



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD CIENCIAS DEL MAR**

**CARRERA DE BIOLOGÍA**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

ANÁLISIS DE BALANCE IÓNICO INCORPORANDO FUENTES COLOIDALES DE CALCIO, MAGNESIO, POTASIO Y SU RELACIÓN CON LA MUDA EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CAMARONES JUVENILES *Penaeus vannamei*.

**AUTOR:**

Alejandro Reyes Ariana Lilibeth

**TUTOR:**

Blga. Dennis Tomalá Solano, M.Sc.

**LA LIBERTAD-ECUADOR**

**2025**

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD CIENCIAS DEL MAR**

**CARRERA DE BIOLOGÍA**

ANÁLISIS DE BALANCE IÓNICO INCORPORANDO FUENTES COLOIDALES DE CALCIO, MAGNESIO, POTASIO Y SU RELACIÓN CON LA MUDA EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CAMARONES JUVENILES *Penaeus vannamei*.

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGA

**AUTOR:**

Alejandro Reyes Ariana Lilibeth

**TUTOR:**

Blga. Dennis Tomalá Solano, M.Sc.

**LA LIBERTAD-ECUADOR**

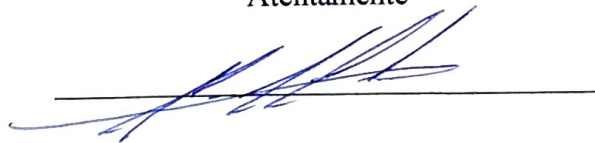
**2025**

UPSE

## DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular ANÁLISIS DE BALANCE IÓNICO INCORPORANDO FUENTES COLOIDALES DE CALCIO, MAGNESIO, POTASIO Y SU RELACIÓN CON LA MUDA EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CAMARONES JUVENILES *Penaeus vannamei*. Elaborado por estudiante ARIANA LILIBETH ALEJANDRO REYES, 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 Bióloga, me permito declarar que luego de haber evaluado el desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, declaro que se encuentra apto para su sustentación.

Atentamente



Ing. Raúl Moreno Farfán, M.Sc.

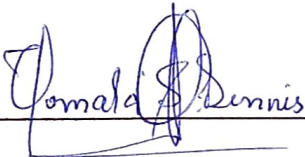
DOCENTE DE ÁREA

C.I. 0104607320

## DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Integración Curricular, ANÁLISIS DE BALANCE IÓNICO INCORPORANDO FUENTES COLOIDALES DE CALCIO, MAGNESIO, POTASIO Y SU RELACIÓN CON LA MUDA EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CAMARONES JUVENILES *Penaeus vannamei*. elaborado por ARIANA LILIBETH ALEJANDRO REYES, 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 Bióloga, 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 "Dennis Tomalá Solano", is written over a horizontal line.

Blga Dennis Tomalá Solano, M. Sc.

DOCENTE TUTOR

C.I. 0922584982

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme sabiduría para poder culminar mi carrera, por darme las fuerzas para poder seguir adelante a pesar de las adversidades.

A mi mamá Mónica Reyes Tomalá y a mi hermana Angie Alejandro Reyes, quienes siempre estuvieron en todo momento para mí, siendo el pilar fundamental para alcanzar esta meta importante en mi vida.

A mi ángel Hugo Alejandro, que desde el cielo me acompaña y me cuida.

A mi abuelita Pilar Tomalá y tía Eliana Alejandro quienes estuvieron dentro de mi proceso estudiantil.

A Pedro Orrala quien fue parte de mi proceso académico, apoyándome a no rendirme, brindándome su apoyo cuando más lo necesite.

**Ariana Lilibeth Alejandro Reyes**

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mis más sinceros agradecimientos a la UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA por brindarme la oportunidad de llegar a ser una profesional, a los docentes de la facultad por haberme brindado sus conocimientos.

A la Blga. Dennis Tómalá Solano M. Sc, por ser una buena tutora y guía a lo largo de este proceso.

A la empresa RED BARN por abrirme las puertas para poder desarrollar mi trabajo de investigación.

De manera especial a los Ing. Carlos Bravo y Juan Bravo, por haber estado presente a lo largo del desarrollo experimental, brindándome sus conocimientos para poder terminar con éxito.

Al Blgo. Rodrigo Coello por haberme guiado a lo largo de este proceso experimental.

A la Blga. Mercy Troya Castro y Blga. Maria Ángeles Rivadeneira, por enseñarme con paciencia, por responder cada duda y por motivarme a seguir aprendiendo.

A mis amigos Krystell Palma, Geovanni Suarez, Wellington Alejandro por brindarme su apoyo durante toda mi carrera universitaria.

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Trabajo de Integración Curricular presentado por **ARIANA LILIBETH ALEJANDRO REYES** 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: 7 de julio del 2025



Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc.

**DIRECTOR DE CARRERA  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Ing. Raúl Moreno Farfán, M.Sc.

**DOCENTE DE ÁREA  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



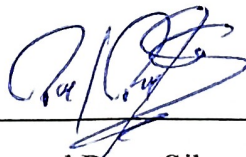
Blga. Dennis Tomalá Solano, M.Sc.

**DOCENTE TUTOR  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Blgo. Richard Duque Marín, Mgt.

**DOCENTE GUÍA DE LA UIC II  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Lcdo. Pascual Roca Silvestre, Mgt.

**SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL**

## DECLARACIÓN EXPRESA

El compromiso y responsabilidad por los datos, análisis y resultados emitidos en este Trabajo de Integración Curricular me pertenecen exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE).

Ariana Alejandro R.

**ALEJANDRO REYES ARIANA LILIBETH**

**C.I. 2450386111**

## INDICE GENERAL

1.	RESUMEN .....	1
2.	INTRODUCCIÓN .....	3
3.	JUSTIFICACIÓN .....	7
4.	OBJETIVO GENERAL .....	9
5.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	9
6.	HIPÓTESIS .....	10
7.	MARCO TEÓRICO .....	11
7.1.	Características de la especie <i>Penaeus vannamei</i> .....	11
7.2.	Taxonomía del camarón .....	11
7.3.	Importancia económica .....	12
7.4.	Balance iónico en sistemas de cultivo de camarones .....	13
7.5.1.	Calcio .....	14
7.8.1.	Fuentes tradicionales .....	17
7.8.7.	Magnesio .....	21
7.8.8.	Potasio .....	21
8.	MARCO METODOLÓGICO .....	30
8.1.	Descripción de la zona de estudio .....	30

8.2.	Diseño experimental.....	31
8.3.	Parámetros físicos químicos .....	33
8.4.	Análisis de iones por fotometría.....	34
8.5.	Calcio.....	34
8.6.	Magnesio .....	35
8.7.	Potasio .....	35
8.8.	Mediciones biométricas.....	36
8.9.	Análisis morfológico de los urópodos.....	36
8.10.	Análisis estadístico .....	38
8.11.	Ganancia de peso .....	39
8.12.	Índice de conversión alimenticia (ICA) .....	39
8.13.	Sobrevivencia .....	39
9.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	40
10.	DISCUSIÓN.....	53
10.1.	CONCLUSIONES.....	58
10.2.	RECOMENDACIONES .....	59
11.	BIBLIOGRAFIA .....	60
12.	ANEXOS.....	70

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Penaeus vannamei</i> .....	12
Figura 2 Fuentes coloidales comerciales de calcio, magnesio y potasio. ....	20
Figura 3 Identificación de estadios de muda Robertson (1987).....	23
Figura 4 Cambios morfológicos en los urópodos durante el ciclo de muda de <i>P. vannamei</i> . ....	25
Figura 5 Ubicación del área de estudio en la provincia del Guayas .....	31
Figura 6 Diseño experimental en juveniles de <i>P. vannamei</i> con fuentes coloidales y tradicionales. ....	32
Figura 7 Estadios de muda del camarón (Robertson, et al., 1987).....	37
Figura 8 Niveles de alcalinidad de fuentes coloidales y tradicionales en tratamientos experimentales en juveniles de <i>P. vannamei</i> . ....	41
Figura 9 Niveles de calcio de fuentes coloidales y tradicionales en tratamientos experimentales en juveniles de <i>P. vannamei</i> . ....	43
Figura 10 Niveles de dureza cálcica de fuentes coloidales y tradicionales en tratamientos experimentales en juveniles de <i>P. vannamei</i> . ....	44
Figura 11 Niveles de magnesio de fuentes coloidales y tradicionales en tratamientos .....	45
Figura 12 Niveles de potasio de fuentes coloidales y tradicionales en tratamientos experimentales en juveniles de <i>P. vannamei</i> . ....	46
Figura 13 Porcentajes de estadios de muda observados en el tratamiento T1 con fuentes coloidales. ....	47
Figura 14 Porcentajes de estadios de muda observados en el tratamiento T1 con	

fuentes tradicionales.....	48
Figura 15 Identificación microscópica de estadios de muda en <i>P vannamei</i> .....	49
Figura 16 Evaluación de la normalidad de datos de peso de <i>P. vannamei</i> .....	51

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1 Iones relacionados a la salinidad del agua del mar (Boyd, 2018).....	13
Tabla 2 Concentraciones recomendadas de iones en aguas de baja salinidad para cultivo de camarón. ....	36
Tabla 3 Estadios de muda de <i>P. vannamei</i> (Echeverría, 2002).....	38

## GLOSARIO Y SIMBOLOGÍA

**Balance iónico:** Concepto fundamental en el análisis de aguas, basado en el principio de que las soluciones son eléctricamente neutras.

**Calcio:** Elemento químico metálico, de número atómico 20, de color blanco o gris, blando y muy ligero, muy abundante en la corteza terrestre en forma de carbonato o de sulfato.

**Magnesio:** Elemento químico metálico, de número atómico 12, maleable, muy abundante en la corteza terrestre.

**Potasio:** Elemento químico metálico, alcalino, de número atómico 19, fundamental en las funciones celulares.

**Producción acuícola:** Actividad que consiste en el cultivo y producción de organismos acuáticos de agua dulce o salada.

**Supervivencia:** Capacidad del organismo acuático de mantenerse vivo y saludable en el ambiente artificial.

**Réplica:** Repetición de procesos para asegurar la calidad y confiabilidad de los datos o análisis.

**Fotómetro:** Instrumento que sirve para medir la intensidad de la luz o para comparar las intensidades relativas de dos fuentes de luz.

**Osmorregulación:** Proceso mediante el cual los organismos vivos mantienen el equilibrio adecuado de agua y sales (electrolitos) en sus fluidos corporales.

**Exuviación:** Proceso de muda o desprendimiento del exoesqueleto.

**Densidades:** Se refiere a la cantidad de organismos acuáticos, por unidad de área.

**Biodisponibilidad:** Proporción de un nutriente o sustancia presente en el alimento o en el entorno acuático.

**Sedimentos:** Acumulación de materia orgánica e inorgánica en el fondo de los cuerpos de agua utilizados para la producción acuícola.

**Condiciones ambientales:** Conjunto de factores físicos, químicos y biológicos que rodean a los organismos cultivados.

**Ecdisteroides:** Clase de hormonas esteroides que controlan la muda.

**Osmótico:** Regulación del equilibrio hídrico y salino dentro de los organismos acuáticos cultivados.

**Productividad:** Capacidad de un sistema de cultivo para generar biomasa.

**Catalizador:** Sustancia añadida en pequeñas cantidades que acelera o mejora procesos biológicos o químicos sin ser consumida en el proceso.

**Glucógeno:** Forma de almacenamiento de glucosa en los animales acuáticos.

**Pasta floable:** Se refiere a productos que contienen un ingrediente activo en suspensión, generalmente un polvo, en agua.

**Ictiómetro:** Instrumento utilizado para medir la longitud de los peces.

## ABREVIATURAS

**pH** = Potencial de Hidrógeno

**PPT** = Partes por mil

**nm** = nanómetro

**µm** = micrómetro

**°C** = grados centígrados

**mg/L** = miligramos/litros

**L** = Litros

**Ca** = Calcio

**Mg** = Magnesio

**K** = Potasio

**G** = gramos

**Cel/ml** = Células/mililitro.

## 1. RESUMEN

En los sistemas de producción acuícola el balance iónico es un elemento importante, que requieren de un equilibrio para su desarrollo óptimo. Asimismo, un desequilibrio puede impactar de manera adversa en el crecimiento y la supervivencia de los organismos. El presente estudio se realizó con el objetivo de analizar el balance iónico a partir de fuentes coloidales y fuentes tradicionales de carbonato calcio, cloruro de magnesio y cloruro potasio en una producción de camarones juveniles mediante el uso de fotometría, con la finalidad de mejorar su crecimiento y desarrollo. Se utilizaron 6 unidades experimentales de 1000 L, con una densidad de 50 camarones de 5 g distribuidos de forma aleatoria, aplicándose dos tratamientos, con 3 réplicas a una salinidad de 3 ppt. Se determinaron semanalmente los niveles de Ca, Mg, K mediante el fotómetro; se escogieron 3 camarones al azar de cada réplica para el análisis morfológico de urópodos y determinar el estadio de ecdisis. Estadísticamente, no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos (P valor > 0,05) (0,17). Sin embargo, el T1 demostró una mayor eficacia para mantener los niveles óptimos de ion calcio, los bajos niveles de magnesio influyó en la baja eficiencia energética de los juveniles y los niveles de potasio se mantuvieron relativamente estables, contribuyendo en los procesos de muda y la osmorregulación. En el T1 se obtuvo mayor número de mudas, 51% en Premuda, 31% en postmuda, 9% en Exuviación y en el T2 el estadio de Intermuda fue mayor con el 32%, Premuda con el 40%, Postmuda con el 25% y Exuviación 4%. Se presenta mejor crecimiento en la utilización de fuentes coloidales con una mínima diferencia en comparación a las fuentes tradicionales. Asimismo, el T1 presentó un porcentaje de supervivencia, siendo superior al T2 con un 41%. Finalmente, el tratamiento con fuentes coloidales (T1) mostró mayor estabilidad en la calidad del agua, menor proliferación de fitoplancton y mejores condiciones para el crecimiento y muda de los camarones.

**Palabras claves:** Balance iónico, Estadios de Muda, Osmorregulación, Fotometría.

## ***ABSTRACT***

In aquaculture production systems, ion balance is an important element, which requires an appropriate balance of ions for optimal development. Ion imbalance can adversely impact the growth and survival of organisms. The present study was carried out with the objective of analyzing the ionic balance from colloidal sources and traditional sources of calcium carbonate, magnesium chloride and potassium chloride in a juvenile shrimp production using photometry, with the purpose of improving their growth and development. Six plastic tanks with a capacity of 1000 L were used, where 50 shrimp of 5 g were randomly distributed, applying two treatments, with 3 replicates at a salinity of 3 ppt. The levels of Ca, Mg, K were determined weekly by photometer; 3 shrimp were chosen at random from each replicate for the morphological analysis of uropods. Statistically, there were no significant differences between the treatments ( $P$  value  $> 0,05$ ) (0,17). However, T1 showed greater efficiency in maintaining optimal levels of calcium ion, low magnesium levels influenced the low energy efficiency of juveniles, potassium levels remained relatively stable, contributing to molting processes and osmoregulation. In T1, a higher number of molts were obtained, 51% in Pre-moult, 31% in Post-moult, 9% in Exuviation, and in T2 the Inter-moult stage was higher with 32%. There is better growth in the use of colloidal sources, however, statistically there were no significant differences.

Likewise, T1 presented a survival rate of 65%, being higher than T2 with 41%. Finally, the treatment with colloidal sources (T1) showed greater stability in water quality, less phytoplankton proliferation and better conditions for shrimp growth and molting.

