



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
INSTITUTO DE POSTGRADO**

TEMA

Análisis comparativos de indicadores productivos y parámetros de calidad de agua en época lluviosa y seca en dos camaroneras ubicadas en Churute.

AUTORA

Eduarda Paulette Peña Armijos

**TRABAJO DE TITULACIÓN
Previo a la obtención del grado académico en
MAGÍSTER EN ACUICULTURA**

TUTORA

Ph.D. Geovanna Belén Parra Riofrio

Santa Elena, Ecuador

Año 2026



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
INSTITUTO DE POSTGRADO**

TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos calificadores, aprueban el presente trabajo de titulación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por el Instituto de Postgrado de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**ROXANA DEL CARMEN
ÁLVAREZ ACOSTA**

**PhD. Roxana Álvarez Acosta
COORDINADORA DEL
PROGRAMA**



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**GEOVANNA BELEN
PARRA RIOFRIO**

**PhD. Geovanna Belén Parra Riofrio
TUTORA**



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**VERONICA ISABEL
VERA VERA**

**PhD. Verónica Vera Vera
ESPECIALISTA**



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**JIMMY AGUSTIN
VILLON MORENO**

**MSc. Jimmy Villón Moreno
ESPECIALISTA**



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**MARIA MARGARITA
RIVERA GONZALEZ**

**Ab. María Rivera González, Mgtr.
SECRETARIA GENERAL
UPSE**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
INSTITUTO DE POSTGRADO**

CERTIFICACIÓN:

Certifico que luego de haber dirigido científica y técnicamente el desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por el cual apruebo en todas sus partes el presente trabajo de titulación que fue realizado en su totalidad por MVZ. Eduarda Paulette Peña Armijos, como requerimiento para la obtención del título de Magíster en Acuicultura.

Atentamente,



Validar únicamente en FirmaRC.
Firmado electrónicamente por:
**GEOVANNA BELEN
PARRA RIOFRIO**

PhD. Geovanna Belén Parra Riofrio
TUTORA



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
INSTITUTO DE POSTGRADO**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Eduarda Paulette Peña Armijos

DECLARO QUE:

El trabajo de Titulación, **“Análisis comparativos de indicadores productivos y parámetros de calidad de agua en época lluviosa y seca en dos camaroneras ubicadas en Churute”** previo a la obtención del título en Magíster en Acuicultura ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Santa Elena, a los 08 días del mes de septiembre de año 2026



Firmado electrónicamente por:
**EDUARDA PAULETTE
PEÑA ARMIJOS**

**Eduarda Paulette Peña Armijos
AUTORA**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
INSTITUTO DE POSTGRADO**

AUTORIZACIÓN

Yo, Eduarda Paulette Peña Armijos

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, para que haga de este trabajo de titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de la investigación con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este informe de investigación dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Santa Elena, a los 08 días del mes de septiembre de año 2026



Firmado electrónicamente por:
**EDUARDA PAULETTE
PENA ARMIJOS**

**Eduarda Paulette Peña Armijos
AUTORA**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
INSTITUTO DE POSTGRADO**

CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación denominado **“Análisis comparativos de indicadores productivos y parámetros de calidad de agua en época lluviosa y seca en dos camaroneras ubicadas en Churute”**, presentado por el estudiante, **Eduarda Paulette Peña Armijos** fue enviado al Sistema Antiplagio **TURNITIN**, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al **0%**, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.

Eduarda Peña
Trabajo de investigación_Peña

Quick Submit
Quick Submit
INTEGRACIÓN CURRICULAR - TITULACIÓN

Detalles del documento

Identificador de la entrega
tmsaid:13615539635

Fecha de entrega
22 jul 2026, 10:27 a.m. GMT-5

Fecha de descarga
22 jul 2026, 10:35 a.m. GMT-5

Nombre del archivo
TFM_Eduarda_Pe_a_Turnitin.docx

Tamaño del archivo
368.2 KB

68 páginas
17,978 palabras
100,787 caracteres

turnitin

Página 2 de 71 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega: tmsaid:13615539635

0% Similitud general
El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 20 palabras)

Fuentes principales

- 0% Fuentes de Internet
- 0% Publicaciones
- 0% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad
N° de alertas de integridad para revisión
No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitan distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo. Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

turnitin

Página 1 de 71 - Portada

Identificador de la entrega: tmsaid:13615539635



Validar únicamente en FirmaBC.
Firmado electrónicamente por:
**GEOVANNA BELEN
PARRA RIOFRIO**

PhD. Geovanna Belén Parra Riofrio
TUTORA

AGRADECIMIENTO

Expreso mi profundo agradecimiento a Dios por permitirme culminar esta etapa, y a mi familia por creer en mí incluso en los momentos de mayor desafío. Asimismo, agradezco a mis docentes por compartir sus conocimientos y orientarme en la excelencia académica a lo largo de este camino.

Eduarda Paulette Peña Armijos

DEDICATORIA

Dedico este logro a Dios, por ser mi fortaleza y guía en cada paso, y a mi familia, por su apoyo incondicional, paciencia y amor infinito, pilares fundamentales que hicieron posible alcanzar esta meta.

Eduarda Paulette Peña Armijos

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
Justificación	5
Objetivos	6
Hipótesis	7
MARCO TEÓRICO.....	9
MATERIALES Y MÉTODOS	47
Diseño de la Investigación	47
Enfoque de la investigación	47
Nivel de la investigación.....	48
Localización y Descripción del Área de Estudio	48
<i>Ubicación Geográfica</i>	48
Características de las Unidades de Producción.....	50
Población y Muestra	52
<i>Población</i>	52
<i>Muestra</i>	52
Variables de Estudio	54
<i>Variables Independientes</i>	54
Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	55
Parámetros de calidad de agua	55
Indicadores productivos	56
Procedimiento operativo y procesamiento de la información.....	57
Plan de Procesamiento y Análisis de Datos	59
RESULTADOS.....	61
DISCUSIÓN	65
CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES.....	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
ANEXOS	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación geográfica del estudio	49
Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos de calidad de agua según camaronera y época climática	62
Tabla 3. Indicadores productivos de <i>Penaeus vannamei</i> según camaronera y época climática	64
Tabla 4. Correlaciones de Spearman con $ \rho \geq 0,50$ entre parámetros fisicoquímicos e indicadores productivos	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de las camaroneras	50
--	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de normalidad de los parámetros fisicoquímicos de calidad del agua	78
Anexo 2. Prueba de Kruskal-Wallis de los parámetros fisicoquímicos de calidad del agua	91
Anexo 3. Análisis de normalidad de los datos productivos	97
Anexo 4. Prueba de Kruskal-Wallis de los datos productivos	104
Anexo 5. Correlaciones de Spearman entre parámetros fisicoquímicos e indicadores productivos	108

ANÁLISIS COMPARATIVOS DE INDICADORES PRODUCTIVOS Y PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA EN ÉPOCA LLUVIOSA Y SECA EN DOS CAMARONERAS UBICADAS EN CHURUTE.

RESUMEN

La calidad del agua constituye un componente del desempeño productivo en sistemas camaroneros sometidos a variación estacional. El objetivo de este estudio fue evaluar la variación de los parámetros físicoquímicos y su asociación con los indicadores productivos de *Penaeus vannamei* durante las épocas lluviosa y seca en dos camaroneras de Churute. Se analizaron 155 ciclos productivos, organizados por camaronera y época, integrando parámetros de calidad de agua e indicadores productivos. Los resultados evidenciaron diferencias entre grupos en los parámetros físicoquímicos y productivos. A-LL presentó mayor biomasa y menor factor de conversión alimenticia, además de mayor peso final respecto a A-SC. No se identificaron asociaciones estadísticamente significativas entre calidad del agua e indicadores productivos. Se concluye que las variaciones en la calidad del agua y el desempeño productivo estuvieron asociadas con la época climática y con las características de cada camaronera, sin evidenciarse una relación consistente entre ambos grupos de variables.

Palabras claves: calidad del agua, estacionalidad, factor de conversión alimenticia, indicadores productivos, *Penaeus vannamei*.

COMPARATIVE ANALYSIS OF PRODUCTION INDICATORS AND WATER QUALITY PARAMETERS DURING THE RAINY AND DRY SEASONS AT TWO SHRIMP FARMS LOCATED IN CHURUTE.

