entre las longitudes y los tratamientos aplicados. Se enfatiza que los valores de los tanque 11 y testigo fueron los mismos en ambos ciclos, por lo que los rangos mínimos y máximos y la mediana son muy similares entre ellos. No obstante, se aborda que las longitudes más altas se presentan en el tanque 1 que tuvo compensaciones y un balance iónico con más estabilidad (Figura 22).

Figura 22

Medidas de tendencia central de los tipos de tratamientos y la longitud de las poblaciones de larvas de camarón en estadio PL10



5. DISCUSIÓN

En el presente trabajo se determina que un adecuado control del balance iónico de Mg, K y Ca en aguas con baja salinidad conduce a una mayor supervivencia y un mejor desarrollo de los organismos. Estos resultados coinciden con la investigación obtenida por McNevin et al. (2007), quienes también encontraron niveles bajos de magnesio y potasio en aguas de baja salinidad en un cultivo de camarones marinos. En su investigación, con una salinidad de 2,4 mg/L y niveles de K y Mg de 6,2 mg/L y 4,6 mg/L respectivamente, lograron mejorar la supervivencia del organismo al realizar compensaciones con sulfato de potasio y magnesio, alcanzando una tasa de supervivencia del 67% en comparación con el 19% del año anterior. Esto evidencia que los bajos niveles de estos iones pueden ocasionar mortalidad en los estanques de producción.

Por otro lado, el estudio de Lucena et al. (2006), demostró que diferentes tratamientos e implementación de aguas preparadas afectan la supervivencia de los camarones. Estas aguas fueron el producto de la combinación de agua de mar diluida con agua de lluvia y agua compensada con potasio alcanzando una supervivencia del 95% en ambos tanques experimentales; mientras que, el tanque con agua de pozo, con niveles deficientes de iones, alcanzó el 81% de supervivencia. Aunque el crecimiento fue similar en todos los tanques, la falta de iones afectó la supervivencia de los juveniles.

El presente estudio realizado resalta la importancia de mantener niveles estables de Mg y K para lograr una supervivencia óptima. Sin embargo, se reporta que los bajos

niveles de calcio intervienen directamente con problemas en la muda del organismo, afectando su desarrollo y crecimiento.

En otro estudio realizado por Ricardo (2022), se observó una variabilidad en los niveles de calcio, magnesio y potasio durante los ciclos de producción de larvas de camarón. La supervivencia varió entre los ciclos, siendo el ciclo 2 el más afectado con una supervivencia del 61,8%. Además, se encontró que niveles óptimos de Mg y K se asociaron con una mayor supervivencia y desarrollo larvario. La longitud de las larvas de camarón alcanzó 8 mm, mientras que, nuestro estudio logró alcanzar hasta 10 mm. De la misma manera sucedió con el peso final de las larvas de camarón, donde alcanzó un peso promedio de 5 mg, y en un medio de cultivo compensado diariamente expuesto en nuestra investigación alcanzó hasta 7 mg, esto evidencia que al no realizar compensación iónica dentro del medio de cultivo puede afectar de manera significativa el desarrollo larvario del organismo.

En relación a los resultados expuestos anteriormente, la investigación de Valenzuela et al. (2017) detalla la influencia que tienen los iones en el desarrollo del camarón bajo un cultivo controlado. En este estudio evaluó pesos y tallas del camarón tomando en cuenta la composición iónica en cada tanque experimental. Además, relacionó los niveles de iones con la supervivencia final. De los 4 tratamientos realizados, 3 fueron a una salinidad baja y 1 de control, es decir a una salinidad normal, donde los iones resultaron mejor en el T1 y T control, obteniendo un promedio de tallas mayor a 12 g y una supervivencia de 80% promedio en ambos tratamientos, sin embargo, los tratamientos (T3 y T4) obtuvieron un peso de 10 g y una supervivencia de 76% debido a

que la deficiencia de iones era mayor, esto demuestra que los iones afectan directamente al desarrollo del camarón.