**Keywords:** Ionic balance, Molting Stages, Osmoregulation, Photometry.

## 2. INTRODUCCIÓN

*Penaeus vannamei*, el camarón blanco del Pacífico es una de las especies más cultivadas a nivel mundial, debido a su rápido crecimiento, buena supervivencia en altas densidades de cultivo, y capacidad de osmorregulación, lo que convierte en una opción ideal para su cultivo a diversas salinidades (Gucic, 2008).

En los sistemas de producción acuícola el balance iónico es un elemento importante, que requieren de un equilibrio apropiado de iones para su desarrollo óptimo. Entre los minerales fundamentales en un cultivo destaca el calcio, magnesio y potasio, influenciando en procesos como la formación del exoesqueleto y la osmorregulación en sistemas de baja salinidad. Un desequilibrio iónico puede impactar negativamente en la supervivencia y el crecimiento de los organismos, lo que enfatiza la necesidad de mantener niveles de concentraciones adecuados en el agua de cultivo (Boyd, 2018).

Utilizar fuentes coloidales de minerales constituye una opción distinta a las fuentes tradicionales, incrementando la biodisponibilidad de los iones y mejorando la absorción por los camarones. Varias investigaciones indican que las fuentes coloidales pueden proporcionar ventajas al reducir la fijación de iones en el suelo

del estanque, lo que extiende la disponibilidad de los nutrientes en el agua y disminuye la necesidad de tratamientos adicionales (Silva, 2022).

El uso de fuentes tradicionales también presenta ciertos desafíos, estos minerales pueden precipitar en el agua, restringiendo su accesibilidad para los organismos. El carbonato de calcio, frecuentemente empleado para incrementar los niveles de calcio, tiene la capacidad de generar sedimentos que no son accesibles para los camarones, perjudicando su crecimiento (Rodríguez,2024). Adicionalmente, la solubilidad de estas sales puede ser alteradas por variaciones en la temperatura y pH del agua, lo que dificulta aún más su uso en sistemas de producción acuícola.

Las fuentes tradicionales continúan siendo frecuentemente utilizadas gracias a su fácil acceso y precio accesible. No obstante, con el progreso de la investigación en acuicultura, ha surgido un interés cada vez mayor en opciones más eficaces, como las fuentes coloidales de minerales, que brindan beneficios en cuanto a biodisponibilidad y estabilidad en el agua de cultivo (Boyd, 2018).

El análisis de las fuentes coloidales en sistemas de producción de camarón permitirá analizar la morfología de los urópodos para determinar el estadio de muda

en estadios juveniles, crecimiento y desarrollo de los camarones, dado que cada estadio de muda impacta directamente en su habilidad para renovar su exoesqueleto y adaptarse a las condiciones del entorno. (Silva, 2022). Dentro de este contexto Zulfikar (2023) ha identificado que las fases lunares influyen en el proceso de muda en camarones, debido a cambios en las condiciones ambientales como las fluctuaciones en las mareas y la iluminación nocturna. Estos factores pueden alterar la secreción de hormonas relacionadas con la muda, como la hormona inhibidora de la muda (MIH) y las ecdisteroides, sincronizando este proceso con períodos de menor vulnerabilidad.

A medida que el cultivo de *P vannamei* se propaga hacia zonas con aguas de baja salinidad, es necesario modificar los protocolos de manejo para garantizar una osmorregulación eficaz. En situaciones de baja salinidad, el camarón enfrenta dificultades para regular los niveles de iones esenciales, debido a que el agua dulce contiene menos cantidad de estos minerales necesarios. La suplementación correcta con calcio, magnesio y potasio cobra más importancia en estos ambientes, dado que estos elementos contribuyen a disminuir el estrés osmótico y promueven un desarrollo sano.

El propósito de este estudio es analizar el uso de fuentes coloidales de calcio, magnesio y potasio en el ciclo de muda, crecimiento y desarrollo de los camarones juveniles en comparación con las fuentes tradicionales, con el objetivo de optimizar dichos procesos.

### 3. JUSTIFICACIÓN

Un manejo eficiente del balance iónico es importante para garantizar un crecimiento y desarrollo ideal de los camarones juveniles. Es fundamental que minerales como el calcio, magnesio y potasio se encuentren disponibles de manera apropiada para los procesos fisiológicos en estos organismos. El calcio ayuda a la formación y fortalecimiento del exoesqueleto, indispensable para la protección y la resistencia física de los camarones, mientras que el magnesio contribuye a la activación de enzimas requeridas para el metabolismo energético y la contracción muscular, lo que favorece la actividad metabólica y la habilidad para moverse. El potasio, en conjunto con el calcio y el magnesio, desempeñan un rol importante en la osmorregulación, facilitando que los camarones conserven un balance apropiado de los fluidos internos ante fluctuaciones en la salinidad del agua.

La aplicación de fuentes coloidales constituye una opción factible que podría proporcionar ventajas en comparación con las fuentes tradicionales. Las fuentes coloidales poseen la habilidad de incrementar la presencia de nutrientes y minimizar el efecto ambiental de la acuicultura, al reducir la contaminación del agua debido al uso excesivo de minerales tradicionales (Gonzalez, 2022). Por lo tanto, analizar el efecto de estas fuentes coloidales en el balance iónico y el desarrollo de los camarones no solo es pertinente desde una perspectiva técnica, sino también estratégica.

Además, la importancia económica de la producción de *P. vannamei* en la acuicultura no puede subestimarse, el camarón es uno de los productos de exportación más importantes en numerosos países, lo que lo sitúa como un soporte de la economía tanto local como nacional (Rodríguez, 2024). Sin embargo, el desbalance iónico puede provocar reducciones considerables en la productividad, impactando la rentabilidad de los cultivos.

#### **4. OBJETIVO GENERAL**

Analizar el balance iónico a partir de fuentes coloidales y fuentes tradicionales de carbonato calcio, cloruro de magnesio y cloruro potasio en una producción de camarones juveniles mediante el uso de fotometría, con la finalidad de mejorar su crecimiento y desarrollo.

#### **5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar los niveles de calcio, magnesio y potasio del agua a baja salinidad, mediante el uso de fotometría.
- Identificar el estadio de muda del camarón y su relación con la dureza del exoesqueleto, mediante el análisis morfológico de los urópodos.
- Comparar las concentraciones de fuentes coloidales y fuentes tradicionales mediante el crecimiento, supervivencia y el factor de conversión alimenticia de camarones juveniles.

## 6. HIPÓTESIS

**H<sub>0</sub>:** Los camarones juveniles no presentan un crecimiento significativo con la aplicación de fuentes tradicionales en comparación con las fuentes coloidales.

## **7. MARCO TEÓRICO**

### **7.1. Características de la especie**

*P vannamei* comúnmente conocido como el camarón blanco del pacífico, es originario de la costa oriental del océano pacífico, que se extiende desde México hasta Perú, debido a la actividad acuícola se introdujo en las costas del golfo de México FAO (2009); Costa, et al (2024); Esmieu (2015). Esta especie ha sido exitosamente introducida en varios países, gracias a sus propiedades biológicas beneficiosas para la acuicultura (Reyes, 2021). Se puede distinguir morfológicamente por su cuerpo alargado compuesto por el cefalotórax (rostrum, antena, anténulas, periópodos), el abdomen dividido en 6 segmentos abdominales y pleópodos y la cola (telson, urópodos) de tonalidades amarillas y blancas traslúcidas, rostrum moderadamente largo con 7 - 10 dientes dorsales y 2 – 4 dientes ventrales (IMIPAS, 2018).

### **7.2. Taxonomía del camarón**

El camarón blanco *P vannamei* presenta la siguiente clasificación taxonómica (Figura1).

(Myers, et al., 2025).

**Phylum:** Arthropoda

**Clase:** Malacostraca

**Orden:** Decapoda

**Suborden:** Dedobranchiata

**Superfamilia:** Penaeoidea

**Familia:** Penaeoidae

**Género:** *Penaeus*

**Especie:** *vannamei*

**Figura 1**

*Penaeus vannamei*



### 7.3. Importancia económica

*P. vannamei* juega un papel importante en la economía del Ecuador, siendo la especie más cultivada en el país y constituye alrededor del 95% de la producción acuícola del país (Yulan, 2025). La industria del camarón se ha convertido en una de las principales fuentes de ingresos que no provienen del petróleo en Ecuador, contribuyendo al crecimiento económico de diversas regiones, incluida la provincia de Santa Elena (Tumbaco, 2024). Además, ha generado numerosas oportunidades laborales y ha impulsado la economía local en lugares como Machala, ubicada en la provincia de El Oro (Guevara, et al., 2021).

#### 7.4. Balance iónico en sistemas de cultivo de camarones

El balance iónico se basa en el equilibrio de minerales (calcio, potasio y magnesio) los cuales cumplen funciones importantes en los procesos fisiológicos de los organismos acuáticos, el balance de estos iones garantiza un buen desarrollo y supervivencia (Roy, et al., 2007). En aguas de bajas salinidades podrían afectar el crecimiento si se presentan bajas concentraciones de potasio y magnesio (Briceño., 2020). En la Tabla 1 se presentan iones presentes en el agua de mar en salinidad de 35 ppt.

**Tabla 1**

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

Ion	1 salinidad (mg/L)	Agua del mar (mg/L)
Calcio	11.59	400
Magnesio	39.1	1350
Potasio	10.01	380

*Nota:* Los valores indicados reflejan las concentraciones habituales de iones en agua salada con un nivel de salinidad promedio de 34.5 ppt.

## **7.5. Componentes iónicos**

### **7.5.1. Calcio**

El Calcio es un mineral fundamental para el crecimiento de *P. vannamei*, además, influye directamente en la formación y endurecimiento del nuevo exoesqueleto del camarón, posteriormente de haber realizado el proceso de muda (Briceño., 2020).

### **7.5.2. Magnesio**

Es un mineral esencial constituyente del exoesqueleto del camarón (Carvajal, 2017). Es el segundo ion más importantes de las especies marinas, siendo un catalizador bioquímico de los procesos enzimáticos, contribuyendo a la digestión, respiración, reproducción, crecimiento, asimilación y los procesos de muda del camarón (Acuaimpo, 2020).

### **7.5.3. Potasio**

Desempeña un papel vital para la célula del camarón, presente en la mayoría de sus fluidos y tejidos blandos, además, contribuye en la regulación de la presión

osmótica intracelular del organismo (Briceño., 2020). En el camarón, el potasio ejerce una influencia estimulante sobre la irritabilidad de los músculos. Además, es requerido para los procesos de síntesis de proteínas y glucógeno, aportando a la desintegración metabólica de la glucosa (Carvajal, 2017).

### **7.6. Desafíos del balance iónico**

Según Boyd ( 2018), en aguas de bajas salinidades, el crecimiento y la supervivencia de los camarones resultaría afectada debido a las bajas concentraciones de iones como potasio y magnesio. De tal manera, que resulta necesario la aplicación de minerales en piscinas de producción de bajas salinidades. No obstante, Boyd declara que existen dificultades para contrarrestar el desequilibrio iónico, ya que se desconocen las concentraciones mínimas y necesarias para las óptimas funciones fisiológicas de los camarones.

### **7.7. Homeostasis y osmorregulación**

*P. vannamei* es considerado un eurihalino, por lo tanto, es susceptible a una variedad extensa de salinidades, debido a su habilidad para preservar la homeostasis hemolinfática mediante la osmorregulación activa (Bald,et al., 2009). Este proceso se fundamental especialmente en la acción de la bomba  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPasa, que se encuentra en las células branquiales, lo que facilita la regulación del intercambio

iónico medio interno y externo (Echeverría, 2002).

El proceso de osmorregulación asegura la estabilidad del volumen celular, el traslado de nutrientes, fisiología del camarón y el balance ácido – base. Sin embargo, si el medio no posee los iones vitales como el K o el Mg, la homeostasis se ve comprometida, lo que da lugar a estrés osmótico, dificultades en el proceso de muda y mortalidad (Oliveira, et al., 2022). Además, en la mayoría de los organismos acuáticos, el desequilibrio en el contenido de sales se compensa mediante la presión osmótica que ejerce su cuerpo (Bald,et al., 2009).

En condiciones de baja salinidad (hiposmóticas), al tener un nivel de sales internas superior al del agua, el camarón suele absorber agua y perder sales. Para neutralizar esto, necesita invertir un volumen considerable de energía en la eliminación del sobrante de agua y en la absorción activa de iones (sales) del entorno mediante sus branquias. Este proceso es mediado por la enzima  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPasa, cuya actividad aumenta significativamente bajo estas circunstancias, lo que implica un gasto energético significativo (López, 2025).

En condiciones de elevada salinidad (hiperosmóticas), el agua suele expulsarse del organismo del camarón y las sales suelen entrar. Para prevenir la deshidratación

donde el camarón necesita consumir agua de mar y eliminar el sobrante de sales (Morales, et al., 2015). Este desplazamiento de energía hacia la osmorregulación repercute directamente en la utilización de los nutrientes, la energía asignada a la osmorregulación no se utiliza para la creación de tejido muscular, lo que conduce a un crecimiento reducido y, consecuentemente, a un porcentaje inferior de los nutrientes presentes en el alimento que se transforman en biomasa (López, 2025).

## **7.8. Fuentes de minerales en acuicultura**

### **7.8.1. Fuentes tradicionales**

En el sector acuícola se utilizan las fuentes tradicionales de minerales, para subsanar deficiencias en sistemas de cultivos controlados ya sea de larvas o camarones juveniles (Ojewole, 2024). Unas de las principales fuentes tradicionales utilizadas en laboratorios son: carbonato de calcio, cloruro de magnesio y cloruro de potasio estas fuentes son incorporadas al agua de cultivo para mantener la calidad iónica del agua.

### **7.8.2. Carbonato de calcio**

El carbonato de calcio es un suplemento utilizado en la producción de camarones, que se aplican a las piscinas acuícolas (Agripac, 2023). Es necesario para mantener el cultivo de juveniles en buenas condiciones, ayudando en la regulación del pH, desinfección y mejoramiento del sustrato (Jurnal, 2023) Asimismo, la aplicación adecuada favorece en el crecimiento y supervivencia de los organismos.

### **7.8.3. Cloruro de magnesio**

El cloruro de magnesio es un elemento clave en la acuicultura, desempeñando una función importante en el mantenimiento de los parámetros del agua y el bienestar fisiológico de los organismos cultivados. Esta sustancia química permite regular las concentraciones de magnesio en el medio acuático, que es vital para múltiples procesos biológicos como el desarrollo del exoesqueleto, la actividad de las enzimas y la función nerviosa en los organismos. Adicionalmente, es útil para regular el pH, disminuir el estrés en los seres marinos y previene patologías derivadas de condiciones ambientales subóptimas en el agua (Sang , 2024).

#### **7.8.4. Cloruro de potasio**

El Cloruro de Potasio constituye un compuesto mineral, que se usa como suplemento para compensar deficiencias de potasio en el medio acuático (Roy, et al., 2007). También representa un componente vital en los sistemas de cultivo de camarones siendo esencial para el equilibrio osmótico y la regulación iónica de los crustáceos.

#### **7.8.5. Fuentes coloidales**

Son partículas de minerales extremadamente pequeñas con un rango nanométrico de (1nm hasta menos de 1 a  $\mu\text{m}$ ) suspendidas en agua (Morales, et al., 2016), no tienden a sedimentarse rápidamente y pueden ser absorbidos con facilidad por los organismos acuáticos, posee una gran eficacia en la osmorregulación y construcción del exoesqueleto en camarones.