ABSTRACT

Water quality is an important component of productive performance in shrimp farming systems exposed to seasonal variation. The objective of this study was to evaluate the variation in physicochemical parameters and their association with productive indicators of *Penaeus vannamei* during the rainy and dry seasons in two shrimp farms located in Churute. A total of 155 production cycles were analyzed, organized by shrimp farm and season, integrating water quality parameters and productive indicators. The results showed differences among groups in both physicochemical and productive parameters. A-LL presented higher biomass and a lower feed conversion ratio, as well as a higher final weight compared with A-SC. No statistically significant associations were identified between water quality and productive indicators. It is concluded that variations in water quality and productive performance were associated with climatic season and the specific characteristics of each shrimp farm, without evidence of a consistent relationship between both groups of variables.

Keywords: water quality, seasonality, feed conversion ratio, productive indicators, *Penaeus vannamei*.

INTRODUCCIÓN

La acuicultura, se ha posicionado a nivel mundial como un sector productivo con rápido crecimiento, superando a la pesca de captura en la provisión de proteínas acuáticas, por lo cual la FAO (2024) sostiene que la producción acuícola alcanzó un hito histórico al representar más del 50% del suministro mundial de productos del mar; se sostiene que en esta industria, el cultivo del camarón blanco (*Penaeus vannamei*) es el componente más valioso, impulsado por una demanda internacional que exige estándares de calidad y sostenibilidad cada vez más rigurosos en los sistemas de producción.

América Latina ha fortalecido su posición como un nodo estratégico para la exportación de crustáceos, en Ecuador, particularmente se ha erigido como el líder indiscutible en la producción de camarón a nivel mundial, pues, de acuerdo con la Cámara Nacional de Acuicultura (CNA, 2024), el sector camaronero ecuatoriano generó ingresos que están alrededor de 6.000 millones de dólares, consolidándose como el primer rubro de exportación no petrolera del país, gracias a la implementación de sistemas de cultivo eficientes y tecnificados.

Pese al éxito en el ámbito comercial de la producción de camarón en Ecuador, se enfrenta retos ambientales críticos derivados de la variabilidad climática estacional, Boyd et al. (2020) señalan que la calidad del agua es el factor determinante en la homeostasis de los organismos cultivados, pues las variaciones en parámetros fisicoquímicos no solo afectan la fisiología del crustáceo, sino que impactan directamente en la rentabilidad de las fincas, especialmente en zonas de alta influencia estuarina donde el equilibrio iónico cambia drásticamente.

En la zona de Churute, provincia del Guayas, la actividad camaronera se desarrolla en un ecosistema estuarino influenciado por la alternancia entre las épocas lluviosa y seca, durante la época lluviosa, el aporte de agua dulce reduce la salinidad y modifica las características químicas

del sistema, mientras que en la época seca disminuye la esorrentía continental y aumenta la influencia marina; sin embargo, en sectores interiores del estuario estas variaciones pueden mantenerse dentro de condiciones de baja salinidad (Marín Jarrín et al., 2022).

Según Castillo-Ochoa & Velásquez-López (2021), estas variaciones obligan a los productores a realizar ajustes constantes para evitar caídas en el rendimiento zootécnico.

La gestión de los parámetros de calidad de agua en este sector es vital para optimizar los indicadores productivos, en este caso, el Factor de Conversión Alimenticia (FCA) es una variable que responde de forma inmediata a los niveles de oxígeno disuelto, temperatura y pH. Como indica Armijos Dután (2022), cualquier desviación de los rangos óptimos de estos parámetros genera estrés metabólico, lo que incrementa la susceptibilidad a enfermedades y reduce la biomasa final.

Estudios previos han resaltado la importancia del monitoreo de la calidad del agua como herramienta para la gestión de sistemas acuícolas y la toma de decisiones productivas (Díaz Cab & Montalvo Espinoza, 2023), sin embargo, en la zona específica de Churute, persiste una brecha de información técnica sobre cómo las diferencias estacionales entre dos camaroneras con manejos similares pueden arrojar resultados productivos dispares. Es necesario recalcar que esta variabilidad subraya la necesidad de un monitoreo comparativo riguroso que permita identificar patrones críticos para la toma de decisiones.

El presente estudio busca generar información local sobre el comportamiento de la calidad del agua y los indicadores productivos bajo diferentes condiciones estacionales, aportando evidencia que pueda orientar futuras decisiones de manejo en sistemas camaroneros de características similares. La importancia de esta investigación radica en proporcionar datos cuantitativos que ayuden a los técnicos a mitigar los riesgos ambientales y maximizar la eficiencia biológica del *camarón blanco* (*Penaeus vannamei*) en la zona de estudio.

Este trabajo de titulación se desarrolló bajo un diseño no experimental, observacional, comparativo y correlacional, a partir del análisis de registros productivos y de calidad de agua. El estudio integra la caracterización de los parámetros fisicoquímicos, la comparación de los indicadores productivos entre épocas y camaroneras, y el análisis de asociación entre ambos grupos de variables. Su propósito fue generar información local que permita interpretar las variaciones estacionales de la calidad del agua y del desempeño productivo de *P. vannamei* en las camaroneras evaluadas, aportando evidencia para comprender el comportamiento de estos sistemas bajo condiciones reales de producción.

Planteamiento del problema

El cultivo de camarón blanco en Ecuador ha alcanzado un importante nivel de desarrollo productivo y comercial; sin embargo, la sostenibilidad de esta actividad depende, entre otros factores, de la capacidad de los sistemas de producción para responder a las variaciones ambientales propias de cada región, debido a que cambios estacionales en la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH y otros parámetros fisicoquímicos pueden modificar las condiciones del cultivo, afectar la estabilidad fisiológica de los organismos y repercutir sobre indicadores como el crecimiento, la sobrevivencia y la eficiencia alimenticia, especialmente cuando estas fluctuaciones no son consideradas oportunamente dentro de las estrategias de manejo (Boyd et al., 2020).

En la provincia del Guayas, y particularmente en el sector de Churute, cantón Naranjal, las condiciones de producción están influenciadas por la interacción entre los aportes continentales de agua dulce y la dinámica mareal asociada al Golfo de Guayaquil; esta condición genera variaciones estacionales en la composición fisicoquímica del agua disponible para los sistemas de cultivo, a lo que se suma la proximidad de las unidades productivas con la Reserva Ecológica Manglares Churute, un entorno donde las actividades acuícolas deben desarrollarse bajo criterios de uso

responsable del recurso hídrico y compatibilidad con la conservación de los ecosistemas estuarinos y de manglar (Valverde Carcache, 2023).

En este contexto, la calidad fisicoquímica del agua constituye uno de los componentes ambientales directamente asociados con el desempeño productivo del camarón, debido a que su variación puede modificar procesos metabólicos relacionados con el crecimiento, la sobrevivencia y la conversión alimenticia; por ello, el monitoreo sistemático de variables como temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, pH, alcalinidad y compuestos nitrogenados representa una herramienta fundamental para interpretar el estado del sistema de cultivo y orientar decisiones técnicas frente a los cambios que se presentan entre las épocas lluviosa y seca (Armijos Dután, 2022).

A pesar de la importancia de estas variables, todavía existe información comparativa limitada sobre la forma en que las variaciones estacionales de la calidad del agua se asocian con los indicadores productivos de las camaroneras ubicadas específicamente en el sector de Churute; esta carencia dificulta la identificación de patrones locales que permitan interpretar de manera conjunta las condiciones ambientales y el desempeño zootécnico bajo escenarios productivos reales, por lo que resulta necesario analizar las diferencias fisicoquímicas registradas entre épocas y unidades de producción, así como establecer el grado de asociación existente entre dichas variables y los principales indicadores de rendimiento del cultivo (Díaz Cab & Montalvo Espinoza, 2023).

A partir de este contexto, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿De qué manera varían los parámetros fisicoquímicos de calidad del agua y cómo se relacionan con los indicadores productivos de *Penaeus vannamei* entre dos camaroneras del sector de Churute durante las épocas lluviosa y seca?

Justificación

La presente investigación se justifica por la necesidad de disponer de información local sobre el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos de calidad del agua y su relación con el desempeño productivo del camarón blanco *Penaeus vannamei* en sistemas de cultivo desarrollados bajo condiciones de baja salinidad y marcada variación estacional. En ambientes estuarinos, los cambios de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH, alcalinidad y compuestos nitrogenados pueden modificar las condiciones fisiológicas del cultivo y alterar la respuesta productiva de los organismos, por lo que el análisis conjunto de estas variables permite comprender con mayor precisión las condiciones bajo las cuales se desarrollan los ciclos de producción en el sector de Churute (Boyd et al., 2020; Armijos Dután, 2022).