En el estudio realizado por Miranda et al. (2010) señalan que las postlarvas pueden desarrollarse en aguas dulces de la misma manera que en aguas a salinidades altas, recalcando la importancia del balance iónico. El cultivo realizado de postlarvas en este estudio se realizó en agua dulce, obteniendo como resultado en su transferencia del 80% de supervivencia, llevando un balance iónico estable, sin embargo, después de su traslado, se aclimató las larvas y se analizó durante todo su ciclo de producción (94 días). Se realizó análisis para comprobar los niveles de iones diariamente y se mantuvo un balance iónico favorable (Ca = 158 mg/L; Mg = 50 mg/L; K = 9.3 mg/L), obteniendo así una supervivencia de camarones finales del 65,19%, y un peso promedio de 10.66 g.

De la misma manera se analizó los diferentes factores que afectaron la supervivencia, demostrando como posibles causantes insectos acuáticos, además de la presencia de aves silvestres y domésticas. En relación con nuestro estudio, el correcto balance iónico, beneficia positivamente a la supervivencia y desarrollo del camarón, Miranda (2010) nos demuestra que se puede obtener resultados favorables en aguas dulces tomando total importancia a estos minerales.

Valencia (2013) evaluó las respuestas fisiológicas del camarón blanco en cultivos a bajas salinidades, donde evaluó varias fuentes de aguas, sin embargo, la mayoría de réplicas presentaron deficiencias de magnesio y potasio. De 23 réplicas, 8 alcanzaron una supervivencia mayor al 60%, mientras que las 15 réplicas restantes tuvieron una

supervivencia menor a esta. Los niveles de potasio se relacionaron directamente con la supervivencia, al presentar una correlación positiva significativamente directa ($P = 0.015$, $r = 0.5122$). En este estudio se complementó las deficiencias de minerales en 3 tanques experimentales, las cuales registraron supervivencias de 90%. Al mantener un nivel de potasio estable, se logra alcanzar una supervivencia alta en el cultivo de estos organismos. Este estudio tiene concordancia con nuestra investigación, ya que la supervivencia de los tratamientos realizados no se vio afectada, debido a que los niveles del ion K^{+} se mantuvo en los niveles óptimos para el consumo diario del organismo.

Esparza et al. (2009) realizaron una investigación en aguas a bajas salinidades con diferente perfil iónico, evaluando el crecimiento y supervivencia del camarón. Tm el cual era el tratamiento control, presento mejores resultados en comparación a los 4 tratamientos con aguas a bajas salinidades, reportando una supervivencia de 85.55% y un peso medio final de 8.85 g, esto se relacionó a los niveles de iones encontrados ($Ca = 431$ mg/L; $Mg = 1,250$ mg/L; y $K = 520$ mg/L). Sin embargo, los tratamientos en aguas a bajas salinidades, reportaron supervivencias y crecimientos bajos en comparación al Tm, debido a que las concentraciones de Ca, Mg y K no se encontraban en sus niveles ideales para el correcto desarrollo del camarón. Se reporto supervivencias de 75 a 79 %, y pesos medios finales de 6.5 a 7.5 gr. Este estudio confirma que la deficiencia de iones en los medios de cultivo afectará de manera directa en el desarrollo del camarón, además se resalta que, al cultivar estos organismos en aguas a bajas salinidades, los iones del agua tenderán a tener cambios perjudiciales para el camarón.

Dada las indagaciones se comprueba que no hay información en gran proporción sobre el balance iónico en larvas de camarón, sin embargo, se ha tomado en cuenta investigaciones realizadas en camarones juveniles, resaltando que las afectaciones ante un desbalance iónico pueden ser las mismas, o incluso en mayor proporción.