Schrauzer (1999), mencionó las fuentes coloidales tienen la capacidad de ser absorbidas y utilizadas de manera más efectiva en comparación con las fuentes convencionales, gracias a su elevado potencial para la biodisponibilidad.

Entre las fuentes coloidales de uso comercial se encuentra el calcio, magnesio y potasio (Figura 2). Las fórmulas han sido desarrolladas bajo la licencia de Red Barn

Group, utilizando ingredientes de calidad alimentaria y combinada con moléculas de alta pureza que le otorgan características excepcionales y que se describen a continuación:

## Figura 2

*Fuentes coloidales comerciales de calcio, magnesio y potasio.*



**Nota:** Productos comerciales Full camarón de la empresa Red Barn empleados en el tratamiento 1 del experimento, imagen extraída de (Red Barn Aquaculture, 2023).

### 7.8.6. Calcio

La presentación comercial de esta fuente coloidal es una pasta floable de calcio completamente biodisponible. Cuando las partículas del producto (tamaño 1  $\mu$  aproximadamente) entran en contacto con el entorno, los iones de calcio puro

(Ca<sup>++</sup>) se liberan de manera constante, satisfaciendo las necesidades de los organismos. Esto provoca reacciones que generan compuestos, aumentan la alcalinidad, estabilizan el pH del agua, neutralizan elementos tóxicos y optimizan el proceso de nitrificación. Además, desempeña una función vital en la creación de los tejidos de los organismos, en las contracciones musculares, en el crecimiento y en el sistema inmunitario (Red Barn Aquaculture, 2023).

#### **7.8.7. Magnesio**

La característica de este producto es una pasta floable de magnesio completamente biodisponible. Cuando las partículas del producto entran en contacto con el entorno, los iones de magnesio puro (Mg<sup>++</sup>) se liberan de manera constante, satisfaciendo las necesidades de los organismos. Esto provoca reacciones que generan compuestos que contribuyen a la alcalinidad, interviniendo en el metabolismo de los nutrientes principales (Lípidos, proteínas y carbohidratos).

#### **7.8.8. Potasio**

Aumenta la tasa de crecimiento, evita el acalambramiento y mejora la supervivencia en cultivo. Pasta floable de potasio completamente biodisponible. Las partículas del producto entran en contacto con el entorno y liberan iones de potasio (K<sup>+</sup>) puro de forma constante para mantener el equilibrio de agua y sales en

las células, posee la función de proteger el sistema nervioso, fortalecer la salud y mejorar la supervivencia de los camarones (Red Barn Aquaculture, 2023).

#### **7.8.9. Ciclo de muda en camarones**

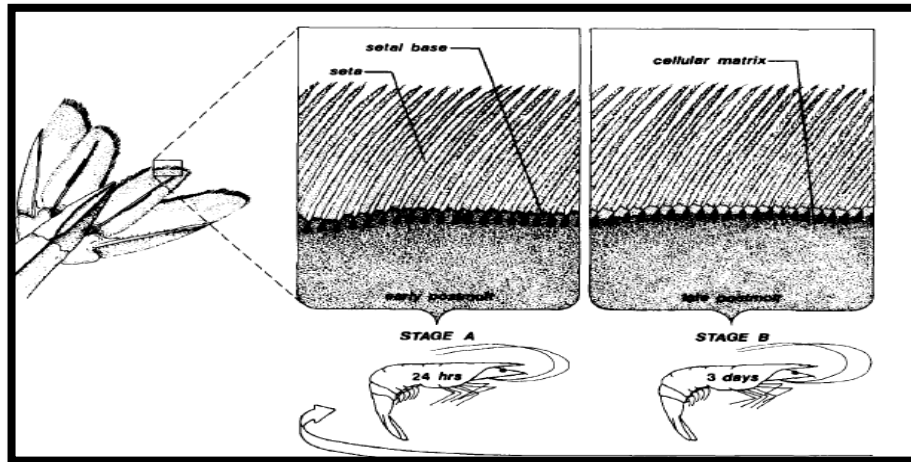
El ciclo de muda desempeña un papel fundamental en el crecimiento y la evolución del camarón *P vannamei*. En este proceso, el camarón se libera de su anterior exoesqueleto, siendo sustituido por una cubierta más amplia y grande (Biofloc, 2023). Esta etapa es fundamental, ya que facilita la expansión de su cuerpo, brindando el espacio requerido para el adecuado desarrollo de sus órganos internos. Este proceso es una parte importante en la vida de los artrópodos, los camarones siguen desarrollándose hasta llegar a la etapa adulta (Avonturia , 2023).

#### **7.8.10. Estadios de muda**

El proceso de muda conocido como ciclo de muda o ecdisis, es fundamental para su desarrollo y crecimiento, se segmenta en diversas fases claramente delimitadas, cada una con particularidades fisiológicas y morfológicas (Figura 3).

### Figura 3

*Identificación de estadios de muda Robertson (1987).*



*Nota:* La imagen muestra dos estadios del desarrollo de setas en los urópodos del camarón durante el ciclo de muda. El Estadio A (24 h antes) presenta formación inicial, mientras que el Estadio B (3 días antes) evidencia mayor desarrollo y organización celular.

Mediante la clasificación realizada por Robertson, et al., (1987) la muda presenta cuatro estadios (Figura 4): Post muda, Premuda, Intermuda, Exuviación.

#### 7.8.10.1. Post muda (estadios A - B)

Período crítico de recuperación donde el nuevo exoesqueleto comienza su proceso de endurecimiento, durante esta fase (que puede durar entre 12 – 24 horas

para el estadio A y 1 – 3 días para el B), el animal es vulnerable y su metabolismo está enfocado en la mineralización de la cutícula, en esta fase el exoesqueleto muestra mayor rigidez y se puede observar una nula distancia entre la epidermis y la cutícula.

#### **7.8.10.2. Intermuda (estadio C)**

Representa la fase de mayor estabilidad fisiológica y crecimiento somático del camarón, con una duración aproximada del 40 – 60% del ciclo total. El exoesqueleto alcanza su máxima dureza y el animal retoma su alimentación normal, en esta fase se observan una mínima distancia entre la epidermis y la cutícula.

#### **7.8.10.3. Pre muda (estadio D0 - D3)**

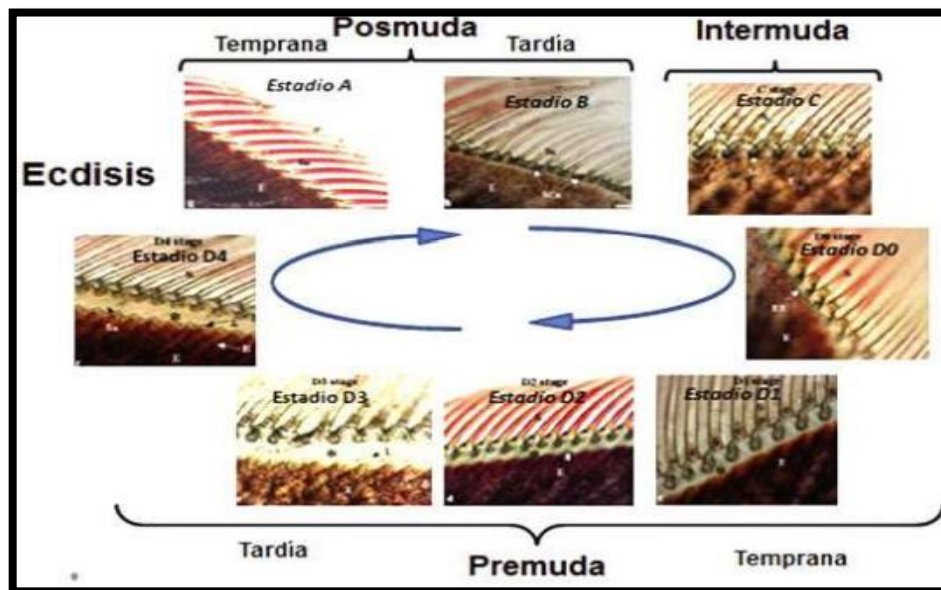
Secuencia preparatoria que inicia con la separación epidermis – cutícula (D0) y culmina con la formación completa del nuevo exoesqueleto bajo el antiguo (D3). En esta fase se observa una gradual distancia entre la epidermis y la cutícula, desapareciendo la cutícula antigua para formar la nueva.

#### 7.8.10.4. Exuviación (estadio E)

El momento exacto de desprendimiento del exoesqueleto, proceso que dura apenas minutos pero que determina la viabilidad, crecimiento y sobrevivencia del animal en los siguientes días de Post – Muda.

**Figura 4**

*Cambios morfológicos en los urópodos durante el ciclo de muda de P. vannamei.*



**Nota:** la imagen muestra los diferentes ciclos de mudas (ecdysis) de *P. vannamei*, identificados a través del análisis microscópico de los urópodos, dividiendo el proceso en tres etapas principales: Postmuda (A-B), Intermuda (C-D0), Premuda (D1, D2, D3) y finalmente se produce la ecdisis o muda dando inicio a un nuevo ciclo. Tomado y modificado por Cesa et al. (2007).

## **7.9. Parámetros que influyen en la muda**

La muda es un proceso importante en *P. vannamei*, mediante el cual se desprende su exoesqueleto para permitir el crecimiento y su renovación celular, entre los factores que más influyen en el proceso se encuentra la temperatura, salinidad, oxígeno y pH.

### **7.9.1. Temperatura**

La temperatura del agua influye de manera directa en el metabolismo y la regularidad de las mudas en *P. vannamei* (Zhang, et al., 2006). Las condiciones de calor suelen acelerar la muda, llevando a que este proceso ocurra con mayor frecuencia. No obstante, los cambios de temperatura muy extremos pueden causar estrés en el camarón y alterar su ciclo de muda (Biofloc, 2023).

Morales, et al., (2015) indican que la temperatura ideal del agua para sistemas de cultivo de camarón es de 25 °C a 33°C aproximadamente. Los valores de temperatura considerados normales abarcan desde 27 °C hasta 31 °C (Saul, 2022). La temperatura adecuada para el cultivo debería estar entre 27 y 31 °C. Si la temperatura baja de este rango, el crecimiento se ralentiza, y si supera los 31 °C, el organismo comienza a perder peso debido a un metabolismo acelerado, lo que lleva

a la necesidad de mayor ingesta de alimentos balanceados (Boyd, 2018).

### **7.9.2. Salinidad**

La concentración de sal en el medio acuático tiene una función importante en la regulación osmótica y en el balance iónico, aspecto fundamental para llevar a cabo un buen proceso de muda. Alteraciones drásticas o valores inadecuados de salinidad pueden generar estrés y tener un impacto adverso en los procesos de muda (Yuepeng, et al., 2010).

De acuerdo a lo señalado por Rosas et al. (2002) la salinidad tiene la capacidad de afectar el metabolismo y la absorción de varios nutrientes en camarones juveniles. Asimismo, la capacidad de acumular y utilizar reservas de energía de manera eficiente, adaptándose a sus necesidades y crecimiento puede verse influenciada por factores ambientales, siendo la salinidad un aspecto significativo en el metabolismo de estos organismos (Gao, et al. , 2024). Cabe mencionar que la salinidad interviene en el proceso de osmorregulación de aquellos organismos (Valdez, et al. , 2002).

### **7.9.3. Oxígeno**

Es un parámetro expresado en ppm o mg/L, siendo muy importante en el cultivo de camarones, debido a que si no existe una adecuada provisión de oxígeno los organismos tienen a ser susceptibles a enfermedades, inclusive podrían ocasionar la muerte de los camarones, su solubilidad dependerá directamente de la temperatura, ya que a mayor temperatura el oxígeno disminuye (Carvajal, 2014).

Posligua, et al. (2020) sostiene que el oxígeno depende de factores como la salinidad, temperatura y la presencia de partículas en el agua, el rango óptimo para que el organismo desempeñe adecuadamente sus funciones vitales, requiere entre 3,5 y 5 mg/l de oxígeno (Ojewole, 2024).

### **7.9.4. pH**

El potencial de Hidrógeno en un cultivo de camarón se refiere a la medida de concentraciones de acidez de iones de hidrógeno que presenta el agua de las piscinas; El rango óptimo para una adecuada producción de camarón oscila entre 7.5 a 8.5, lo cual garantiza una adecuada función en los procesos fisiológicos y el metabolismo del camarón (Silva, 2022). Cuando el pH varía significativamente causa estrés en el organismo, afectando en su crecimiento, desarrollo, alimentación, siendo vulnerables a enfermedades. Durante el día el pH aumenta por el proceso de

fotosíntesis que realiza el fitoplancton y otras plantas acuáticas, mientras que durante la noche el pH disminuye debido a la producción de dióxido de carbono de los camarones (Saúl, 2019).

#### **7.10. Fases lunares y ritmo biológico en camarones**

*P. vannamei*, es una de muchas especies acuáticas que regulan sus procesos fisiológicos (muda, alimentación, migración, reproducción) en relación a los ciclos lunares, solares y mareales (Briceño., 2020).

Araujo (2000) menciona que los ritmos más conocidos son los que duran alrededor de 24 horas (circadianos), un año (circanuales), y los ciclos lunares, es importante comprender esta posible relación y su importancia en el manejo del cultivo. Por otra parte, se ha evidenciado que existen etapas en el ciclo de muda donde el consumo del alimento se suspende como causa del efecto lunar (Bautista, et al., 2013).

Zulfikar (2023) determinó que la liberación de neurohormonas es provocada por la radiación electromagnética o la fuerza gravitacional de la luna, donde se genera la hormona denominada ecdiesteroides, este proceso se lleva a cabo durante la aparición de la luna llena.

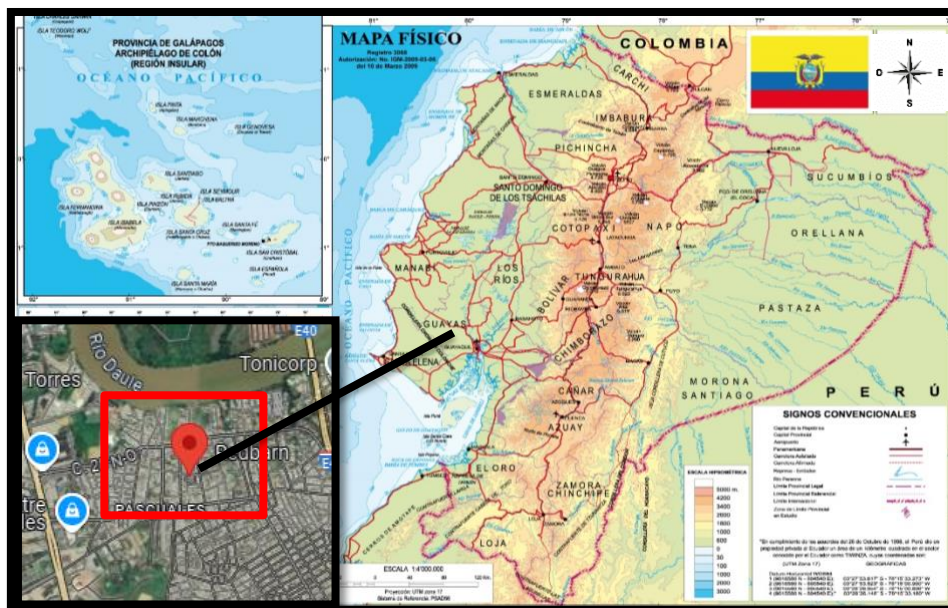
## 8. MARCO METODOLÓGICO

### 8.1. Descripción de la zona de estudio

El trabajo de investigación se realizó en el área experimental de la empresa Red Barn, ubicada en la ciudad de Guayaquil, Pascuales, bajo las siguientes coordenadas geográficas: 2.0701345 S -79.933006796 N (Figura 5).