Desde el ámbito técnico y productivo, la comparación entre las épocas lluviosa y seca, así como entre las dos unidades de producción evaluadas, permite identificar diferencias en las condiciones de calidad del agua y en los principales indicadores zootécnicos registrados durante los ciclos de cultivo; esta información puede servir como referencia para la interpretación de situaciones similares y apoyar la toma de decisiones relacionadas con alimentación, monitoreo de calidad de agua y manejo preventivo, especialmente en periodos en los que las condiciones ambientales pueden modificar el crecimiento, la sobrevivencia o la eficiencia alimenticia del camarón (Castillo-Ochoa & Velásquez-López, 2021).

La investigación también presenta una utilidad metodológica, debido a que integra registros de calidad de agua e indicadores productivos obtenidos durante un periodo anual y los organiza bajo un enfoque comparativo y correlacional, permitiendo analizar las variaciones entre épocas climáticas y unidades de producción, así como establecer asociaciones estadísticas entre ambos grupos de variables. Este tipo de análisis contribuye a transformar los registros rutinarios de campo

en información técnica útil para la evaluación de los sistemas productivos, sin atribuir relaciones de causalidad directa entre las variables observadas, lo cual resulta coherente con el carácter no experimental y retrospectivo del estudio (Díaz Cab & Montalvo Espinoza, 2023).

Finalmente, el estudio adquiere relevancia ambiental por desarrollarse en un sector asociado a la Reserva Ecológica Manglares Churute, donde la actividad acuícola mantiene una relación estrecha con la dinámica del sistema estuarino y con la disponibilidad y calidad del recurso hídrico. Contar con información sobre las variaciones estacionales del agua y su asociación con el desempeño productivo puede contribuir a promover prácticas de manejo más ajustadas a las condiciones locales, favoreciendo un uso responsable del agua y una producción compatible con las características ambientales de una zona de importancia ecológica para la provincia del Guayas (Marín Jarrín et al., 2022; Valverde Carcache, 2023).

Objetivos

Objetivo general

Evaluar la relación entre los parámetros fisicoquímicos de calidad de agua y los indicadores productivos en el cultivo de camarón blanco *Penaeus vannamei* durante las épocas lluviosa y seca en dos camaroneras del sector de Churute.

Objetivos específicos

1. Comparar los parámetros fisicoquímicos de calidad de agua (temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, pH, alcalinidad, PO₄, TAN, NH₃ y NO₂) entre las épocas lluviosa y seca y entre las dos camaroneras evaluadas.
2. Analizar los indicadores productivos (sobrevivencia, peso promedio, biomasa cosechada y factor de conversión alimenticia) de *Penaeus vannamei* en ambas épocas climáticas y en ambas unidades de producción.

3. Determinar el grado de asociación entre los parámetros fisicoquímicos de calidad de agua y los indicadores productivos.

Hipótesis

Hipótesis general

Las condiciones fisicoquímicas de calidad del agua presentan variaciones significativas entre las épocas lluviosa y seca y entre las camaroneras evaluadas, y dichas variaciones se encuentran asociadas significativamente con los indicadores productivos del cultivo de *Penaeus vannamei* en el sector de Churute.

Hipótesis operativas

Para realizar el contraste estadístico de la hipótesis de investigación, se establecieron tres pares de hipótesis nula y alternativa, correspondientes a las comparaciones de calidad del agua, los indicadores productivos y el análisis de asociación entre ambos grupos de variables.

H₀₁: No existen diferencias estadísticamente significativas en los parámetros fisicoquímicos de calidad del agua entre las épocas lluviosa y seca ni entre las dos camaroneras evaluadas.

H₁₁: Existen diferencias estadísticamente significativas en al menos uno de los parámetros fisicoquímicos de calidad del agua entre las épocas lluviosa y seca o entre las dos camaroneras evaluadas.

H₀₂: No existen diferencias estadísticamente significativas en los indicadores productivos (sobrevivencia, peso promedio, biomasa cosechada y factor de conversión alimenticia) entre las épocas lluviosa y seca ni entre las dos camaroneras evaluadas.

H₁₂: Existen diferencias estadísticamente significativas en al menos uno de los indicadores productivos (sobrevivencia, peso promedio, biomasa cosechada o factor de conversión alimenticia) entre las épocas lluviosa y seca o entre las dos camaroneras evaluadas.

H₀₃: No existe asociación estadísticamente significativa ($\rho = 0$) entre los parámetros fisicoquímicos de calidad del agua y los indicadores productivos del cultivo de *Penaeus vannamei* en las camaroneras evaluadas.

H₁₃: Existe asociación estadísticamente significativa ($\rho \neq 0$) entre al menos un parámetro fisicoquímico de calidad del agua y al menos un indicador productivo del cultivo de *Penaeus vannamei* en las camaroneras evaluadas.

MARCO TEÓRICO

Generalidades de la camaronicultura como sistema productivo

La camaronicultura constituye un sistema productivo en el que interactúan variables biológicas, ambientales y tecnológicas, por lo que el desempeño del cultivo depende tanto de la disponibilidad de alimento y oxígeno como del control de las condiciones fisicoquímicas del agua. En sistemas abiertos o semiabiertos, como los presentes en zonas estuarinas, la calidad del agua de ingreso adquiere especial importancia debido a que sus características pueden variar en función de las condiciones ambientales externas y de la época del año, modificando el equilibrio del estanque y la respuesta fisiológica de los organismos cultivados (Sallenave, 2012).

En Ecuador, la producción de camarón ha incorporado progresivamente estrategias orientadas al uso más eficiente de los recursos y al control de variables críticas durante las diferentes etapas del cultivo; en este contexto, la preparación del estanque, la aclimatación, la alimentación, el manejo de la calidad del agua y el control de la biomasa forman parte de un sistema integrado, donde las decisiones técnicas adoptadas durante el ciclo pueden reflejarse posteriormente en indicadores como crecimiento, sobrevivencia y eficiencia alimenticia (Hidalgo Herrera, 2025).

Importancia de la camaronicultura a nivel global y nacional

A nivel mundial, la camaronicultura se ha consolidado como uno de los pilares más dinámicos de la seguridad alimentaria y la economía azul, superando en estabilidad a la pesca tradicional, se conoce que en la última media década, la industria ha experimentado una transformación tecnológica que ha permitido satisfacer una demanda creciente en mercados de mucha exigencia como Asia, Europa y Norteamérica; este crecimiento no solo responde a un

incremento en el volumen, sino también a una distinción en la trazabilidad y la sostenibilidad ambiental, factores que hoy establecen la competitividad internacional. En la actualidad, el camarón es la proteína de origen acuático con mayor valor comercial transado en el mundo, impulsando el desarrollo de infraestructuras logísticas (Buitrago Nieto, 2024).

En el contexto nacional, el Ecuador ha marcado un hito histórico al posicionarse como el líder en la producción y exportación mundial de *P. vannamei*; la industria camaronera se ha transformado en el principal motor de la economía no petrolera del país, llegando incluso a superar los ingresos generados por las exportaciones de crudo en periodos específicos y es una fuente vital de empleo para miles de personas, generando más de 300,000 plazas de trabajo directas e indirectas (FAO, 2024).

En zonas estratégicas como Churute, la actividad camaronera no solo fortalece la economía local, sino que también fomenta la inversión en tecnologías de monitoreo y manejo que son esenciales para mantener la competitividad a nivel del mercado internacional frente a competidores asiáticos.

Relevancia económica y ambiental del cultivo de camarón blanco

El cultivo de *P. vannamei* representa una actividad de elevada importancia económica debido a la amplitud de la cadena productiva que genera alrededor de la producción, procesamiento y comercialización del camarón; sin embargo, su sostenibilidad depende de que el incremento productivo vaya acompañado de estrategias destinadas a optimizar el uso del agua, el alimento y los insumos, debido a que estos factores inciden directamente sobre los costos de producción y sobre la estabilidad del sistema de cultivo (FAO, 2024).

Desde el punto de vista ambiental, la producción camaronera desarrollada en zonas estuarinas mantiene una interacción permanente con los ecosistemas circundantes, debido a que utiliza agua proveniente de canales, esteros y sistemas de manglar; por esta razón, el manejo adecuado del recurso hídrico, la reducción de la carga orgánica y el control de los nutrientes adquieren especial relevancia en sectores próximos a áreas protegidas, donde las actividades productivas deben ser compatibles con la conservación del ambiente y con la estabilidad de los cuerpos de agua receptores (Valverde Carcache, 2023).