6. CONCLUSIONES

La implementación de minerales comerciales permitió realizar compensación de los iones, magnesio, potasio, calcio y alcalinidad dentro del sistema de producción de camarón, logrando llegar a niveles óptimos para el desarrollo y supervivencia del organismo. De la misma manera se logró evidenciar que el ion calcio es uno de los más importantes y más consumido por el organismo, demostrando que los niveles bajos provocan afectaciones en los procesos fisiológicos del organismo incluyendo la ecdisis o muda del exoesqueleto, crecimiento y peso.

El correcto balance del perfil iónico (Mg, K y Ca) en aguas a bajas salinidades beneficia el desarrollo y sobre todo la supervivencia del organismo. La incorporación de minerales comerciales evita la deficiencia de iones en el agua de cultivo, permitiendo el desarrollo normal en la etapa larvaria del camarón evitando afectación en los procesos fisiológicos. Se demuestra la diferencia que existe entre un sistema de producción bajo un control establecido de balance iónico y un sistema de producción sin compensación, exponiendo que los mejores resultados se obtuvieron en los tanques de experimentación de control de iones.

De los ciclos evaluados, los mejores resultados se obtuvieron en el ciclo A, con organismos con tallas, pesos y supervivencia superiores en comparación al ciclo B, exponiendo que, al llevar un control y un correcto balance iónico, sin deficiencias elevadas se puede llegar a obtener una producción estable y sobre todo de alta calidad.

7. RECOMENDACIONES

El estudio realizado sobre compensaciones iónicas tuvo un corto tiempo de análisis, por lo que se recomienda seguir aplicando los distintos procesos recomendados y realizar un análisis a largo plazo para comprobar de una manera más segura que los iones son importantes dentro de un sistema de cultivo.

Efectuar análisis del perfil iónico (Mg, K, Ca) por fotometría con mayor frecuencia en cada ciclo productivo, esto ayudará a tomar decisiones adecuadas para mantener un balance iónico más efectivo.

El tema de balance iónico implementado en larvas de camarón no tiene la debida importancia dentro de la acuicultura, si bien es cierto, el balance iónico se ha implementado mayormente en producciones de camarones juveniles, por lo que se recomienda incentivar a realizar más experimentaciones en el área de larvicultura, estableciendo protocolos que ayuden al buen manejo de calidad de agua y perfil iónico, de esta manera se comprenderá mejor la importancia de estos iones y sobre todo beneficiara a la calidad de las larvas de camarón

BIBLIOGRAFÍAS

Acuimpo S.A. (Enero de 2020). *Cloruro de magnesio* . Fichas técnicas:

https://www.acuimpo.com/wp-content/uploads/2020/01/ACMG_Ficha_Tecnica_Acuimpo_08_01_20.pdf

Anaya, R. (2005). Cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, Boone (1931) en sistema cerrado a alta densidad. *CICESE*.

<https://doi.org/http://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/1144>

Boyd, C. (02 de Abril de 2018). Revisando el desequilibrio iónico en el cultivo de camarón a baja salinidad. *Global Aquaculture Advocate*. Seafood Alliance:

<https://www.globalseafood.org/advocate/revisando-el-desequilibrio-ionico-en-el-cultivo-de-camaron-a-baja-salinidad/>

Briceño, S. (18 de Diciembre de 2020). *Relevancia del balance iónico para la cría de camarones*. Que es el balance ionico:

[https://www.molinoschampion.com/relevancia-del-balance-ionico-para-la-cria-de-](https://www.molinoschampion.com/relevancia-del-balance-ionico-para-la-cria-de-camarones/#:~:text=El%20balance%20i%C3%B3nico%20es%20el,en%20las%20piscinas%20de%20engorde.)

[camarones/#:~:text=El%20balance%20i%C3%B3nico%20es%20el,en%20las%20piscinas%20de%20engorde.](https://www.molinoschampion.com/relevancia-del-balance-ionico-para-la-cria-de-camarones/#:~:text=El%20balance%20i%C3%B3nico%20es%20el,en%20las%20piscinas%20de%20engorde.)