**Figura 5**

*Ubicación del área de estudio en la provincia del Guayas*



*Nota:* Las imágenes son extraídas de (Google Earth®, 2025).

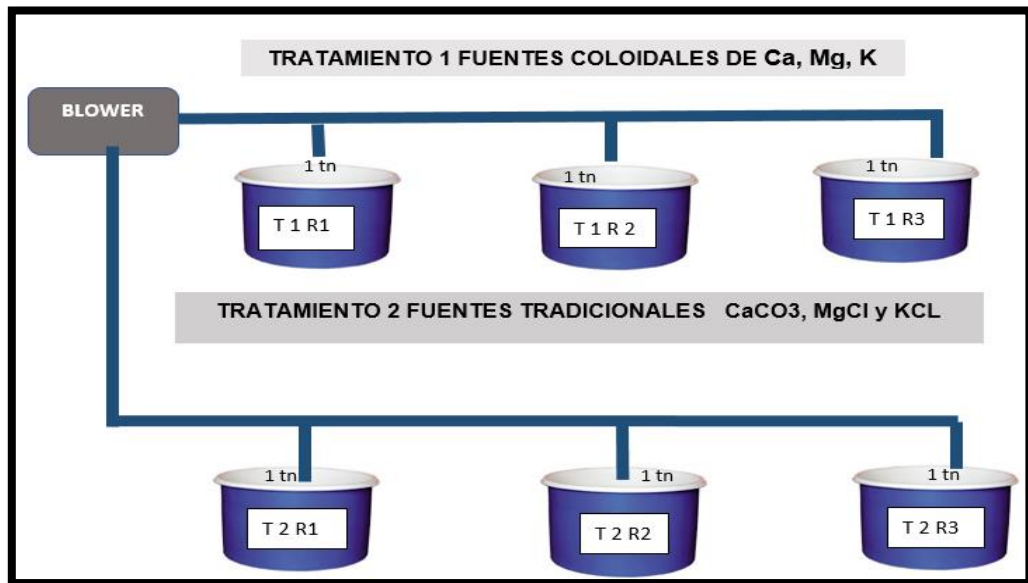
## 8.2. Diseño experimental

Para realizar el trabajo experimental se utilizó un Diseño Completamente al Azar en el que los juveniles de *P vannamei* y los tratamientos experimentales fueron dispuestos de forma aleatoria. Se llevó a cabo en 6 tanques de plástico con una capacidad de 1000 L de agua cada uno, se ubicaron 50 camarones de 5 g distribuidos de forma aleatoria, se aplicaron dos tratamientos, el primer tratamiento con adición de fuentes coloidales de calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K), el segundo tratamiento de fuentes tradicionales, carbonato de calcio, cloruro de magnesio y cloruro de potasio, cada uno con 3 réplicas (Figura 6). Se trabajó con una salinidad de 3 ppt asegurando condiciones óptimas para el experimento. Se determinaron los niveles de Ca, Mg, K mediante el fotómetro para la determinación de las dosis que fueron aplicadas diariamente.

Al iniciar la fase experimental, se procedió a realizar un análisis microbiológico donde se evaluó su condición de llegada y sobre todo para asegurar que no presenten ningún tipo de enfermedades que puedan interferir con los resultados del estudio (Anexo III).

**Figura 6**

*Diseño experimental en juveniles de *P. vannamei* con fuentes coloidales y tradicionales.*



**Nota:** Diseño experimental del estudio sobre el balance iónico en el cultivo de camarones juveniles *P. vannamei*. La figura muestra dos tratamientos experimentales con réplicas para evaluar el efecto de diferentes fuentes de calcio, magnesio y potasio en el crecimiento y supervivencia de los camarones.

Así mismo, se realizó un conteo celular de microalgas para conocer la concentración del fitoplancton presente en el agua de cultivo, obteniendo en el T1 una cifra de 90.000 Cel/ml y en el T2 un total de 255,000 Cel/ml (Anexo IV). Para controlar la cantidad de fitoplancton se utilizó la bacteria Bacter – plus, compuesta por una mezcla de *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, mostrando una mejor actividad en el T1 (Anexo V).

Los organismos fueron alimentados con un alimento comercial, repartido en 4 dosis diarias, según la biomasa presente en cada tanque, se realizaron muestreos semanales para evaluar el crecimiento de los organismos y monitorear los parámetros de calidad del agua. La duración del experimento fue de 9 semanas, un periodo adecuado para detectar diferencias significativas entre los tratamientos.

Además, para asegurar las condiciones óptimas de cultivo, se realizaron recambios diarios de agua equivalente al 10% de la capacidad total de cada tanque (100 L por cada tanque con capacidad de 1000 L). Estos recambios se realizaron utilizando agua tratada con: vitamina C, minerales Ca, Mg y K, bacteria (Bacter - plus) y melaza, acondicionada a la temperatura y salinidad requeridas para el experimento.

### **8.3. Parámetros físicos químicos**

El registro de la temperatura y salinidad se realizó utilizando un equipo multiparámetro digital de la marca Aero-gro asegurando mediciones precisas. Las lecturas de temperatura se tomaron 2 veces al día, en un horario de 08H30 y 16H00, registrándose valores de temperatura de 26 °C a 31 °C, considerados óptimos para el cultivo de camarones juveniles. Asimismo, la toma de datos del oxígeno se

realizó mediante un oxigenómetro, las mediciones se realizaron 2 veces al día en un horario de 08H30 y 16H00, obteniendo concentraciones dentro del rango de 4 a 5 mg/L, lo cual garantiza una oxigenación adecuada del medio, estos parámetros fueron tomados con el objetivo de mantener un control riguroso de este factor crítico a lo largo del proceso.

#### **8.4. Análisis de iones por fotometría**

Para obtener mediciones precisas de los niveles de minerales esenciales en el agua de cultivo, se utilizó un fotómetro para las lecturas de los minerales con el equipo YSI 9300, las lecturas se realizaron 1 vez a la semana, adaptando el procedimiento del protocolo del espectrofotómetro y estableciendo así un protocolo estándar para este análisis.

#### **8.5. Calcio**

Para medir los niveles de calcio en la muestra de agua, se utilizaron dos tubos, ambos con 10 ml de la muestra, una muestra fue el testigo (sin reactivos), mientras que la siguiente muestra a analizar se le añadió la pastilla (Calcicol 1), posteriormente se disuelve hasta no tener rastros de esta. Seguidamente, se coloca la segunda pastilla (Calcicol 2), se tritura hasta tener una mezcla homogénea, para la lectura se programó el fotómetro con el código Phot 12, se procede a ingresar el

testigo y se espera que transcurran 2 minutos, finalmente se ingresa la muestra a analizar para obtener los resultados de los niveles de calcio.

### **8.6. Magnesio**

Para este análisis se utilizaron dos tubos de 10 ml, donde uno fue el testigo y el otro con una dilución de 1 ml de la muestra de agua y 9 ml de agua destilada, en el cual se disolvió la pastilla (Magnecol), se espera 5 minutos, luego se procede a tomar la lectura.

### **8.7. Potasio**

Para analizar los valores de potasio se programó el fotómetro con el código Phot 30, se llevó a la lectura el testigo, se trituro la pastilla (Potassium) en el tubo de 1 ml de agua de la muestra y 9 ml de agua destilada, posteriormente se llevó a la lectura y finalmente el resultado dado se lo multiplica por el factor de dilución.

Los resultados de iones de Ca, Mg, K, alcalinidad y dureza cálcica se compararon con información reportada por Boyd (2018).

**Tabla 2**

*Concentraciones recomendadas de iones en aguas de baja salinidad para cultivo de camarón.*

Iones	Factor por ppt	Rango
Calcio	11.1	33.3
Magnesio	39.1	117.3
Potasio	10.7	32.1
Alcalinidad	-----	120
Dureza cálcica	-----	150

### **8.8. Mediciones biométricas**

Para el registro de los datos biométricos de los camarones juveniles, se utilizó una balanza digital para determinar su peso corporal, mientras que la medición de la longitud se realizó mediante un ictiómetro para asegurar la precisión en el registro de talla. Las muestras se tomaron de manera semanal, durante un periodo de 63 días.

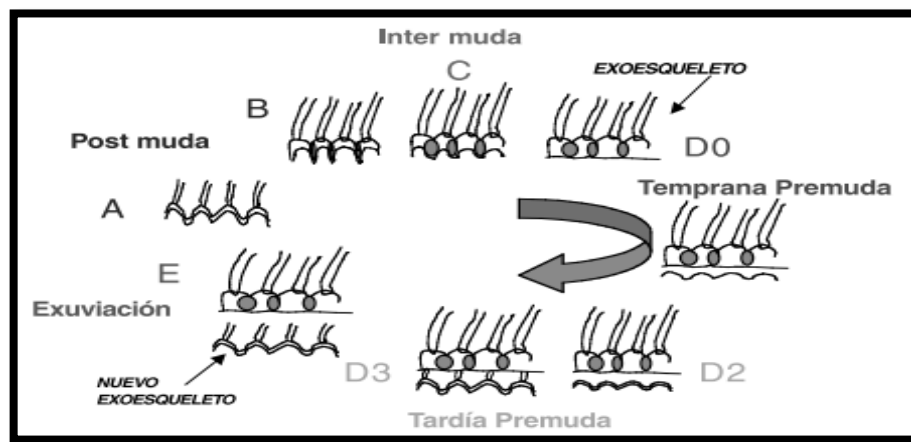
### **8.9. Análisis morfológico de los urópodos**

Para el análisis morfológico de urópodos se escogieron 3 camarones al azar de cada réplica. Para la extracción del urópodos se realizó un corte con bisturí o tijera fina para cortar cuidadosamente los músculos que sostienen el urópodos al cuerpo, una vez obtenida la muestra se procede a sumergirla en una solución salina

para eliminar cualquier residuo, se coloca la muestra en un tubo Eppendorf con una solución de etanol al 70% para su conservación y se analiza la muestra al microscopio para determinar el estadio de muda (Figura 7).

### Figura 7

*Estadios de muda del camarón (Robertson, et al., 1987)*



**Nota:** La figura ilustra los principales estadios del ciclo de muda, los cuales son clave en el desarrollo del exoesqueleto del camarón: Post muda (Estadio A-B), Intermuda (Estadio C), Pre muda Temprana (Estadio D0-D1), Pre muda Tardía (Estadio D2-D3), Exuviación (Estadio E).

Adicionalmente, para la determinación del estadio de muda se utilizó la información que se presenta en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Estadios de muda de P. vannamei* (Echeverría, 2002).

Estadios de muda	Observaciones
Postmuda (A, B)	Exoesqueleto blando justo después de haber pasado por un proceso de muda.
Intermuda (C)	Exoesqueleto completamente endurecido y robusto
Premuda (Do, D1, D2, D3)	Preparación para la muda; el exoesqueleto comienza a debilitarse, se forman nuevas estructuras.
Exuviación (E)	Momento en que el camarón libera su exoesqueleto antiguo.

### **8.10. Análisis estadístico**

Los datos obtenidos fueron registrados y tabulados en el programa Microsoft Excel 2021, posteriormente fueron llevados al programa estadístico Past 4.03. Se realizó la prueba de normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro Wilk. Se procedió a realizar las comparaciones mediante la prueba de T student.

Para el análisis de los parámetros de rendimiento productivo, se utilizó las fórmulas de ganancia de peso, índice de conversión alimenticia, sobrevivencia, tasa de crecimiento específico.

**8.11. Ganancia de peso**

*Ganancia de peso = Peso final promedio – Peso inicial promedio*

**8.12. Factor de conversión alimenticia (ICA)**

$$FCA = \frac{\text{Alimento suministrado}}{\text{Ganancia de biomasa}}$$

**8.13. Sobrevivencia**

$$\text{Sobrevivencia} = \frac{\text{organismos cosechados}}{\text{organismos sembrados}} * 100$$

**8.14. Tasa de crecimiento**

$$\text{Tasa de crecimiento} = \frac{\text{Longitud final} - \text{longitud inicial}}{\text{Tiempo transcurrido}}$$

## 9. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

- **Análisis de balance iónico**

Para el análisis del balance iónico en los tratamientos experimentales a salinidad de 3 ppt se obtuvo información de alcalinidad, calcio, magnesio y potasio, los cuales se describen a continuación:

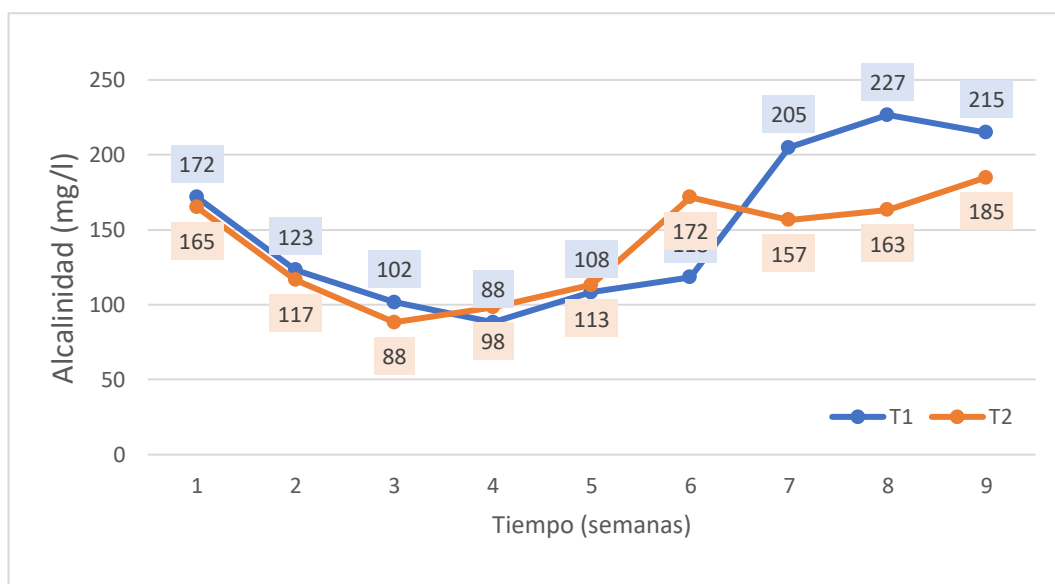
La alcalinidad en el Tratamiento 1 presentó una disminución durante la semana 4 (98 mg/L), obteniendo un valor por debajo del rango óptimo (120 – 150 mg/L), debido a que se mantuvo las dosis establecidas de minerales, sin embargo, en la semana 5 se observó que los niveles ascendieron de forma constante, superando el rango recomendado con un valor máximo de 227 mg/L en la semana 8, este incremento de valores se debe al aumento de las dosis de minerales en este tratamiento.

En el tratamiento T2 se registró niveles similares en las dos primeras semanas, a diferencia que en la semana 3 alcanzó su punto más bajo (88 mg/L), cabe mencionar que a partir de la semana 5 se mantuvieron los niveles dentro del rango óptimo, en el que también se incrementó las dosis de cloruro de magnesio y cloruro de potasio, pero no se evidenció un aumento significativo de alcalinidad.

Por otro lado, se determinó que en la semana 4 los camarones presentaron estrés fisiológico debido a que las bajas alcalinidades que interfieren en la absorción de minerales necesario en el proceso de osmorregulación. Mientras, que en las semanas con alcalinidades regulares se determinó mayor proceso de muda y estabilización en el pH (Figura 8).