Características generales de los sistemas de cultivo semi-intensivo e intensivo

El sistema de cultivo semi-intensivo se caracteriza por una gestión objetiva entre la productividad natural del estanque y la suplementación técnica en este modelo, las densidades de siembra suelen fluctuar entre 10 y 25 organismos por metro cuadrado, dependiendo en gran medida de los complementos de agua mareales o mecánicos para mantener la calidad del medio. La alimentación se basa en una combinación de fitoplancton y zooplancton estimulados mediante fertilización, complementada con dietas balanceadas de proteína moderada en zonas como Churute, este sistema aprovecha las condiciones estuarinas para reducir costos energéticos, aunque queda más expuesto a las fluctuaciones climáticas estacionales que alteran la salinidad y la carga orgánica del agua de entrada (Haro Morales, 2024; Villarreal García & Ascencio Valle, 2022).

Por el contrario, el sistema intensivo representa la máxima expresión del control tecnológico en la camaronicultura, con densidades que superan los 30 hasta los 150 camarones por metro cuadrado, esta modalidad exige una infraestructura robusta, fundamentada en el uso de aireación mecánica constante (aireadores de paleta o inyectoros de oxígeno) para sostener la demanda biológica de oxígeno de una biomasa elevada. A diferencia del sistema semi-intensivo,

aquí la dependencia del alimento balanceado de alta calidad es total y el manejo de los desechos metabólicos, como el nitrógeno amoniacal total, se vuelve crítico. Este sistema permite una mayor previsibilidad de la cosecha y optimización del espacio, pero requiere una inversión de capital significativamente más alta y un monitoreo técnico riguroso y constante de los parámetros físico-químicos (Villarreal García & Ascencio Valle, 2022).

Generalidades y relevancia económica del cultivo de *Penaeus vannamei*

El camarón blanco del Pacífico, *P. vannamei*, se caracteriza por su capacidad para desarrollarse bajo un amplio intervalo de condiciones ambientales, particularmente de salinidad y temperatura, característica que ha favorecido su cultivo en sistemas costeros y estuarinos con diferentes niveles de tecnificación; esta plasticidad fisiológica se relaciona principalmente con su capacidad de osmorregulación, mediante la cual el organismo mantiene el equilibrio interno frente a los cambios en la concentración de sales del medio, condición especialmente relevante en sistemas de baja salinidad como los encontrados en el sector de Churute (Urías Sotomayor et al., 2024).

Desde el punto de vista productivo y económico, *P. vannamei* ocupa una posición importante dentro de la acuicultura debido a su rápido crecimiento, adaptación al cultivo en cautiverio y posibilidad de ser manejado bajo distintos niveles de intensificación; estas características han permitido el desarrollo de sistemas de producción orientados a mejorar la sobrevivencia, el crecimiento y la eficiencia alimenticia, factores que determinan finalmente el rendimiento de los ciclos y la viabilidad económica de las unidades productivas (Haro Morales, 2024).

Ciclo de cultivo

El ciclo de cultivo del *Penaeus vannamei* representa el periodo cronológico que abarca desde la preparación de las piscinas hasta la cosecha final, pasando por las fases críticas de transferencia y engorde. El proceso se inicia con la preparación del suelo, donde la oxidación de la materia orgánica y el encalado son fundamentales para asegurar un ambiente bentónico saludable. Posteriormente, la fase de aclimatación de las postlarvas (PL) es el punto de mayor sensibilidad, ya que se deben ajustar gradualmente los parámetros de salinidad y temperatura del agua de transporte a las condiciones reales de las piscinas en Churute, minimizando el choque osmótico que podría comprometer la supervivencia inicial (Urías Sotomayor et al., 2024).

Durante la fase de engorde, la gestión del ciclo se centra en la optimización de la tasa de crecimiento y el control de la biomasa. En esta etapa, el monitoreo diario de los parámetros físico-químicos y la aplicación de estrategias de alimentación (ya sea manual o mediante alimentadores automáticos) determinan la eficiencia del sistema. La culminación del ciclo ocurre con la cosecha, la cual debe ser planificada considerando los ritmos circadianos y las condiciones climáticas para evitar el estrés del animal y la muda prematura, lo que afectaría la calidad del producto final. En las camaroneras ubicadas en estuarios, la duración del ciclo puede verse alterada por la estacionalidad; por ejemplo, las temperaturas más altas en la época lluviosa suelen acelerar el metabolismo y acortar los días de cultivo, mientras que, en la época seca, el crecimiento tiende a ser más lento, pero más estable en términos sanitarios (Urías Sotomayor et al., 2024).

Clasificación Taxonómica (Actualizada según WoRMS)

La clasificación taxonómica del camarón blanco ha sido un tema de amplia discusión en la comunidad científica, oscilando entre los géneros *Penaeus* y *Litopenaeus*. No obstante, de acuerdo

con las actualizaciones más recientes del Registro Mundial de Especies Marinas, se reconoce a *Penaeus vannamei* como el nombre aceptado, manteniendo a *Litopenaeus* como un subgénero válido dentro de la organización sistemática. Esta especie pertenece al orden Decapoda, caracterizado por la presencia de diez patas locomotoras, y se agrupa dentro de la familia *penaeidae*. Su ubicación taxonómica es fundamental para los estudios de biodiversidad y acuicultura en Churute, ya que permite diferenciar claramente sus requerimientos biológicos de otros peneidos simpátricos que habitan en los estuarios ecuatorianos (IMARPE, 2023).

Desde el punto de vista filogenético, la estructura jerárquica de la especie refleja una especialización evolutiva hacia ambientes de alta productividad biológica. Al pertenecer a la superfamilia Penaeoidea, esta especie comparte rasgos morfológicos distintivos, como la presencia de un rostro dentado y un ciclo de vida que alterna entre el mar abierto y las zonas estuarinas. En el marco de la investigación acuícola, el uso de la nomenclatura actualizada según WoRMS no solo garantiza el rigor científico de la tesis, sino que facilita la interoperabilidad de los datos con bases de datos internacionales. La correcta identificación taxonómica es el primer paso para entender la fisiología de la especie frente a los cambios en la calidad del agua provocados por la estacionalidad climática en el litoral ecuatoriano.

Morfología Externa (Cefalotórax, Pleon) e Interna (Branquias, Hepatopáncreas)

La morfología externa de *P. vannamei* se organiza en dos regiones principales, el cefalotórax y el pleon; el cefalotórax se encuentra protegido por un caparazón y concentra gran parte de los órganos sensoriales, estructuras bucales y apéndices locomotores, mientras que el pleon está conformado por seis segmentos que contienen la mayor proporción de tejido muscular y participan directamente en la locomoción y natación del organismo. Esta organización corporal

permite al camarón responder a las condiciones del medio acuático y desarrollar las funciones asociadas con alimentación, desplazamiento y crecimiento durante las diferentes etapas del cultivo (IMARPE, 2023).

Entre las estructuras internas de mayor importancia se encuentran las branquias y el hepatopáncreas; las primeras cumplen funciones relacionadas con el intercambio gaseoso y el equilibrio osmótico, por lo que mantienen contacto directo con las variaciones de oxígeno, salinidad y otros componentes del agua, mientras que el hepatopáncreas participa en procesos digestivos, absorción y almacenamiento de nutrientes, de manera que alteraciones en su apariencia pueden ser consideradas durante la evaluación del estado fisiológico de los organismos cultivados (Romero Pozo, 2026).

Biología, ecología y ciclo de vida en zonas estuarinas

El ciclo de vida de *P. vannamei* está relacionado con ambientes marinos y estuarinos, en los que las diferentes etapas de desarrollo responden a cambios en las condiciones de salinidad, disponibilidad de alimento y características del hábitat; los ecosistemas de manglar y las zonas estuarinas constituyen ambientes de elevada productividad y complejidad ecológica, donde la disponibilidad de materia orgánica, refugio y alimento contribuye al mantenimiento de numerosas especies acuáticas, mientras que las características del entorno pueden modificarse en función de las variaciones hidrológicas y del uso del territorio (Vélez-Alvarado & Álvarez-Mozos, 2020).

En el sector de Churute, la interacción entre el manglar, los canales estuarinos y las actividades productivas determina una dinámica ambiental variable entre las épocas lluviosa y seca; estas variaciones pueden modificar las características del agua utilizada por las camaronas, por lo que comprender el comportamiento del sistema estuarino resulta relevante para interpretar las

condiciones bajo las cuales se desarrolla el cultivo y la forma en que las unidades productivas se relacionan con el ecosistema circundante (Gordillo Vargas, 2025).