Calero, A. A. (21 de Agosto de 2019). *Importancia del reconocimiento de las enfermedades producidas por hongos durante el cultivo del camarón blanco*

litopenaeus vannamei. Repositorio Institucional Univerdiad Tecnica de Machala: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/14667>

Carvajal Toral, L. (17 de Abril de 2017). *Rol de los iones Na^+ , K^+ y Cl^- en el camarón*.

ADM: <https://www.balnova.com/rol-de-los-iones-na%E2%81%BA-k%E2%81%BA-y-cl%C2%AF-en-el-camaron/>

- Carvajal, L. (2014 de Febrero de 2014). *Alcalinidad*. ADM:
<https://www.balnova.com/alcalinidad/>
- Carvajal, L. (20 de Marzo de 2019). *Los perfiles iónicos inestables de las aguas de baja salinidad causan estrés osmótico en el camarón cultivado tierra adentro*. Balnova:
<https://www.balnova.com/los-perfiles-ionicos-inestables-de-las-aguas-de-baja-salinidad-causan-estres-osmotico-en-el-camaron-cultivado-tierra-adentro/>
- Chavez, D. (15 de Diciembre de 2021). *Balance iónico en cultivo de camarón blanco Litopenaeus vannamei*. <https://es.linkedin.com/pulse/balance-i%C3%B3nico-en-cultivo-de-camar%C3%B3n-blanco-vannamei-ch%C3%A1vez-garcia>
- Ching, C., & Sanchez, D. (Marzo de 2007). *La alcalinidad en el agua de cultivo del camarón de mar L. vannamei*. Nicovita :
https://www.academia.edu/35764057/la_alcalinidad_en_el_agua_de_cultivo_del_camar%C3%93n_de_mar_Litopenaeus_vannamei
- Chuya, N., Molina, C., & Monserrate, M. (Julio de 2023). *Producción de Litopenaeus vannamei en baja salinidad usando una dieta modificada iónicamente*.
<https://www.skretting.com/siteassets/products/33-produccion-de-litopenaeus-vannamei.pdf?v=4a395e>
- Crespin, Á. N., Cevallos, H. V., Montealegre, V. J., & Cordero, P. Q. (2021). Análisis de la producción de camarón en el Ecuador para su exportación a la Unión Europea en el período 2015-2020. *Polo del conocimiento*, 6(9), 1040-1058.
<https://doi.org/https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8094522>
- Dagnino, J. (2014). Correlación de pearson. *Revista Chilena de Anestesia*, 43(2), 150-153. <https://doi.org/https://doi.org/10.25237/revchilanestv43n02.15>

- Esparza-Leal, H., Ponce-Palafox, J. T., Valenzuela-Quiñónez, W., Cabanillas-Beltrán, H., & Arredondo-Figueroa, J. (2009). The Effect of Low Salinity Water with Different Ionic Composition on the Growth and Survival of *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in Intensive Culture. *Journal of Applied Aquaculture*, 21, 215-227. <https://doi.org/10.1080/10454430903113958>
- Espinoza, L., & al., E. (06 de Agosto de 2012). *Influencia de iones minerales en el desarrollo de camarón de cultivo Litopenaeus Vannamei*. Laboratorio de Análisis Biológicos.: Industria Acuícola Vol. 8.5
- Goytortua, B., Andrade, E., Cadena, K., Civera, M., & Roberto. (Abril de 2023). *Manual para la identificación de estadios larvales del camarón blanco del pacífico Litopenaeus vannamei*. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/3175>
- Gutierrez, N. (18 de Julio de 2014). *CALIDAD DEL AGUA EN LA ACUACULTURA*. Agricultura y desarrollo Rural: <https://sader.jalisco.gob.mx/fomento-acuicola-y-pesquero-e-inocuidad/519>
- Lizárraga, F. B., Soto, M. N., Jasso, A. M., Reyes, C. R., Campaña, L. F., Salas, A. O., & Valdez, P. P. (2017). Efecto de la temperatura y salinidad en el crecimiento larval de *Litopenaeus vannamei*. *Revista de biología marina y oceanografía*, 52(3), 611-615. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572017000300016>
- Lucena, A., Leonardi, G., Pichardo, G., & Farci, G. (2006). Sobrevivencia de las larvas de camarón a baja salinidad. *Revista Educare - UPEL-IPB*, 10(1). <https://doi.org/https://revistas.investigacion-upelipb.com/index.php/educare/article/view/320>
- McNevin, A. A., Boyd, C. E., Silapajarn, O., & Silapajarn, K. (2007). Ionic Supplementation of Pond Waters for Inland Culture of Marine Shrimp. *Journal of*