### Figura 8

*Niveles de alcalinidad de fuentes coloidales y tradicionales en tratamientos experimentales en juveniles de P. vannamei.*



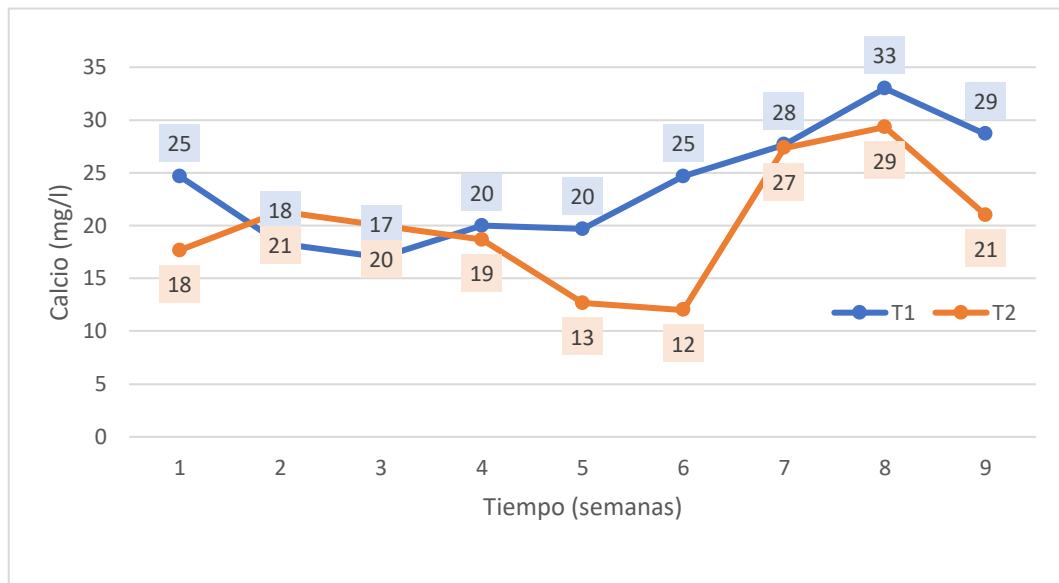
- **Ion calcio**

En el análisis de ion calcio se determinó que el tratamiento 1 demostró mayor eficacia para obtener y mantener niveles cercanos al rango óptimo (30 - 40 mg/L) iniciando con una dosis de 0.5 ppm, mientras que durante las 3 últimas se aumentaron las dosis, finalizando con 55 ppm, destacando el aumento de dosis durante las 3 últimas semanas, evidenciándose un aumento de los niveles de calcio desde la sexta hasta la octava semana, sin embargo, en la semana 9, hubo una disminución en el nivel del calcio con 29 mg/L.

Por el contrario, en el tratamiento 2 con una dosis inicial de 30 ppm de  $\text{CaCO}_3$  que reemplaza la dosis del T1 (fuente pura de Ca), no se compensó las deficiencias a causa de que la fuente tradicional alteraba negativamente el medio de cultivo, alterando los niveles de pH a 8.90, en amonio los valores eran altos superando el rango de  $>1$  mg/L el cual indicaba la lectura del fotómetro. Estos resultados demostraron que la mayor eficiencia en los niveles de calcio del T1, influyó al proceso de muda de los camarones, en la formación y endurecimiento del exoesqueleto, mostrando mayor número de mudas en dicho tratamiento, en comparación al tratamiento 2 (Figura 9).

**Figura 9**

*Niveles de calcio de fuentes coloidales y tradicionales en tratamientos experimentales en juveniles de *P. vannamei*.*

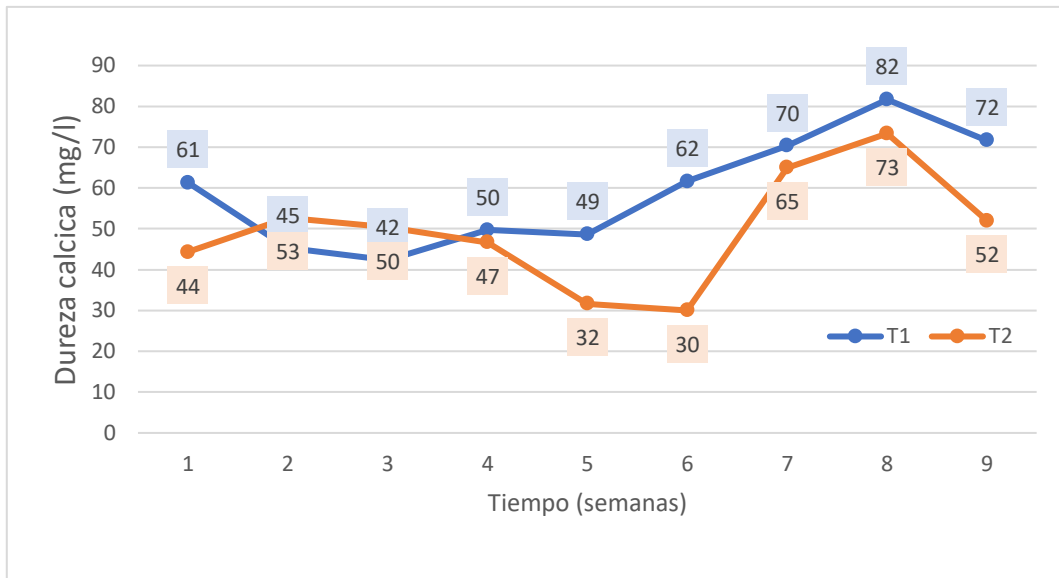


- **Dureza cálcica**

En la Figura 10 se evidencia que el T1, obtuvo valores constantes que se encontraban dentro del rango óptimo (40 – 80 mg/L), favoreciendo en el buen desarrollo y endurecimiento del exoesqueleto, en el caso del T2 la dureza de calcio, presentó valores más inestables, limitando el crecimiento y desarrollo de los juveniles (Figura 10).

**Figura 10**

*Niveles de dureza cálcica de fuentes coloidales y tradicionales en tratamientos experimentales en juveniles de *P. vannamei*.*

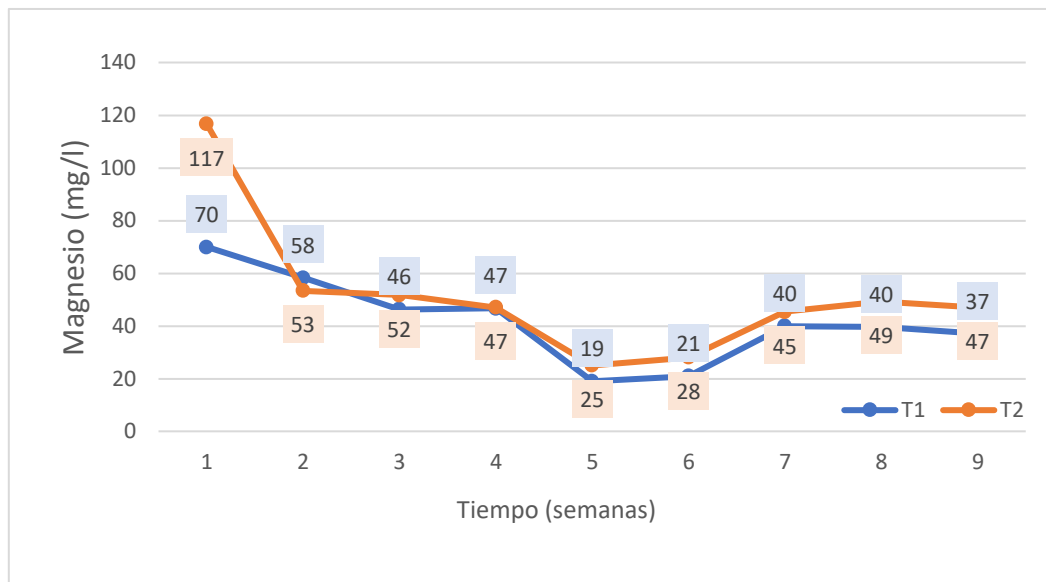


- **Ion magnesio**

Analizando los niveles del ion magnesio se puede determinar que el T1 inicia con un rango superior al rango óptimo (70 mg/L, mientras que el T2, inició con el nivel exacto, en las siguientes semanas se evidenció disminución en los niveles, dando como resultado valores por debajo del nivel adecuado en ambos tratamientos, influyendo en el crecimiento y en la baja eficiencia energética en los organismos juveniles (Figura 11).

**Figura 11**

*Niveles de magnesio de fuentes coloidales y tradicionales en tratamientos experimentales en juveniles de *P. vannamei*.*

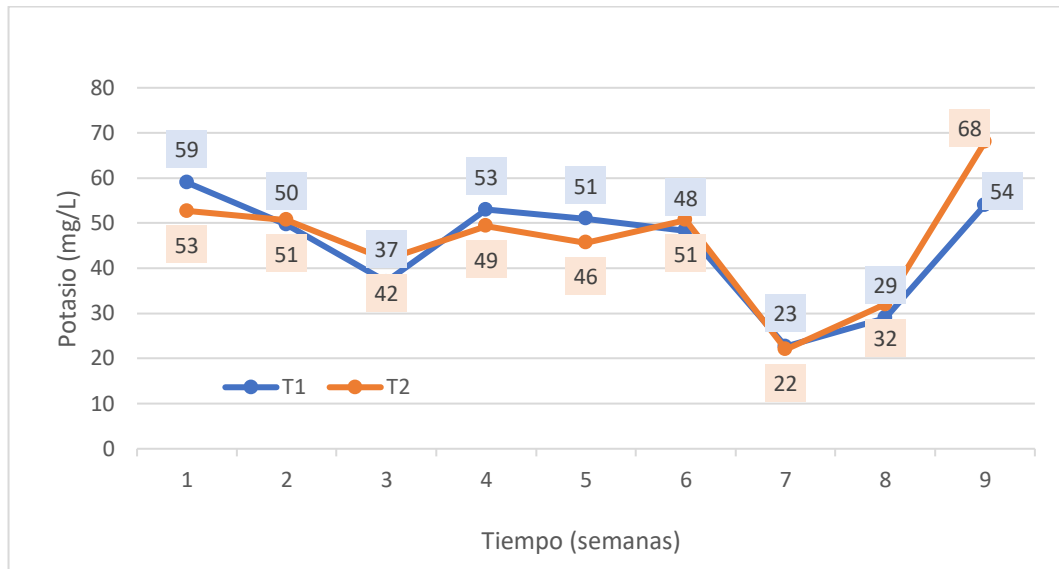


- **Ion potasio**

Al analizar los valores del ion potasio durante la fase experimental se puede determinar que ambos tratamientos T1 y T2, presentaron niveles relativamente estables durante las primeras semanas con concentraciones que se encontraban dentro del rango óptimo (40 – 70 mg/L) en la semana 7 y 8 se puede observar una disminución en ambos tratamientos, pero a partir de la semana 9 el T1 y T2 presentan aumento notable debido al aumento de dosis en ambos tratamientos, pero a su vez para la osmorregulación eficiente de *P. vannamei* y llevar un mejor proceso de muda (Figura 12).

**Figura 12**

*Niveles de potasio de fuentes coloidales y tradicionales en tratamientos experimentales en juveniles de *P. vannamei*.*

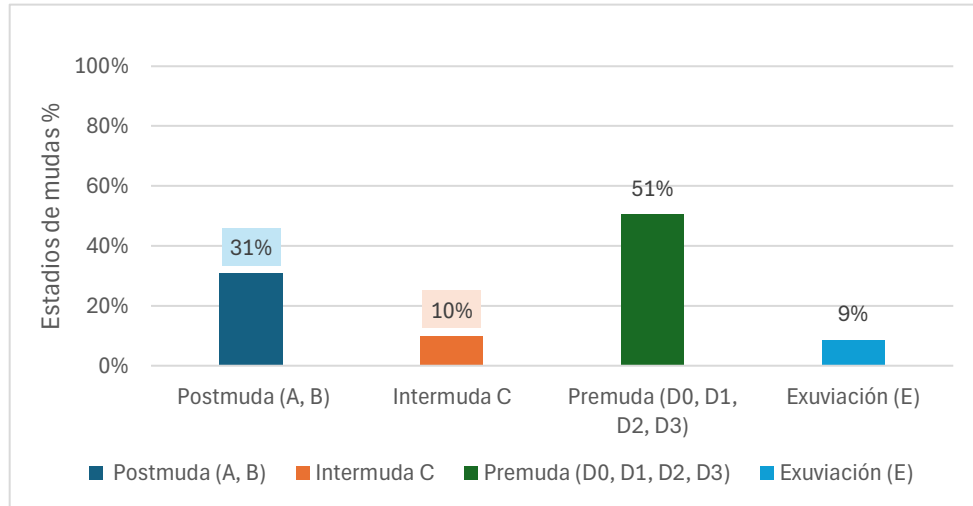


- **Análisis de estadios de muda**

En el análisis microscópico de estadios de muda se determinó que, durante la fase de experimentación, el T1 presentó un mayor número de camarones en el estadio de Premuda con un total de 51% de organismos en comparación al T2 con 40% organismos en postmuda se encontraron 31% organismos en el T1, mientras que 25% organismos en el T2 (Figura 13 y 14). Cabe mencionar que, en el T2 se encontró un mayor número de camarones en el estadio de Intermuda, por otra parte, el T1 presentó más organismos en Exuviación, es decir que el T1 obtuvo más organismos que pasaron por el proceso de ecdisis durante de experimentación.