Parámetros físico-químicos de la calidad del agua

La calidad del agua en la camaronicultura se define como el conjunto de variables físicas y químicas que determinan la idoneidad del ecosistema acuático para el desarrollo de *P. vannamei*. A diferencia de otros sistemas de producción animal, en la acuicultura el medio ambiente y el soporte vital son prácticamente el mismo, lo que implica que cualquier fluctuación en parámetros como el oxígeno disuelto, el pH, la salinidad o la temperatura puede generar cambios en la fisiología del crustáceo. En las zonas estuarinas del Golfo de Guayaquil, estos parámetros no permanecen constantes, sino que están sujetos a un régimen dinámico influenciado por las mareas, la radiación solar y las condiciones climáticas; la interacción de estas variables genera un equilibrio químico complejo, donde la solubilidad de los gases y la toxicidad de algunos compuestos nitrogenados pueden modificarse en función de las condiciones ambientales del sistema (Sallenave, 2012).

En el contexto específico de Churute, el análisis de los parámetros físico-químicos debe contemplar tanto las variaciones nictemerales como las estacionales; durante la transición entre la época lluviosa y seca pueden registrarse cambios en la capacidad amortiguadora del agua, la concentración de sales y la disponibilidad de oxígeno, condiciones que se relacionan con procesos fisiológicos como la osmorregulación, la ecdisis y la calcificación del exoesqueleto. Por ello, el manejo técnico requiere que el productor no solo observe valores aislados, sino también las tendencias y relaciones entre variables, considerando, por ejemplo, que el aumento de la temperatura puede incrementar la actividad metabólica y bacteriana, elevar la demanda de oxígeno

y modificar el equilibrio entre las distintas formas del amoníaco presentes en el agua (Boyd et al., 2020; Quintanilla Corena & Castro Miranda, 2021).

Concepto de calidad de agua en acuicultura

En el ámbito de la acuicultura, el concepto de calidad de agua trasciende la simple ausencia de contaminantes y comprende el conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas que permiten mantener condiciones adecuadas para la salud, el crecimiento y la supervivencia de los organismos acuáticos. El camarón permanece en contacto directo y permanente con su medio, por lo que el agua actúa simultáneamente como fuente de oxígeno, receptor de desechos metabólicos y medio para la regulación térmica y osmótica; en consecuencia, una adecuada calidad de agua implica mantener las variables ambientales dentro de intervalos compatibles con las necesidades fisiológicas de la especie y reducir situaciones que puedan aumentar el gasto energético destinado al mantenimiento en detrimento del crecimiento (Díaz Cab & Montalvo Espinoza, 2023).

Una fluctuación del pH puede modificar la proporción y toxicidad del amoníaco, mientras que la temperatura condiciona la solubilidad del oxígeno disuelto; por esta razón, la calidad del agua no debe interpretarse como una condición estática, sino como un proceso dinámico influenciado por factores internos, entre ellos la densidad de siembra, la alimentación y la acumulación de materia orgánica, así como por factores externos relacionados con la estacionalidad climática y la dinámica del estuario. La gestión técnica del cultivo depende, por tanto, de la capacidad para reconocer estas variaciones y actuar antes de que se conviertan en factores limitantes para la producción (González Legarda et al., 2023)

Principales parámetros físico-químicos

Temperatura: Metabolismo y tasa de crecimiento.

La dinámica térmica ambiental ejerce una influencia importante sobre la fisiología de *P. vannamei*, debido a que interviene en procesos como la asimilación de nutrientes, la actividad metabólica, el consumo de alimento y la formación de nuevos tejidos. En el contexto del litoral ecuatoriano, las variaciones registradas entre la época lluviosa y la época seca pueden obligar al organismo a realizar ajustes metabólicos que modifican tanto la demanda de oxígeno como la actividad alimenticia; temperaturas elevadas incrementan el metabolismo, mientras que los descensos térmicos prolongados pueden reducir la velocidad de los procesos fisiológicos y del ciclo de muda.

Comprender esta sensibilidad térmica es importante desde el punto de vista productivo, debido a que un incremento de la temperatura puede acelerar determinados procesos metabólicos, pero al mismo tiempo disminuir la solubilidad del oxígeno en el agua; por ello, la temperatura debe interpretarse conjuntamente con otros parámetros del cultivo y no como una variable aislada, especialmente cuando se pretende evaluar su relación con el crecimiento, el consumo de alimento y los indicadores productivos del sistema (Boyd et al., 2020).

Salinidad: Osmorregulación y equilibrio iónico.

La salinidad constituye un factor relevante en la fisiología de *P. vannamei*, debido a que interviene directamente en el balance hídrico y en la distribución de electrolitos mediante los procesos de osmorregulación. Aunque esta especie presenta una elevada capacidad eurihalina, la adaptación a diferentes niveles de salinidad implica un gasto energético destinado a mantener la concentración interna de solutos; cuando el gradiente osmótico entre el medio externo y la

hemolinfa aumenta, parte de la energía que podría emplearse en crecimiento debe dirigirse al mantenimiento de la homeostasis.

En el ecosistema de Churute, esta condición adquiere una importancia particular porque las camaronas evaluadas operan bajo niveles de salinidad muy bajos; en estas circunstancias, *P. vannamei* debe realizar ajustes fisiológicos para mantener el equilibrio osmótico, proceso que depende de la disponibilidad y regulación de los principales iones presentes en el medio. Cuando este equilibrio se altera, pueden verse comprometidos procesos relacionados con la osmorregulación, la muda y la mineralización del exoesqueleto, con posibles repercusiones sobre el desempeño productivo del cultivo (Urías Sotomayor et al., 2024).

Oxígeno disuelto: Dinámica de fotosíntesis y respiración nictemeral.

El oxígeno disuelto (OD) constituye uno de los parámetros más importantes en la producción acuícola, debido a que permite sostener los procesos respiratorios y metabólicos mediante los cuales el alimento es transformado en energía y biomasa. Su disponibilidad en los estanques presenta variaciones nictemerales determinadas principalmente por el balance entre la producción fotosintética durante el día y el consumo respiratorio durante la noche, proceso en el que participan el camarón, el fitoplancton, los microorganismos y otros componentes biológicos presentes en el sistema; estas fluctuaciones pueden intensificarse cuando aumenta la temperatura o se incrementa la carga orgánica presente en el estanque.

La disminución del oxígeno disuelto puede limitar el consumo de alimento, reducir la actividad metabólica y afectar el crecimiento, mientras que condiciones prolongadas de hipoxia favorecen procesos anaerobios en el fondo del estanque y pueden contribuir a la acumulación de metabolitos no deseados. Por esta razón, la interpretación del OD debe considerar simultáneamente

la temperatura, la biomasa presente y la cantidad de materia orgánica del sistema, especialmente durante los periodos en los que las condiciones ambientales pueden alterar el equilibrio entre la producción y el consumo de oxígeno (Ruiz Díaz & Hernández, 2023).

pH y Alcalinidad: El sistema tampón de carbonatos.

El pH y la alcalinidad se encuentran estrechamente relacionados con la estabilidad química del agua. El pH presenta fluctuaciones nictemerales asociadas con los procesos de fotosíntesis y respiración, debido a los cambios en la concentración de dióxido de carbono, mientras que la alcalinidad representa la capacidad del agua para neutralizar ácidos y amortiguar variaciones bruscas de pH; de esta manera, una adecuada reserva alcalina contribuye a mantener mayor estabilidad en las condiciones químicas del estanque (Rebolledo Monsalve & Verduga Vergara, 2023; Quintanilla Corena & Castro Miranda, 2021).

En sistemas de baja salinidad, la alcalinidad también adquiere importancia por su relación con la disponibilidad de carbonatos y bicarbonatos, componentes vinculados con los procesos de calcificación posteriores a la muda. Un control deficiente del pH y la alcalinidad puede modificar además la proporción del amoníaco presente en su forma no ionizada NH_3 , cuya toxicidad aumenta a medida que el medio se vuelve más alcalino; por ello, ambos parámetros deben ser analizados conjuntamente con los compuestos nitrogenados y las condiciones generales del cultivo (Rebolledo Monsalve & Verduga Vergara, 2023; Quintanilla Corena & Castro Miranda, 2021).