the World Aquaculture Society, 35(4), 460-467. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2004.tb00111.x>

Miranda, I., Valles, J. L., & Álvarez, R. S. (2010). Culture of Marine Shrimp *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931) in Freshwater. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 20(4), 339-346. https://doi.org/https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592010000400002

Ricardo, M. (2022). *Incidencia de los niveles de calcio, magnesio, potasio y su impacto en el desarrollo larvario del litopenaeus vannamei en los meses de marzo a junio en la zona de chanduy - provincia de santa elena*. Espol. FCNM: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/56511>

Ríos, L. D., Barrios, Y. C., Salotén, M. G., Farnés, O. C., Alarcón, H. C., & Cruz, A. A. (2022). Principales factores que modifican el sistema inmune en camarones peneidos estrategias para un cultivo sostenible. *Revista de Producción Animal*, 31(1), 103-126. https://doi.org/http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202022000100103&lng=es&tlng=es.

Rodríguez, H., & Ánzola, E. (2001). *La calidad del agua y la productividad de un estanque en acuicultura*. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/34940>

Schneider, D. (13 de Julio de 2020). *Una mirada a la industria del camarón en Ecuador*. <https://www.rtsinternational.com/es/article/una-mirada-la-industria-del-camar%C3%B3n-en-ecuador>

Springs, B. L. (2017). *YSI 9300 and 9500 Photometers - User Manua*. YSI: <https://www.ySI.com/9500>

- Tagle, E. (15 de Marzo de 2021). *Historia del camarón en Ecuador, innovación y desarrollo*. Incatrailfoods: <https://incatrailfoods.com/news/historia-del-camaron-en-ecuador-innovacion-y-desarrollo/>
- Toral, L. C. (17 de Abril de 2017). *Rol de los iones Na^+ , K^+ y Cl^- en el camarón*. Balanceados Nova S.A: <https://www.balnova.com/rol-de-los-iones-na%E2%81%BA-k%E2%81%BA-y-cl%C2%AF-en-el-camaron/>
- Valencia, G. C. (2013). *Respuesta de *litopenaeus vannamei* a diferentes aguas de baja salinidad del noroeste de México : evaluación de la supervivencia y crecimiento en el corto y mediano plazo*. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/208210>
- Valenzuela-Madrigal, I. E., Valenzuela-Quiñónez, W., Esparza-Leal, H. M., & Rodríguez-Quiroz, G. (2017). Effects of ionic composition on growth and survival of white shrimp *Litopenaeus vannamei* culture at low-salinity well water. *Revista de Biología Marina Y Oceanografía*, 52(1), 103-112. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572017000100008>
- Vinatea, L. (2006). Principios químicos de calidad de agua en acuicultura una revisión para peces y camarones. 2, 96-157. https://doi.org/https://www.academia.edu/50857947/Libro_de_Luis_Vinatea_Principios_Quimicos_Calidad_de_Agua_en_Acuicultura_Espa%C3%B1ol_2_edici%C3%B3n

ANEXOS

Anexo I: Correlación de Pearson entre las variables calcio y supervivencia

```
Pearson's product-moment correlation

data: Calcio and supervivencia
t = 0.083109, df = 4, p-value = 0.9378
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -0.7968939  0.8252725
sample estimates:
      cor
0.04151876
```