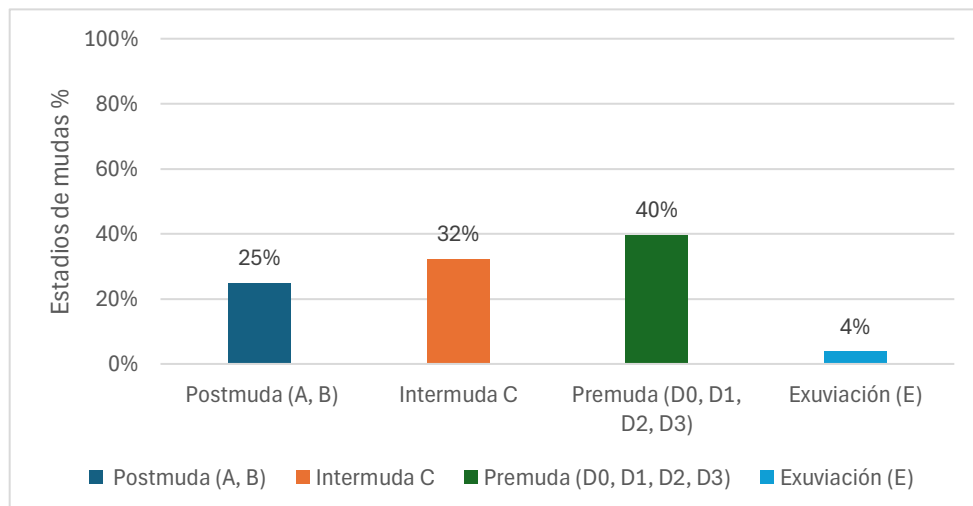
**Figura 13**

*Porcentajes de estadios de muda observados en el tratamiento T1 con fuentes coloidales.*



**Figura 14**

*Porcentajes de estadios de muda observados en el tratamiento T2 con fuentes tradicionales.*



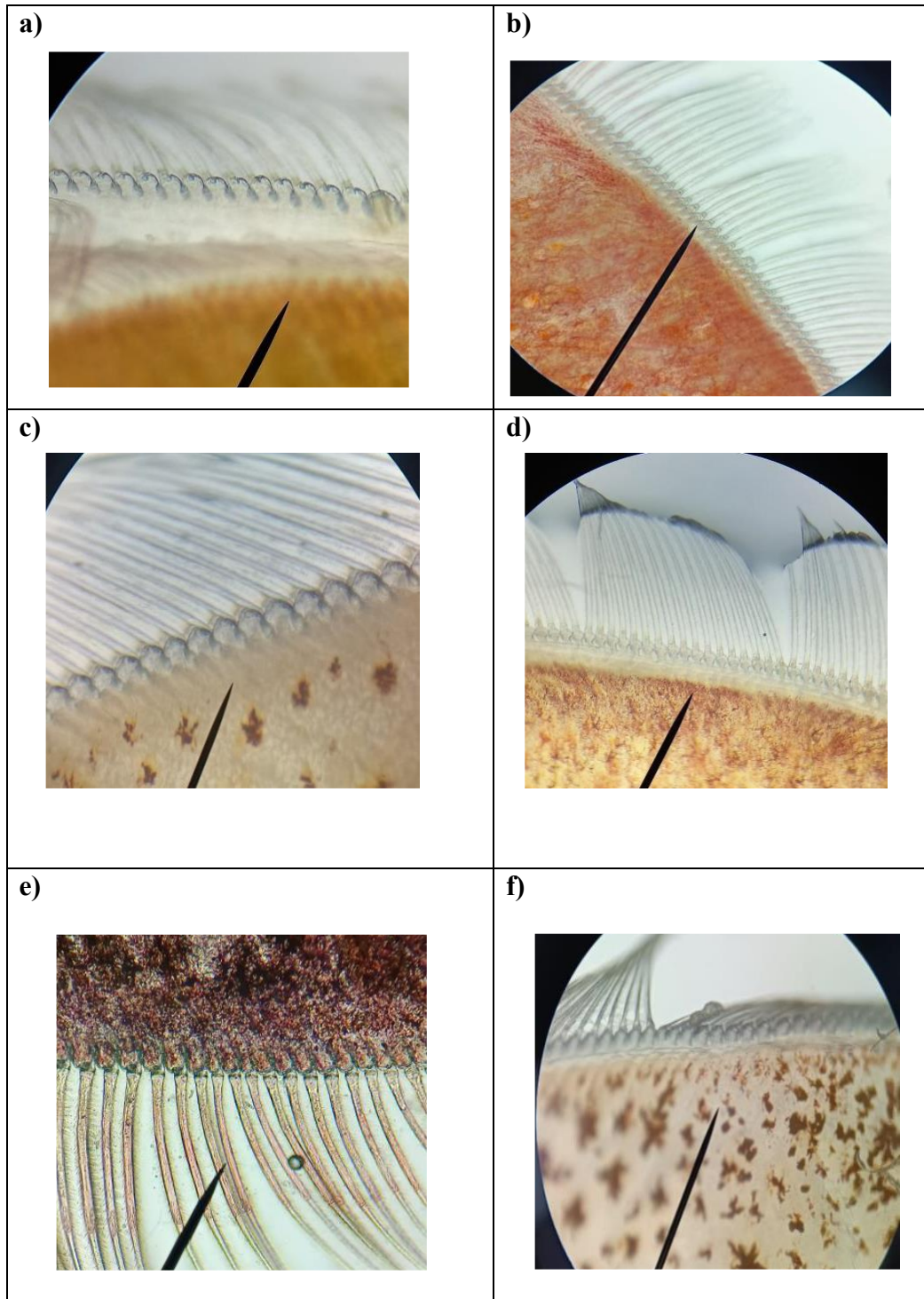
Los estadios identificados fueron los siguientes:

Premuda temprana D0-D2 (a,b): En esta fase se observa una gradual distancia entre la epidermis y la cutícula, desapareciendo la cutícula antigua para formar la nueva.

El estadio C o Intermuda (c) se observa una mínima distancia entre la epidermis y la cutícula. En Post muda estadio B-A (d,e) se evidencia una nula distancia entre la epidermis y la cutícula. Finalmente, en la etapa de Exuviación se nota el desprendimiento del exoesqueleto y la reaparición del nuevo (Figura 15).

**Figura 15**

*Identificación microscópica de estadios de muda en P vannamei.*

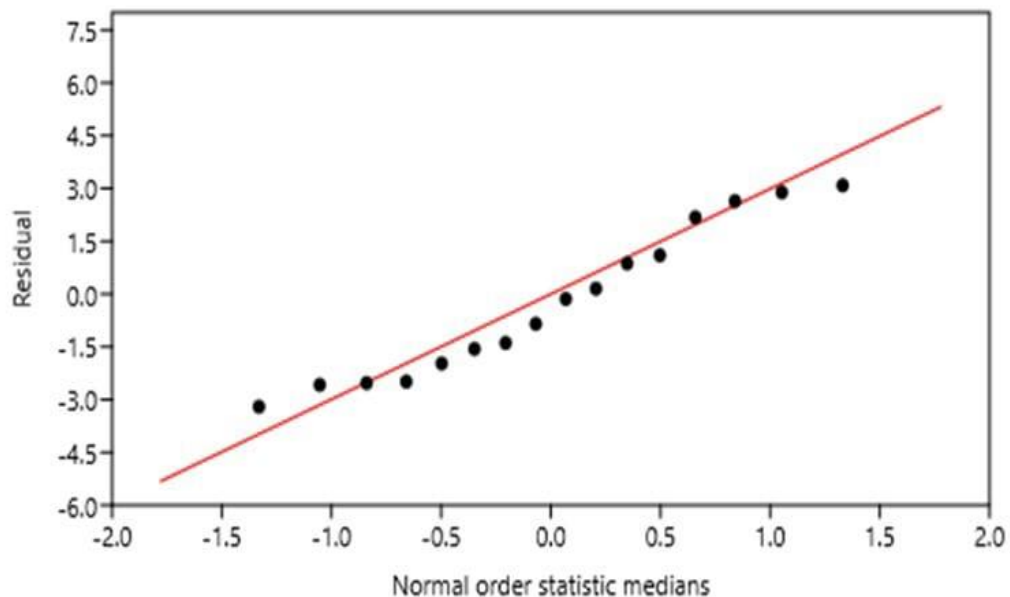


- **Relación del crecimiento, supervivencia y el factor de conversión alimenticia de camarones juveniles.**

Se aplicó la prueba estadística de normalidad de Shapiro Wilk, del tratamiento 1 y 2, donde se obtuvo un valor  $p > 0.05$ , mostrando la normalidad de los datos en los tratamientos experimentales. De la misma manera, se aplicó la prueba de homogeneidad de Levene para ambos tratamientos, dando como resultado un valor  $p > 0.05$  (0.2355), por lo que se puede mencionar que presenta homogeneidad de datos entre el T1 y T2.

### Figura 16

*Evaluación de la normalidad de datos de peso de *P. vannamei**



Posteriormente, se procedió a aplicar la prueba T de Student, obteniendo como resultado un valor  $p > 0.05$  (0.1793), indicando que la diferencia entre T1 y T2 no

es estadísticamente significativa, aunque, se logró evidenciar una mínima diferencia entre el crecimiento del T1 y el T2. En el T1, con fuentes coloidales, se evidenció más crecimiento en comparación al T2 de fuentes tradicionales.

- **Ganancia de Peso**

El aumento de peso en juveniles de *P. vannamei* constituye un indicador clave para analizar el rendimiento en sistemas acuícolas. Durante la fase experimental, se registró que en el T1 se obtuvo 9.62 g de peso ganado, mientras que, en el T2 se obtuvo 5.03 g, siendo el T1 con fuentes coloidales que presentó mayor ganancia de peso, con una diferencia de 4.58 g; esto se debe al mantenimiento de seguir estrategias de alimentación de manera eficiente y adecuada durante el cultivo, favoreciendo el crecimiento y salud de los organismos.

- **Factor de conversión alimenticia**

El FCA es un indicador fundamental para medir la efectividad en los camarones *P. vannamei* que permite transformar el alimento recibido en aumento de peso. En el tratamiento T1, se observó un FCA de 2.43 g, mientras que, en el T2 el FCA fue considerablemente más alto, llegando a 4.73 g. Este indicador refleja una conversión alimentaria que no es favorable, lo que significa que se requiere menos comida para lograr un incremento de un gramo en el peso. Como resultado,

el tratamiento T1 mostró una mayor eficiencia en el uso del alimento en comparación con T2.

- **Supervivencia**

Se puede evidenciar en el (Anexo II) que, si se presenta diferencias en la supervivencia de ambos tratamientos, en el cual el T1 presentó el 65% de supervivencia, mientras que en el tratamiento 2 se obtuvo un 41% de supervivencia.

- **Tasa de crecimiento**

Respecto a la tasa de crecimiento de ambos tratamientos, se registró que el tratamiento 1 de fuentes coloidales es más eficiente con relación a crecimiento, con una tasa de crecimiento de 1.20 cm, es decir, que cada organismo del T1 presentó un crecimiento de 1.20 cm semanalmente, mientras que, en el T2 presentó un crecimiento de 0.63 cm semanalmente.

## 10. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en los dos tratamientos demuestran la importancia del balance iónico en el cultivo de camarones. Según lo indicado por Boyd (2018), las bajas concentraciones de K y Mg pueden impactar negativamente en el crecimiento y supervivencia del camarón en aguas de baja salinidad.

En el estudio realizado por Rodríguez (2024) se evaluaron tanques de producción de postlarvas, sometidos a una compensación iónica, donde obtuvo valores de calcio en el ciclo A de 155 mg/L en el T1 y 134 mg/L en el T2, en el ciclo B 158 mg/L en el T1 y 144 mg/L en el T2; en los niveles de magnesio se presentaron valores de 680 mg/L en el T1 y 690 mg/L en el T2, en el análisis de potasio se obtuvieron niveles de 420 y 350 mg/L, valores obtenidos a una salinidad de 25 y 27 mg/L. Por otro lado, en el presente estudio se registraron valores por debajo del rango obtenido en esa investigación, recalando que se trabajó con salinidades de 3 ppt.

Por otro lado, los niveles de alcalinidad observados en esta investigación presentaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos y durante la duración del experimento. El rango ideal determinado de 120 a 150 mg/L para situaciones de baja salinidad se aparta de los valores señalados en estudios previos para sistemas que presentan mayor salinidad. Según Boyd (2018) y Truong (2022)

las condiciones óptimas de alcalinidad en estanques destinados a camarones varían entre 130 y 180 mg/L, mientras que indican un rango de 100 a 150 mg/L para sistemas acuícolas.

Los valores dentro de un rango bajo obtenidos en esta fase experimental (88 mg/L en T2 y 98 mg/L en T1 en la cuarta semana) son inferiores a los niveles críticos mencionados por Heren (2021) quien menciona que la alcalinidad debería estar por encima de 75 mg/L para el cultivo en condiciones de baja salinidad, lo cual sugiere que, a pesar de ser bajos, los valores medidos no llegaron a ser críticos.

Niveles de calcio muestran una evidente ventaja del T1 en comparación con T2 para sostener niveles dentro del rango indicado (30-40 mg/L). Este rango se alinea con las sugerencias de Roy (2007); Morales, et al. (2015) indican que los niveles de calcio deben exceder 30 mg/L para el cultivo en condiciones de baja salinidad. Heren (2021) indica que el calcio es fundamental para la creación del exoesqueleto y el proceso de muda en crustáceos, lo que explica el incremento en la cantidad de mudas observadas en T1.

Resultados en esta investigación y hallazgos de Molina, et al. (2019) destacan la importancia de la gestión mineral en cultivos de *P. vannamei*, donde

demuestra la efectividad de la suplementación nutricional con  $K^+$  y  $Mg^{++}$  indicando que las fuentes coloidales pueden brindar beneficios extra en cuanto a biodisponibilidad y eficacia de absorción.

De igual manera Nesapriyam, et al (2022) indica la importancia de la suplementación mineral en cultivos de baja salinidad, más aun convirtiéndose en una necesidad para mantener la concentración iónica, fortificando la deficiencia de minerales claves como el Ca, Mg y K.

Scabra et al. (2023), reportaron que camarones juveniles de *P. vannamei* obtuvieron un peso final de 14.74 gramos, con relación al grupo control, donde se registró un peso final de 10.89 g, mientras que en el presente estudio se evidenció una superioridad del Tratamiento 1, ganando un peso final de 9.62 g durante el tiempo experimental, a diferencia del Tratamiento 2 donde presentaron una ganancia de peso de 8.02 g, siendo notable la diferencia biológica entre ambos tratamientos de 1.60 g, sin embargo, cabe mencionar que en el trabajo de Scabra et al. (2023) los camarones juveniles fueron criados en agua duce, adicionando 40 ppm de  $MgSO_4$  y 40 ppm de  $CaCO_3$ .

En los resultados del análisis e identificación de las etapas de muda indican diferencias significativas entre los tratamientos aplicados. El T1 mostró un mayor número de organismos en la fase de Premuda en la actual investigación, Echaverria (2002) mencionó que en su estudio la mayor cantidad de organismos se encontraban en el estadio de Premuda, con la diferencia de que fueron sometido al WSSV.

Investigaciones de Gao, et al., (2024) determinaron la relación de la muda y la alcalinidad en *P vannamei* donde obtuvieron como resultado que los organismos que presentaron una alcalinidad adecuada dentro de los rangos óptimos se encontraron en el estadio de postmuda A – B, esto se relaciona al actual estudio donde el tratamiento 1 obtuvo resultados similares, determinando que en el cual también se obtuvo una alcalinidad más controlada en comparación al otro al tratamiento 2.

Los resultados obtenidos en el tratamiento 2 en la actual investigación se relacionan directamente a los resultados descritos por Scabra et al. (2023) donde obtuvo mayor cantidad de organismos en el estadio de Intermuda por la falta de minerales el cual impidió la progresión de la muda.

Un estudio realizado por Leyva, et al. (2008) registraron un aumento en el crecimiento y en la supervivencia de camarones *P. vannamei*, añadiendo potasio y magnesio en cultivos de baja salinidad, reportó un aumento del 3 al 14 % de supervivencia y 0.60 g de crecimiento adicional semanalmente.

Por su lado, Truong, et al. (2022), reportó el aumento de supervivencia y el crecimiento de postlarvas de *P. vannamei*, mediante la aplicación de potasio de concentraciones entre 5 y 40 mg/L. De la misma manera los resultados de supervivencia y crecimiento coinciden con los trabajos realizados por Leyva, et al. (2008) y Truong, et al. (2022), en el tratamiento 1 donde se aplicaron fuentes coloidales de Calcio, magnesio y potasio, mostraron mayor supervivencia y crecimiento en comparación al tratamiento 2, presentando un crecimiento de 1.20 cm semanalmente, mientras que, en el T2 presentó un crecimiento de 0.63 cm semanalmente.

## 10.1. CONCLUSIONES

El tratamiento 1 mostró una mayor estabilidad en los niveles de alcalinidad, calcio, magnesio y potasio, Por otro lado, se determinó que la utilización de fuentes minerales coloidales (T1) presenta beneficios evidentes en el crecimiento, en el proceso de muda y en la calidad de agua, manteniendo el medio estable a lo largo de la experimentación, además, presentó una mejor coloración del agua, atribuida a una menor proliferación de fitoplancton, en comparación al T2 de fuentes tradicionales, donde presentó mayor cantidad de fitoplancton y saturación en el medio.

Con relación al desarrollo fisiológico, T1 facilitó el proceso de muda (ecdisis), con un número superior de organismos en las etapas de Premuda y postmuda. Esto indica que un entorno con un equilibrio iónico adecuado potencia el crecimiento y la evolución de los camarones.