Compuestos nitrogenados (Amonio, Nitritos, Nitratos) y su toxicidad.

El ciclo del nitrógeno en los estanques de camaronicultura es un proceso mediado biológicamente que determina la acumulación de metabolitos potencialmente letales para el *Penaeus vannamei*. El Amoníaco Total (TAN) es el primer subproducto del catabolismo de las

proteínas del alimento y de la descomposición de la materia orgánica. Su toxicidad reside principalmente en su fracción no ionizada (NH_3), la cual es capaz de atravesar las membranas celulares por difusión, alterando el equilibrio osmótico y dañando el tejido branquial. La peligrosidad de esta molécula se ve exacerbada por el aumento del pH y la temperatura, condiciones frecuentes en las tardes de la época lluviosa en Churute. Un manejo inadecuado de los niveles de amoníaco no solo inhibe el crecimiento, sino que compromete la respuesta inmunológica del crustáceo ante patógenos oportunistas.

Por otro lado, el nitrito (NO_2) y el nitrato (NO_3) representan las etapas posteriores de la nitrificación, cada uno con implicaciones fisiológicas distintas. El nitrito es particularmente peligroso en aguas de baja salinidad, como las que predominan en Churute durante el invierno, ya que compite con los iones cloruro por los sitios de transporte activo en las branquias, provocando la oxidación de la hemocianina y reduciendo la capacidad de transporte de oxígeno. En contraste, el nitrato es la forma menos tóxica y suele ser asimilado por el fitoplancton; sin embargo, en sistemas intensivos con baja tasa de recambio, su acumulación excesiva puede generar estrés crónico.

La gestión de los compuestos nitrogenados representa uno de los principales desafíos en el cultivo de *P. vannamei*, debido a que su acumulación se relaciona con el metabolismo de los organismos, la degradación de la materia orgánica y la actividad microbiana del sistema. El amoníaco no ionizado (NH_3) puede incrementar su toxicidad cuando aumentan el pH y la temperatura, mientras que el nitrito (NO_2) adquiere particular importancia en sistemas de baja salinidad, donde su efecto puede intensificarse por la menor disponibilidad de cloruros. Aunque el nitrato (NO_3) presenta menor toxicidad relativa, su acumulación también debe ser controlada en sistemas con bajo recambio. Por esta razón, el seguimiento de los compuestos nitrogenados debe

realizarse conjuntamente con variables como temperatura, pH, oxígeno disuelto y salinidad, considerando su interacción dentro del sistema de cultivo (Quintanilla Corena & Castro Miranda, 2021; Urías Sotomayor et al., 2024).

Rangos óptimos y críticos para el cultivo de camarón blanco

El establecimiento de rangos óptimos y críticos de los parámetros físico-químicos constituye una herramienta importante para el control de riesgos en camaronicultura, debido a que permite reconocer condiciones que pueden favorecer el crecimiento y la eficiencia metabólica de *P. vannamei*, así como identificar valores que podrían generar respuestas de estrés; entre los parámetros de mayor importancia se encuentran la temperatura y el oxígeno disuelto, debido a su relación directa con el metabolismo, el consumo de alimento y la eficiencia productiva del cultivo (Kaneshiro Gonzalez et al., 2022; Quintanilla Corena & Castro Miranda, 2021).

En el ecosistema dinámico de Churute, la gestión de estos rangos se vuelve un desafío operativo debido a la influencia de la estacionalidad; durante la época lluviosa, la disminución de la salinidad puede incrementar las exigencias osmorregulatorias del organismo, mientras que las variaciones de temperatura, pH y materia orgánica pueden modificar la presencia y toxicidad de los compuestos nitrogenados, por lo que la interpretación de estos parámetros debe realizarse de manera conjunta y considerando las características particulares del agua de cultivo (Urías Sotomayor et al., 2024; Quintanilla Corena & Castro Miranda, 2021).

Dinámica estacional en ecosistemas estuarinos

La dinámica estacional en los ecosistemas estuarinos tropicales, como el sistema del Golfo de Guayaquil y la Reserva Ecológica Manglares Churute, está regida por la alternancia entre la época lluviosa y la época seca. Esta transición genera fluctuaciones en el balance hidrológico;

durante la época lluviosa, el incremento de las precipitaciones y del caudal de los ríos favorece una mayor descarga de agua dulce, sedimentos y nutrientes hacia el estuario, mientras que en la época seca disminuye el aporte continental y aumenta proporcionalmente la influencia marina y la evaporación. Estos cambios estacionales modifican la disponibilidad y calidad del agua captada por las camaroneras, por lo que las estrategias de manejo deben considerar las características ambientales propias de cada periodo (Marín Jarrín et al., 2022).

Desde una perspectiva ecológica, la estacionalidad también modifica la productividad primaria y el flujo de nutrientes dentro del estuario; durante las lluvias, la escorrentía terrestre puede incrementar los aportes de nitrógeno y fósforo, al mismo tiempo que aumenta la carga de sólidos suspendidos y disminuye la transparencia del agua, mientras que en la época seca la reducción del caudal continental favorece una mayor estabilidad de la columna de agua y una influencia relativamente mayor de las condiciones marinas. Estas modificaciones pueden repercutir sobre las comunidades fitoplanctónicas, los ciclos biogeoquímicos y las características del agua disponible para los sistemas acuícolas (Marín Jarrín et al., 2022).

Época lluviosa en zonas estuarinas

La época lluviosa en las zonas estuarinas del Golfo de Guayaquil se caracteriza por un incremento de las precipitaciones y de los aportes de agua dulce provenientes de los sistemas hidrográficos continentales; este aumento del caudal modifica la salinidad, la transparencia y la concentración de nutrientes en los cuerpos de agua, debido al ingreso de sedimentos, materia orgánica y compuestos disueltos procedentes de la escorrentía superficial. En sectores asociados a Churute, estas condiciones pueden generar una disminución de la salinidad del agua disponible para los sistemas de cultivo y variaciones en otros parámetros fisicoquímicos relacionados con la dinámica propia del estuario (Marín Jarrín et al., 2022).

Durante este periodo, el aumento del aporte continental también puede modificar la turbidez, la concentración de nutrientes y otras características fisicoquímicas de los sistemas costeros, produciendo cambios en la dinámica ambiental del medio acuático; estas variaciones pueden influir en la penetración de la luz, la productividad primaria y el comportamiento de algunos procesos biogeoquímicos, por lo que su seguimiento resulta importante para comprender las condiciones del agua utilizada en los sistemas acuícolas (Arboleda Muñoz et al., 2024).

Desde el punto de vista fisicoquímico, la época lluviosa puede generar cambios importantes en la estabilidad del sistema de cultivo, debido a que el ingreso de agua con menor salinidad y diferente composición mineral modifica las condiciones a las que se encuentra expuesto *P. vannamei*; estas variaciones pueden incrementar las exigencias osmorregulatorias del organismo y alterar parámetros como la alcalinidad, el pH y el oxígeno disuelto, por lo que el monitoreo de la calidad del agua adquiere especial importancia durante este periodo, especialmente en sistemas que operan bajo condiciones de baja salinidad (Haro Morales, 2024).

Además, el incremento de materia orgánica y nutrientes durante la época lluviosa puede modificar la actividad biológica del estanque, el consumo de oxígeno y la dinámica de los compuestos nitrogenados; por esta razón, el manejo técnico debe considerar conjuntamente la salinidad, la temperatura, el oxígeno disuelto, la alcalinidad y los metabolitos nitrogenados, evitando interpretar cada parámetro de manera aislada y procurando reconocer oportunamente condiciones que puedan generar estrés fisiológico o afectar el desempeño productivo del cultivo (Urías Sotomayor et al., 2024; Quintanilla Corena & Castro Miranda, 2021).

Impacto de la época lluviosa en la química del agua dulce.

El ingreso masivo de agua dulce durante la época lluviosa transforma la composición química de los ecosistemas estuarinos, actuando como una vía de transporte de materiales desde las cuencas altas hacia el litoral. Este fenómeno, conocido como “pulso de inundación”, puede reducir de manera importante la conductividad eléctrica y la fuerza iónica del medio receptor; uno de los efectos más inmediatos se observa en la dilución de los principales iones presentes en el agua, entre ellos cloruro, sodio y magnesio, lo que puede conducir a condiciones de baja salinidad en los sistemas de cultivo. Sin embargo, más allá del efecto de dilución, el agua de escorrentía puede transportar ácidos húmicos y fúlvicos procedentes de la descomposición de materia orgánica en suelos agrícolas y forestales, modificando ligeramente el pH y reduciendo la transparencia del agua (Valderrama Nitola, 2021).