Anexo II: Correlación de Pearson entre las variables calcio y longitud

```
Pearson's product-moment correlation

data: Calcio and Longitud
t = -1.0238, df = 4, p-value = 0.3638
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -0.9251156  0.5647454
sample estimates:
      cor
-0.4556535
```

Anexo III: Correlación de Pearson entre las variables magnesio y supervivencia

```
Pearson's product-moment correlation

data: Magnesio and Supervivencia
t = -0.82411, df = 4, p-value = 0.4562
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -0.9109007  0.6232991
sample estimates:
      cor
-0.3809783
```

Anexo IV: Correlación de Pearson entre las variables magnesio y longitud

```
Pearson's product-moment correlation

data: Magnesio and Longitud
t = -0.67283, df = 4, p-value = 0.5379
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -0.8980327  0.6647133
sample estimates:
      cor
-0.3188574
```

Anexo V: Correlación de Pearson entre las variables Potasio y supervivencia

```
Pearson's product-moment correlation

data: potasio and SupervivenciaP
t = -1.6191, df = 4, p-value = 0.1807
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -0.9537468  0.3726394
sample estimates:
      cor
-0.6292062
```

Anexo VI: Correlación de Pearson entre las variables Potasio y longitud

```
Pearson's product-moment correlation

data: potasio and LongitudP
t = -3.3689, df = 4, p-value = 0.02807
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -0.9844493 -0.1599397
sample estimates:
      cor
-0.8598869
```

Anexo VII. Prueba aplicada para la determinación de normalidad de los datos de supervivencia

```

Shapiro-wilk normality test

data: AnovaRodriguez$PL10
W = 0.97256, p-value = 0.9092
    
```

Anexo VIII. ANOVA de una vía aplicada en el porcentaje de supervivencia y los tipos de tratamientos

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Experimento	2	247	123.5	3.012	0.192
Residuals	3	123	41.0		

Anexo IX. Prueba de normalidad de los datos de longitud de PL₁₀ y tipo de tratamiento

```

Shapiro-wilk normality test

data: AnovaRodriguez$LONGITUD
W = 0.8269, p-value = 0.1012
    
```

Anexo X. ANOVA de una vía para la longitud de los camarones en estadio PL₁₀ y tipo de tratamiento

```

          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Experimento  2    7.0   3.500    21 0.0172
Residuals   3    0.5   0.167

Experimento *
Residuals
---
Signif. codes:
  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1
  ' ' 1
    
```

Anexo XI: Valores de calcio encontrados en los tanques analizados

Estadio	Z3	M3	P14	P18
Tanque 1	225	40	150	155
Tanque 11	200	157	163	134
Tanque 6	129	175	159	157

Estadio	Z3	M3	P14	P18
Tanque 1	124	151	149	158
Tanque 11	140	150	150	144
Tanque 6	147	146	165	157

Anexo XII: Valores de magnesio encontrados en los tanques analizados

Estadio	Z3	M3	P14	P18
Tanque 1	1800	1280	1280	680
Tanque 11	2000	1440	1240	1800
Tanque 6	2000	2000	2000	1600

Estadio	Z3	M3	P14	P18
Tanque 1	1440	1120	1017	950
Tanque 11	1600	1040	920	690
Tanque 6	1640	1160	1200	1160

Anexo XIII: Valores de potasio encontrados en los tanques analizados

Estadio	Z3	M3	P14	P18
Tanque 1	360	336	328	148
Tanque 11	420	344	336	400
Tanque 6	400	480	420	420

Estadio	Z3	M3	P14	P18
Tanque 1	420	320	380	200
Tanque 11	440	320	304	240
Tanque 6	400	400	360	350

Anexo XIV: Análisis microscópico y macroscópico



Anexo XV: Despacho y Pelegramo final de los tanques evaluados



Anexo XVI: Análisis de agua por fotómetro (Perfil iónico)



Anexo XVII: Instrumento de medición de oxígeno disuelto y temperatura



Anexo XVIII: Observación microscópica de larvas de camarón en el laboratorio

Alpilab