A pesar de que las diferencias estadísticas no resultaron ser significativas, se notaron tendencias constantes en favor de T1 con un peso mayor que el tratamiento 2 y menor tasa de mortalidad. Los análisis estadísticos corroboraron la fiabilidad de los datos, y aunque la prueba de Tukey no mostró diferencias significativas, se evidenció una importancia biológica relevante que apoya el uso de minerales coloidales.

## 10.2. RECOMENDACIONES

- Considerar el uso de fuentes coloidales en cultivos de camarones, debido a que han mostrado un mejor rendimiento en comparación a las fuentes tradicionales, permitiendo incrementar dosis sin saturar el medio.
- Analizar la viabilidad económica de esta técnica en mayor escala, utilizando estudios de costo-beneficio que consideren no solo el rendimiento productivo, sino también su efecto sobre los gastos operativos, la disminución en la utilización de insumos tradicionales y los posibles beneficios ambientales en el corto y largo plazo.
- Efectuar investigaciones para determinar con precisión las cantidades adecuadas de aplicación en función de las diferentes fases del desarrollo de los camarones, teniendo en cuenta aspectos como el tamaño, la salinidad del entorno y la densidad de siembra.

## 11. BIBLIOGRAFIA

Acuaimpo (2020). Cloruro de magnesio. Fichas tecnicas. Obtenido de [https://www.acuaimpo.com/wpcontent/uploads/2020/01/acmg\\_Ficha\\_Tecnica\\_Acuaimpo\\_08\\_01\\_20.pdf](https://www.acuaimpo.com/wpcontent/uploads/2020/01/acmg_Ficha_Tecnica_Acuaimpo_08_01_20.pdf).

Agripac (2023). Obtenido de <https://agripac.com.ec/productos/carbonato-de-calcio>.

Araujo (2000). El ciclo lunar y retención de sulfitos con relación a la textura del exoesqueleto. Obtenido de <https://bdigital.Zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/36526df5-577c-4c2c-89f8-3d333a0df950/content>.

Avonturia (2023). Obtenido de <https://avonturia.com/molting-in-shrimps>.

Bald, et al. (2009). Estudio del cultivo del camarón blanco *L. vannamei* en agua dulce proveniente de acuíferos en la zona de churute. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/1579/1/3132.pdf>.

Bautista, et al. (2013). La vestimenta del camarón. Ciencia y Desarrollo. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/36526df5-577c-4c2c-89f8-3d333a0df950/content>.

Boyd (2018). Evaluación del balance iónico calcio:potasio en la sobrevivencia y crecimiento del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* en aguas de baja

salinidad. Obtenido de Unillanos: <https://www.globalseafood.org/advocate/revisando-el-desequilibrio-ionico-en-el-cultivo-de-camarón-abajasalibidad>.

Boyd (2018). Revisando el desequilibrio iónico en la acuicultura de camarones, baja salinidad. Obtenido de <https://www.globalseafood.org/advocate/revisiting-ionic-imbalance-in-low-salinity-shrimp-aquaculture>.

Briceño (2020). Relevancia del balance iónico para la cría de camarones. Que es el balance ionico. Obtenido de <https://molinoschampion.com/relevancia-del-balance-ionico-para-la-cria-de-camarones>.

Carvajal (2014). Oxígeno en estanques de camarón. Obtenido de Balnova: <https://www.balnova.com/oxigeno-en-estanques-de-camarón/>.

Carvajal (2017). Rol de los iones  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Cl}^-$  en el camarón. Obtenido de balnova: <https://www.balnova.com/rol-de-los-iones-na%e2%81%ba%e2%81%ba-y-cl%e2%81%ba-en-el-camarón/>

Cesar et al. (2007). Morphological and biochemical changes in the muscle of the marine shrimp *Litopenaeus vannamei*.

Costa, et al. (2024). *Farfantepenaeus paulensis*. Obtenido de <https://www.net/o/links/66d8b5b164f7bf7b197b4772/Farfantepenaeus-paulensis-Perez-Farfante-1967-Avaliacao-do-Risco-de-Exti>.

Echeverría, et. al (2002). Wssv y ciclo de muda en el camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. Obtenido de file:///C:/Users/Ari/Desktop/tesis/muda%20.pdf

Esmieu (2015). Evaluación del contenido extractable de quitina obtenida a partir de dos secciones del exoesqueleto del camarón *Litopenaeus vannamei* cefalótorax y abdomen, procedente de mar y cultivado en viveros y comparación con el contenido de carbonato de calcio y Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/1976/1/Edwin%20Estuardo%20Esmieu%20De%20Le%20C3%B3n.pdf>.

Echeverria, et al, (2002). Obtenido: de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/8743/1/11.pdf>.

FAO.(2009).Obtenido,de:[https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/aquaculture/I1129m/file/es/es\\_whitelegshrimp.htm#:~:text=Rostrum%20moderadamente%20largo%20con%207,maduras%20tienen%20el%20t%C3%A9lico%20abierto](https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/aquaculture/I1129m/file/es/es_whitelegshrimp.htm#:~:text=Rostrum%20moderadamente%20largo%20con%207,maduras%20tienen%20el%20t%C3%A9lico%20abierto).

Gao, et al. . (2024). Efectos de la alcalinidad de los carbonatos sobre los antioxidantes, la inmunidad y la flora intestinal de *Penaeus vannamei*. Obtenido:[https://www.net/publication/387599462\\_Effects\\_of\\_Carbonate\\_Alkalinity\\_on\\_Antioxidants\\_Immunity\\_and\\_Intestinal\\_Flora\\_of\\_Penaeus\\_vannamei](https://www.net/publication/387599462_Effects_of_Carbonate_Alkalinity_on_Antioxidants_Immunity_and_Intestinal_Flora_of_Penaeus_vannamei).

Gonzalez (2022). Efectos de la suplementación mineral en el crecimiento de camarones.

Gucic (2008). Digestibilidad in vivo de alimentos comerciales y experimental camaron blanco(*litopenaeus vannamei*) cultivado a diferentes salinidades. obtenido de file:///c:/users/desktop/tesis/gucic\_m.pdf.

Guevara, et al. (1 de diciembre de 2021). Impacto económico y ambiental generado por el sector camaronero., Obtenido: de file:///C:/Users/ /Downloads/Impacto+econ%C3%B3mico+y+ambiental+generado+por+el +sector+camaronero+del+Ecuador.pdf

Heren (2021). Cómo optimizar las dietas de camarones en sistemas de acuicultura de baja salinidad. Obtenido de <https://thefishsite.com/articles/how-to-optimise-shrimp-diets-in-low-salinity-aquaculture-systems-phiho>.

IMIPAS (2018). Acuicultura Camarón blanco del Pacífico. Obtenido de <https://www.gob.mx/imipas/acciones-y-programas/acuicultura-camaron-blanco-del-pacifico>.

Leyva, et al. (2008). Cultivo de camarón blanco *Penaeus vannamei* en agua dulce a tres densidades: Estado de condición en función de la longitud Obtenido de, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848608004638>.

López (2025). Salinidad un factor clave en el aprovechamiento nutricional del camarón *P. vannamei*.

Molina, et al. (2019). Obtenido de:

<https://www.globalseafood.org/advocate/improving-the-osmoregulatory-capacity-of-pacific-white-shrimp-grown-in-low-salinity/>.

Morales, et al. (2015). Obtenido de:

<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/3959/1/229173.pdf>.

Morales, et al. (2016). Evaluación de la eficacia de plantas medicinales y plata coloidal contra la infección por *Vibrio parahaemolyticus* en *Litopenaeus vannamei* cultivado a baja salinidad. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/307921819\\_Evaluation\\_of\\_medicinal\\_plants\\_and\\_colloidal\\_silver\\_efficiency\\_against\\_Vibrio\\_parahaemolyticus\\_infection\\_in\\_Litopenaeus\\_vannamei\\_cultured\\_at\\_low\\_salinity](https://www.researchgate.net/publication/307921819_Evaluation_of_medicinal_plants_and_colloidal_silver_efficiency_against_Vibrio_parahaemolyticus_infection_in_Litopenaeus_vannamei_cultured_at_low_salinity).

Myers, et al. (2025). ADW *Litopenaeus vannamei*. Obtenido de [https://animaldiversity.org/accounts/Litopenaeus\\_vannamei/classification/](https://animaldiversity.org/accounts/Litopenaeus_vannamei/classification/).

Nesapriyam, et al. . (2022). Suplementación mineral en cultivos de baja salinidad de camarón blanco del Pacífico: efectos sobre el crecimiento y la calidad del agua..

Ojewole, e. a. (2024). Gestión de aguas residuales de la acuicultura en la industria pesquera de Nigeria para prácticas acuícolas sostenibles. Obtenidode<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S24682276240022>.

Oliveira, et al. (2022). Rendimiento de crecimiento y composición proximal de *Penaeus vannamei* criado en agua de baja salinidad con diferentes composiciones iónicas en un sistema simbiótico. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s10499-022-00952-1>.

Pilay, L. (2015). Criterios de balance iónico aplicados en el manejo de cultivos acuaticos.Obtenidode:<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/56679/1/T-76828%20Pilay%20Quinde.pdf>.

Posligua, et al. (2020). Manual de crianza del camarón sobre la costa ecuatoriana.

Red Barn Aquaculture. (2023). Obtenido de <https://redbarngroup.com.ec/wp-content/uploads/2023/06/ficha-tecnica-full-calcio.pdf>.

Reyes (2021). Caracterización de la microbiota de cultivos larvarios de *Penaeus vannamei* afectados con la enfermedad de la necrosis aguda hepatopancreática(ahpnd).Obtenidode:<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/53766/1/t111802%20reyes%20guillermo.pdf>.

Ricardo (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. Obtenido de <https://dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/56511/1/t110387%20%20Marjorie%20kattiana%20%20Ricardo%20Rodriguez%20mag%3%8dster%20en%20gesti%3%93n%20integral%20de%20laboratorios%20de%20Química.pdf>.

Roadto (2023). Biofloc . Obtenido de <https://roadtobiofloc.com/how-frequently-molting-happens-in-vannamei-shrimp/>.

Robertson, et al. (1987). Practical Molt Staging of *Penaeus setiferus* and *Penaeus stylirostris*. Obtenido de: [https://www.academia.edu/26162727/Practical\\_Molt\\_Staging\\_of\\_Penaeus\\_setiferus\\_and\\_Penaeus\\_stylirostris?auto=download](https://www.academia.edu/26162727/Practical_Molt_Staging_of_Penaeus_setiferus_and_Penaeus_stylirostris?auto=download).

Rodriguez (2016). Balance iónico calcio, magnesio y potasio en un Andisol y la nutrición del pasto kikuyo.

Obtenido de <https://www.sidalc.net/search/Record/dig-uaaan-mx-123456789-8148/Description>.

Rosas et al. (2002). An energetic and conceptual model of the physiological role of dietary carbohydrates and salinity on *Litopenaeus vannamei* juveniles. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 1-22.

Roy, et al. (2007). Efectos de diferentes niveles de potasio y magnesio acuosos sobre la supervivencia, el crecimiento y la respiración del camarón blanco del Pacífico, *Litopenaeus vannamei*, criado en aguas de baja salinidad.

Obtenido:[https://www./publication/222694752\\_Effects\\_of\\_varying\\_levels\\_of\\_aqueous\\_potassium\\_and\\_magnesium\\_on\\_survival\\_growth\\_and\\_respiration\\_of\\_the\\_Pacific\\_white\\_shrimp\\_Litopenaeus\\_vannamei\\_reared\\_in\\_low\\_salinity\\_waters](https://www./publication/222694752_Effects_of_varying_levels_of_aqueous_potassium_and_magnesium_on_survival_growth_and_respiration_of_the_Pacific_white_shrimp_Litopenaeus_vannamei_reared_in_low_salinity_waters)

Sang Froid Chemicals Pvt Ltd. (2024). Cloruro de magnesio para la acuicultura .

Obtenido:<https://www.sangfroidchem.com/magnesiumchlorideforaquaculture/#:~:text=In%20aquaculture%2C%20maintaining%20proper%20water,function%20in%20fish%20and%20crustaceans.>

Saul (2022). 5 señales de estrés en el camarón. Obtenido de <https://molinoschampion.com/senales-estres-en-el-camaron/>.

Saul (2022). La muda en los camarones aspectos a considerar. Obtenido de <https://molinoschampion.com/la-muda-en-los-camarones.>

Saúl (2019). ¿Qué importancia tiene el pH en la cría de camarones? Obtenido de Molinoschampion: <https://molinoschampion.com/ph-cria-de-camarones.>

Scabra,et al. (2023). Obtenido de Adición de carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) y sulfato de magnesio (MgSO<sub>4</sub>) al medio de cultivo de camarón vannamei (*Litopenaeus vannamei*) en agua dulce.

Silva (2022). Efectos de diferentes formas de salinización artificial en aguas de baja salinidad de *Penaeus vannamei* en la fase de engorde en un sistema simbiótico. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s10499-022-01025-z>.

Truong, et al. (2022). Nutrición mineral en camarones peneidos. Obtenidode:[https://www./publication/222694752\\_Effects\\_of\\_varying\\_levels\\_of\\_aqueous\\_potassium\\_and\\_magnesium\\_on\\_survival\\_growth\\_and\\_respiration\\_of\\_the\\_Pacific\\_white\\_shrimp\\_Litopenaeus\\_vannamei\\_reared\\_in\\_low\\_salinity\\_waters](https://www./publication/222694752_Effects_of_varying_levels_of_aqueous_potassium_and_magnesium_on_survival_growth_and_respiration_of_the_Pacific_white_shrimp_Litopenaeus_vannamei_reared_in_low_salinity_waters)

Tumbaco (2024). Análisis de la situación económica del sector camaronero guayaquileño.

Obtenido:<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27542/1/UPSGT005028.pdf>.

Valdez, et al. . (2002). En postlarvas de camarón, la salinidad interviene en el proceso osmorregulatorio.

Yuepeng, et al. (2010). Efectos de la fluctuación de la salinidad en el crecimiento y el presupuesto energético de juveniles de *Litopenaeus vannamei* a diferentes temperaturas. Obtenido de <https://academic.oup.com/jcb/article-abstract/30/3/430/2419258?redirectedFrom=PDF&login=false>.

Yulan et, al (2025). Exportaciones de camarón hacia China y su incidencia en el PIB ecuatoriano.

Obtenido:<https://www.uticvirtual.edu.py/revista.ojs/index.php/revistas/article/view/496>.

Z, W. (2019). Respuestas fisiológicas del camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* a la fluctuación de la temperatura en agua de baja salinidad.

Obtenido de:<https://www.frontiersin.org/journals/physiology/articles/10.3389/fphys.2019.01025/full>.

Zhang, et al. (2006). Los efectos del peso corporal, la temperatura, la salinidad, el pH, la intensidad de la luz y las condiciones de alimentación en los niveles letales de DO del camarón patiblanco, *Litopenaeus vannamei*

Obtenido:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848606001219>.

Zulfikar (2023). Fases de la luna y cómo afectan a las granjas camaroneras:

¡Cuidado con la muda masiva! Obtenido de <https://jala.tech/blog/cultivation-tips/moon-phases-and-how-they-affect-shrimp-farms-mass-molting-beware>.