Químicamente, la escorrentía pluvial puede favorecer el ingreso y redistribución de nutrientes inorgánicos en el sistema estuarino; en el Golfo de Guayaquil se han registrado variaciones estacionales de nitratos y fosfatos relacionadas con la precipitación, la escorrentía y los aportes de nutrientes, mientras que en Manglares de Churute la época climática constituye uno de los principales factores de variabilidad de los nutrientes y otras características del agua (Barreiro De La A & Hernández-Vaca, 2024; Marín Jarrín et al., 2022).

Este enriquecimiento puede estimular la productividad primaria y modificar el estado trófico del sistema, debido a que nutrientes como el nitrato y el fosfato participan directamente en la dinámica de la producción primaria en ambientes estuarinos (Barreiro De La A & Hernández-Vaca, 2024). Asimismo, el incremento del aporte de agua dulce puede modificar la composición química del medio y reducir temporalmente la concentración de compuestos asociados con la capacidad tampón, generando variaciones en parámetros como la alcalinidad y el pH (Quintanilla

Corena & Castro Miranda, 2021; Rebolledo Monsalve & Verduga Vergara, 2023). A esto se suman los cambios en el transporte de sólidos suspendidos y nutrientes hacia la interfase agua-sedimento, donde ocurren procesos biogeoquímicos que pueden modificar su disponibilidad dentro del sistema (Twilley & Rivera-Monroy, 2009). Comprender estas variaciones resulta importante para diferenciar los cambios naturales asociados con la estacionalidad de aquellos relacionados con las actividades de manejo desarrolladas en las camaroneras durante la época lluviosa (Marín Jarrín et al., 2022; Rebolledo Monsalve & Verduga Vergara, 2023).

Época seca en zonas estuarinas

La época seca en el sistema estuarino del Golfo de Guayaquil, que generalmente se extiende de junio a diciembre, se caracteriza por una reducción de las precipitaciones y una disminución del caudal de los ríos que alimentan la zona de Churute. Hidrológicamente, este periodo favorece una mayor influencia marina en los canales de marea y puede producir incrementos relativos de la salinidad; sin embargo, en sectores interiores del estuario estas variaciones no necesariamente conducen a condiciones salinas elevadas. Para el cultivo de *P. vannamei*, la época seca puede presentar aguas con mayor transparencia y una dinámica fisicoquímica diferente a la observada durante la época lluviosa, mientras que el descenso de la temperatura puede reducir la actividad metabólica, disminuir el consumo de alimento y prolongar el tiempo requerido para alcanzar determinados pesos de cosecha (Castillo-Ochoa & Velásquez-López, 2021; Haro Morales, 2024).

Desde el punto de vista químico, durante la época seca la evaporación puede adquirir mayor importancia frente al aporte de agua dulce, favoreciendo una concentración relativa de sales y otros componentes disueltos; no obstante, estos cambios dependen de las características hidrológicas locales y del grado de conexión con el estuario, por lo que no deben asumirse incrementos uniformes de dureza o alcalinidad en todos los sistemas. De igual manera, una menor renovación

del agua puede favorecer la acumulación de materia orgánica y metabolitos si el manejo no es adecuado, mientras que la disminución de la temperatura puede reducir la frecuencia de muda y modificar la respuesta fisiológica de *P. vannamei* durante este periodo (Marín Jarrín et al., 2022; Haro Morales, 2024).

Comportamiento de parámetros en época seca.

Durante la época seca en el estuario de Churute, el comportamiento de los parámetros físico-químicos se aleja de la influencia predominante de las escorrentías continentales y adquiere una mayor relación con la dinámica estuarina, la influencia marina y los procesos de evaporación. Una de las variables de mayor importancia durante este periodo es la temperatura del agua, que puede presentar un descenso con respecto a la época lluviosa; este enfriamiento incrementa la capacidad de saturación del oxígeno disuelto, lo que puede favorecer concentraciones más estables de OD, aunque su comportamiento también depende de la biomasa presente, la actividad respiratoria y la carga orgánica del sistema. De igual manera, la menor renovación hídrica puede favorecer una acumulación gradual de compuestos nitrogenados cuando los recambios de agua no guardan relación con la biomasa y la cantidad de alimento suministrado (Marín Jarrín et al., 2022).

En cuanto a la composición química, la salinidad muestra una tendencia ascendente durante la época seca debido a la reducción del aporte de agua dulce y a una mayor influencia del sistema estuarino; sin embargo, en el sector de Churute este incremento debe interpretarse como una variación relativa dentro de condiciones predominantemente oligohalinas. De manera paralela, la menor carga de sedimentos en suspensión puede aumentar la transparencia del agua y modificar la disponibilidad de luz en la columna de agua, favoreciendo cambios en la productividad primaria y en el desarrollo de comunidades bentónicas o macroalgales. Para el manejo productivo, este

periodo requiere una vigilancia estrecha del consumo de alimento, debido a que una disminución de la actividad metabólica puede reducir la ingesta y favorecer la acumulación de alimento no consumido y materia orgánica en el fondo si las raciones no son ajustadas a las condiciones reales del cultivo (Marín Jarrín et al., 2022; Castillo-Ochoa & Velásquez-López, 2021).

Influencia de la precipitación y evaporación sobre la calidad de agua

La dinámica físico-química de los estanques de cultivo en Churute está influenciada por el balance hídrico entre la precipitación y la evaporación, procesos que actúan como reguladores naturales de la concentración de solutos. La precipitación, predominante durante la época lluviosa, ejerce un efecto de dilución que puede reducir la salinidad, la dureza y la alcalinidad del agua; sin embargo, su impacto no se limita únicamente a este proceso, debido a que el agua de lluvia presenta una baja concentración de minerales y puede reducir temporalmente la capacidad tampón del sistema, favoreciendo variaciones de pH cuando los aportes son intensos. Además, las lluvias pueden arrastrar sólidos suspendidos y materia orgánica desde los diques y áreas circundantes hacia las piscinas, incrementando la turbidez y modificando la demanda de oxígeno del sistema (Carrera Villacrés & Guevara García, 2020).

Por el contrario, la evaporación adquiere mayor importancia durante la época seca y actúa como un proceso de concentración, debido a que la pérdida de agua favorece el aumento relativo de sales, nutrientes y otros compuestos disueltos presentes en el estanque; este fenómeno puede incrementar la salinidad y la conductividad eléctrica, aunque su magnitud depende del volumen de agua, el recambio y las condiciones ambientales de cada unidad productiva. De igual manera, una menor renovación del agua puede favorecer la acumulación de metabolitos y compuestos nitrogenados si no existe un manejo adecuado de la biomasa y de la alimentación. En el contexto de este estudio, el balance entre precipitación y evaporación contribuye a explicar parte de las

variaciones estacionales observadas en la calidad del agua, especialmente en variables relacionadas con salinidad, alcalinidad y concentración de solutos (Carrera Villacrés & Guevara García, 2020; Marín Jarrín et al., 2022).

Cambios estacionales en esteros y cuerpos de agua costeros

Los esteros y cuerpos de agua costeros en zonas tropicales funcionan como sistemas de transición altamente dinámicos, cuya composición está determinada por la interacción entre el flujo de agua dulce continental y la influencia de las aguas estuarinas y marinas; durante la época lluviosa, el incremento del caudal de los ríos amplía la zona de mezcla, favorece el transporte de sedimentos finos y aumenta el ingreso de materia orgánica y detritos hacia el sistema, mientras que durante la época seca la reducción del aporte fluvial permite una mayor influencia marina, modificando gradualmente la salinidad, la transparencia y la composición química del agua en los esteros y canales costeros (Marín Jarrín et al., 2022).

Estos cambios estacionales también pueden modificar la ecología microbiana y los ciclos biogeoquímicos del nitrógeno y del fósforo, debido a que las variaciones en salinidad, disponibilidad de oxígeno, materia orgánica y nutrientes alteran las condiciones de la columna de agua y del sedimento; en Churute, esta dinámica puede generar diferencias en las características del agua captada por las camaroneras entre épocas, incluyendo cambios en la carga de nutrientes, composición iónica y condiciones redox, por lo que el manejo del agua de ingreso debe considerar las variaciones propias del estuario y no asumir condiciones constantes a lo largo del año (Twilley & Rivera-Monroy, 2009; Marín Jarrín et al., 2022).