## 12. ANEXOS

**Anexo I:** Datos registrados para obtener el factor de conversión alimenticia.

<b>T1</b>								
<b>SEMANA</b>	<b>Alimento (g)</b>	<b>Peso inicial (g)</b>	<b>Peso final</b>	<b># de organismos</b>	<b>Biomasa inicial (g)</b>	<b>Biomasa final (g)</b>	<b>Biomasa total (g)</b>	<b>FCA (g)</b>
<b>1</b>	90	5	5,27	50	250	263,50	13,50	6,67
<b>2</b>	90	5,27	5,83	49	258,23	285,67	27,44	3,28
<b>3</b>	96	5,83	6,83	48	279,84	327,84	48,00	2,00
<b>4</b>	105	6,83	7,77	45	307,35	349,65	42,30	2,49
<b>5</b>	114	7,77	8,37	44	341,88	368,28	26,40	4,31
<b>6</b>	114	8,37	9,53	42	351,54	400,26	48,72	2,34
<b>7</b>	121	9,53	10,60	41	390,73	434,60	43,87	2,76
<b>8</b>	123	10,60	11,40	39	413,40	444,60	31,20	3,95
<b>9</b>	109	11,40	14,89	33	376,20	491,37	115,17	0,94
<b>TOTAL</b>	<b>107</b>						<b>44</b>	<b>2,43</b>

<b>T2</b>								
<b>Semanas</b>	<b>Alimento (g)</b>	<b>Peso inicial (g)</b>	<b>Peso final</b>	<b># de organismos</b>	<b>Biomasa inicial (g)</b>	<b>Biomasa final (g)</b>	<b>Biomasa total (g)</b>	<b>FCA (g)</b>
<b>1</b>	90	5	5,23	50	250	261,5	11,50	7,83
<b>2</b>	89	5,23	5,57	46	240,58	256,22	15,64	5,72
<b>3</b>	92	5,57	6,23	44	245,08	274,12	29,04	3,15
<b>4</b>	96	6,23	7,23	40	249,20	289,20	40,00	2,40
<b>5</b>	106	7,23	7,93	37	267,51	293,41	25,90	4,09
<b>6</b>	108	7,93	8,57	33	261,69	282,81	21,12	5,12
<b>7</b>	109	8,57	9,43	30	257,10	282,90	25,80	4,22
<b>8</b>	110	9,43	10,03	26	245,18	260,78	15,60	7,04
<b>9</b>	96	10,03	10,27	20	200,60	205,40	4,80	19,94
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>						<b>21</b>	<b>4,73</b>

## Anexo II: Porcentajes de supervivencia durante la fase experimental.

SUPERVIVENCIA		
SEMANA	T1	T2
1	100%	100%
2	97%	93%
3	95%	87%
4	91%	81%
5	89%	74%
6	85%	67%
7	81%	60%
8	77%	52%
9	65%	41%

## Anexo III: Análisis microbiológico de *P vannamei*.



### INFORME DE ANALISIS SSA - 11044 -2025

1. Información general	
SOLICITUD DE ANALISIS	SSA - 11044 - 2025
FECHA DEL INFORME	4 de febrero de 2025
Datos del Cliente	
NOMBRE DEL CLIENTE	Ing. Maria Angeles Rodriguez
NOMBRE DE LA EMPRESA	REDBARNGROUP ECUADOR C.L.
DIRECCIÓN	CARLOS BRITO Y UYUMBICHO
TELEFONO	
Datos de la muestra/ensayo	
TIPO DE MUESTRA	CAMARON
DATOS DEL MUESTREO	REALIZADO POR EL CLIENTE
LUGAR DE MUESTREO	LABORATORIO
FECHA DE MUESTREO	03/02/2025
FECHA/HORA DE RECEPCION DE LA MUESTRA	03-02-2025 Hora: 17:00
FECHA DE ENSAYO	Inicio: 03-02-2025 Fin: 04/02/2025
CONDICIONES AMBIENTALES	Temperatura (°C) Humedad (%)
METODO UTILIZADO	MICROBIOLOGIA

### 2. Resultados

CODIGO CLIENTE	Vibrios		Chormagar Vibrio				Cetrimide	AGAR MARINO
	Verde	Amarillo	V. anguillaricus	V. Parahaemolyticus	V. vulnificus	V. cholerae	Agar pseudomonas	
PISCINA	1.0E+02	-	8.6E+03	-	1.3E+02	-	1.8E+02	6.9E+04

RANGOS:

NORMAL:  $10^1 - 10^4$

PELIGROSO:  $> 10^5$

*Sonny Mendoza Lombana*

Sonny Mendoza Lombana Ph.D.  
Gerente General - Jefa de Laboratorio

Observaciones:

1. Los resultados solo se refieren a la muestra presentada al ensayo.

2. El presente informe no debe ser reproducido en forma total sin la aprobación escrita del laboratorio.

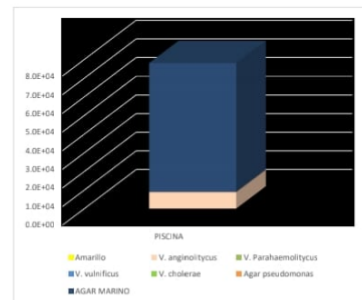
Calle La Garzota II Mz. 65 villa 6 (diagonal a Hotel Plaza Monte Carlos)  
Telf. 5103890, Cel. 0994816099  
e.mail: sonny.mendoza@gmail.com  
Guayaquil - ECUADOR



### INFORME DE ANALISIS SSA - 11044 -2025

1. Información general	
SOLICITUD DE ANALISIS	SSA - 11044 - 2025
FECHA DEL INFORME	4 de febrero de 2025
Datos del Cliente	
NOMBRE DEL CLIENTE	Ing. Maria Angeles Rodriguez
NOMBRE DE LA EMPRESA	REDBARNGROUP ECUADOR C.L.
DIRECCIÓN	CARLOS BRITO Y UYUMBICHO
TELEFONO	
Datos de la muestra/ensayo	
TIPO DE MUESTRA	CAMARON
DATOS DEL MUESTREO	REALIZADO POR EL CLIENTE
LUGAR DE MUESTREO	LABORATORIO
FECHA DE MUESTREO	03/02/2025
FECHA/HORA DE RECEPCION DE LA MUESTRA	03-02-2025 Hora: 17:00
FECHA DE ENSAYO	Inicio: 03-02-2025 Fin: 04/02/2025
CONDICIONES AMBIENTALES	Temperatura (°C) Humedad (%)
METODO UTILIZADO	Microbiología

### 2. Resultados - Gráfico



*Sonny Mendoza Lombana*

Sonny Mendoza Lombana Ph.D.  
Gerente General - Jefa de Laboratorio

Observaciones:

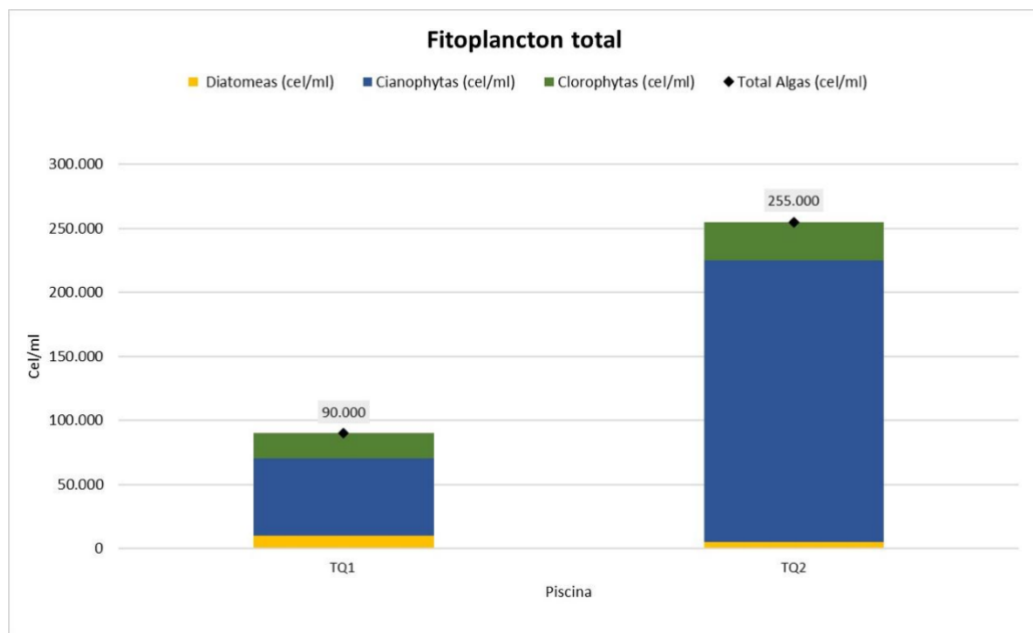
1. Los resultados solo se refieren a la muestra presentada al ensayo.

2. El presente informe no debe ser reproducido en forma total sin la aprobación escrita del laboratorio.

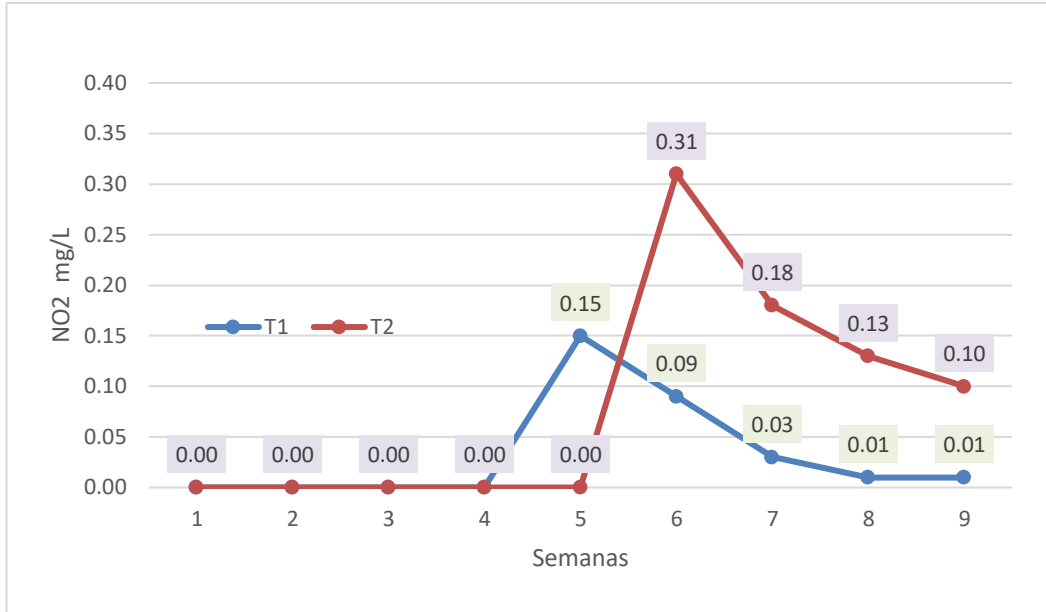
Calle La Garzota II Mz. 65 villa 6 (diagonal a Hotel Plaza Monte Carlos)  
Telf. 5103890, Cel. 0994816099  
e.mail: sonny.mendoza@gmail.com  
Guayaquil - ECUADOR

### Anexo IV: Conteo de microalgas T1 – T2

PISCINA:	TQ1	TQ2
<b>DIATOMEAS</b>	10.000	5.000
<i>PORCENTAJE</i>	<b>11%</b>	<b>2%</b>
<b>CIANOBACTERIAS</b>	60.000	220.000
<i>PORCENTAJE</i>	<b>67%</b>	<b>86%</b>
<b>CLOROFITAS</b>	20.000	30.000
<i>PORCENTAJE</i>	<b>22%</b>	<b>12%</b>
<b>Total, Cel/ml</b>	<b>90.000</b>	<b>255.000</b>



### Anexo V: Análisis de nitritos durante la fase experimental



### Anexo VI: Toma de parámetros fisicoquímicos



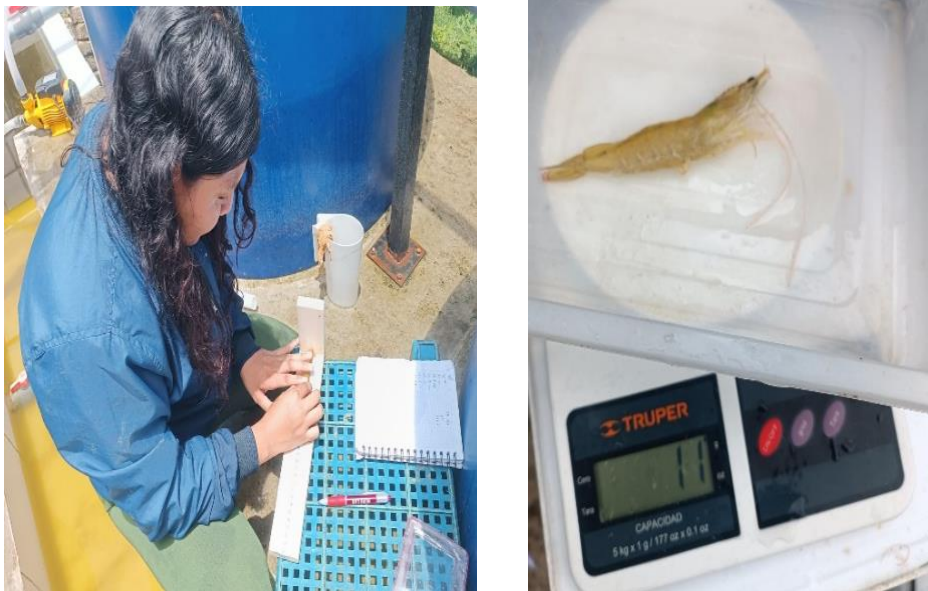
**Anexo VII: Análisis de iones por fotometría**



**Anexo VIII: Análisis morfológico de urópodos**



### Anexo IX: Mediciones biométricas



### Anexo X: Planteamiento del problema

La producción de camarones juveniles *P vannamei* presenta desafíos vinculados con el balance iónico del agua de cultivo (Pilay, 2015), un factor crítico que impacta en la salud y el crecimiento de estos organismos acuáticos. Es fundamental tener una adecuada regulación de los niveles de iones, tales como calcio, magnesio y potasio, para mantener condiciones óptimas que favorezcan el crecimiento y la supervivencia de los camarones (Rodríguez C. , 2016). Sin embargo, los desbalances iónicos, que pueden surgir tanto de fuentes coloidales como tradicionales, producen una serie de dificultades que afectan negativamente en la actividad acuícola y en su rentabilidad.

Los desbalances en el agua de cultivo pueden provocar un estado fisiológico de estrés en los camarones, impactando su metabolismo y reduciendo su capacidad para llevar a cabo funciones vitales como la osmorregulación y la contracción muscular. El déficit o el exceso de iones esenciales pueden provocar una disminución en la actividad metabólica, afectando el crecimiento y aumentando la propensión a padecer de enfermedades (Saul, 2022).

Además, una disponibilidad insuficiente de calcio y otros minerales conduce a una formación deficiente del exoesqueleto, lo que aumenta la probabilidad de depredación y reduce la tasa de supervivencia de los camarones juveniles. Este fenómeno es particularmente relevante en las fases iniciales de desarrollo, donde un crecimiento rápido es fundamental para llegar a la madurez (Boyd C. E., 2018).

Una alternativa para enfrentar los desbalances iónicos en el cultivo de camarones juveniles es la incorporación de fuentes coloidales de potasio, calcio y magnesio. Estas fuentes coloidales ofrecen una mayor biodisponibilidad, lo que facilita un control más eficaz y estable de los niveles de iones en el agua de cultivo. Esto permitirá disminuir el estrés fisiológico en los camarones, mejorando los procesos de osmorregulación y desarrollo del exoesqueleto. La aplicación de estas fuentes, junto a un seguimiento constante de los parámetros de calidad del agua,

ayudaría a mejorar la supervivencia, el desarrollo y la rentabilidad del sistema de producción.