Implicaciones productivas de la estacionalidad climática

La estacionalidad climática en el sector camaronero modifica las condiciones físicas del sistema de cultivo y puede reflejarse en variables productivas como crecimiento, supervivencia y eficiencia alimenticia. Durante la época lluviosa, el incremento de la temperatura puede acelerar el metabolismo de *P. vannamei* y favorecer mayores tasas de crecimiento; sin embargo, estas condiciones también incrementan la demanda de oxígeno y pueden intensificar la actividad biológica del estanque, por lo que resulta necesario mantener una vigilancia más estrecha del oxígeno disuelto, la alimentación y la estabilidad general del sistema para evitar condiciones de estrés o deterioro de la calidad del agua (Haro Morales, 2024; Yagual Reyes, 2026).

Por el contrario, durante la época seca el descenso de la temperatura puede reducir la actividad metabólica y prolongar el tiempo necesario para alcanzar determinados pesos de cosecha; esta situación puede modificar la eficiencia alimenticia si las raciones no se ajustan al consumo real de los organismos, debido a que el alimento no consumido contribuye a la acumulación de materia orgánica y al deterioro del fondo. En este sentido, la planificación de las siembras y del manejo productivo debe considerar las variaciones estacionales para ajustar la alimentación, el monitoreo y otras prácticas de cultivo a las condiciones ambientales predominantes durante cada periodo (Castillo-Ochoa & Velásquez-López, 2021).

Indicadores de rendimiento productivo en el cultivo de camarón (KPIs)

Concepto y utilidad de los indicadores productivos

En la camaronicultura, los indicadores de rendimiento productivo o KPIs (*Key Performance Indicators*) se definen como métricas cuantitativas que permiten evaluar la eficiencia biológica y

operativa de un ciclo de cultivo; estos indicadores transforman los datos recolectados en campo, como peso promedio, consumo de alimento, sobrevivencia, biomasa y duración del ciclo, en información útil para valorar el desempeño productivo y apoyar la toma de decisiones. Su utilidad radica en la posibilidad de comparar resultados entre piscinas, unidades de producción y periodos de cultivo, así como identificar variaciones asociadas con las condiciones ambientales y de manejo presentes durante cada ciclo (Vélez Alvia, 2025).

La implementación de KPIs también permite identificar desviaciones en el desempeño esperado del cultivo; por ejemplo, una reducción en el crecimiento o un incremento del factor de conversión alimenticia puede indicar que existen condiciones ambientales o de manejo que están limitando la eficiencia productiva, aunque estos cambios deben interpretarse conjuntamente con variables como densidad, calidad del agua, consumo de alimento y duración del ciclo. Además, indicadores como sobrevivencia, biomasa cosechada y factor de conversión alimenticia permiten valorar la eficiencia con la que los recursos empleados durante el cultivo se transforman en producción, facilitando la comparación entre ciclos desarrollados bajo diferentes condiciones estacionales (Peñalosa Martinell et al., 2024; Vélez Alvia, 2025).

En el presente estudio, el uso de estos indicadores permite comparar el desempeño productivo de las dos camaroneras durante las épocas lluviosa y seca y analizar su asociación con los parámetros fisicoquímicos de calidad del agua; sin embargo, estas relaciones deben interpretarse considerando también las diferencias existentes entre los ciclos de cultivo, especialmente en aspectos como densidad de siembra, duración y características particulares de cada unidad de producción (Peñalosa Martinell et al., 2024).

Tasa de crecimiento semanal y peso final.

El crecimiento de *P. vannamei* es un proceso discontinuo asociado con la ecdisis o muda y está condicionado por factores como la temperatura, la disponibilidad de alimento, la calidad del agua y las condiciones generales del cultivo. El peso final corresponde a la masa corporal promedio alcanzada por los organismos al momento de la cosecha y constituye un indicador relevante del desempeño productivo, debido a que permite valorar el crecimiento alcanzado durante el ciclo y se relaciona con la talla comercial del camarón; sin embargo, para interpretar adecuadamente este indicador debe considerarse también la duración del ciclo, ya que organismos con pesos finales similares pueden haber requerido tiempos de cultivo diferentes para alcanzar ese resultado (Façanha et al., 2016).

Por su parte, la tasa de crecimiento semanal (TCS) expresa el incremento de peso de los organismos durante un periodo determinado y permite realizar un seguimiento de la velocidad de crecimiento a lo largo del ciclo; este indicador puede presentar variaciones relacionadas con la temperatura, la densidad de cultivo, la disponibilidad de alimento y las condiciones fisicoquímicas del agua. En sistemas sujetos a estacionalidad, como los ubicados en Churute, las diferencias ambientales entre las épocas lluviosa y seca pueden contribuir a modificar la actividad metabólica y, con ello, el ritmo de crecimiento de *P. vannamei*, por lo que la TCS debe interpretarse conjuntamente con las características productivas y ambientales de cada ciclo (Castillo-Ochoa & Velásquez-López, 2021; Haro Morales, 2024).

Supervivencia y densidad de siembra.

La densidad de siembra se define como el número de postlarvas (PL) introducidas por unidad de área, generalmente expresada en organismos por metro cuadrado o por hectárea, y constituye una variable de manejo que influye sobre la presión biológica ejercida en el estanque, debido a su relación con la demanda de oxígeno, la disponibilidad de espacio, el consumo de alimento y la capacidad del sistema para asimilar los desechos generados durante el cultivo. En la zona de Churute, la densidad de siembra puede ajustarse de acuerdo con las condiciones de infraestructura, la disponibilidad de aireación y las características ambientales de cada ciclo; por su parte, la supervivencia se expresa como el porcentaje de organismos que alcanzan la cosecha con respecto al total sembrado y constituye un indicador fundamental para valorar el desempeño productivo del sistema (Acosta-Ortiz & Gómez-León, 2013).

La relación entre densidad de siembra y supervivencia debe interpretarse considerando que un incremento de la densidad puede aumentar la competencia por los recursos disponibles y elevar la demanda de oxígeno, alimento y capacidad de asimilación del sistema; sin embargo, la supervivencia también depende de otros factores, entre ellos la calidad del agua, la condición sanitaria, el manejo alimenticio y las características particulares de cada ciclo. En sistemas estuarinos sometidos a variaciones estacionales, los cambios en salinidad, temperatura, pH y oxígeno disuelto pueden modificar las condiciones fisiológicas a las que se encuentra expuesto *P. vannamei*, por lo que las diferencias de supervivencia entre épocas no deben atribuirse exclusivamente a la densidad o a una sola variable ambiental (Marín Jarrín et al., 2022; Haro Morales, 2024).

Incremento de peso

El incremento de peso se define como la ganancia neta de masa corporal de los organismos durante un intervalo de tiempo determinado. En *P. vannamei*, este proceso está estrechamente relacionado con el ciclo de muda o ecdisis, durante el cual el camarón absorbe agua para expandir el nuevo exoesqueleto y, posteriormente, durante el periodo de intermuda, incorpora nutrientes destinados a la síntesis de tejidos; por esta razón, la ganancia de peso debe interpretarse como el resultado de una interacción entre el estado fisiológico del organismo, la disponibilidad de alimento y las condiciones ambientales del sistema de cultivo (Valle-Masson et al., 2025).

La importancia de este indicador radica en que permite evaluar la respuesta del cultivo frente a cambios en las condiciones ambientales y de manejo; una disminución del incremento de peso puede estar asociada con variaciones en la calidad del agua, disponibilidad de oxígeno, alimentación o condiciones del fondo, aunque estas relaciones deben analizarse conjuntamente y no atribuirse a una sola variable. En el análisis comparativo entre épocas, el incremento de peso permite valorar si existen diferencias en el desempeño productivo bajo condiciones lluviosas y secas, considerando que factores como temperatura, salinidad y estabilidad del medio pueden modificar la actividad metabólica y la eficiencia con la que *P. vannamei* utiliza el alimento para crecimiento (Valle-Masson et al., 2025; Haro Morales, 2024).

Factor de Conversión Alimenticia (FCA) y eficiencia nutricional

El Factor de Conversión Alimenticia (FCA) es un indicador productivo que expresa la relación entre la cantidad de alimento suministrado y la biomasa obtenida durante un periodo determinado, permitiendo estimar la eficiencia con la que el alimento es aprovechado dentro del sistema de cultivo. En la producción de *P. vannamei*, un FCA menor refleja un mejor

aprovechamiento del alimento, mientras que valores elevados pueden estar relacionados con diversos factores, entre ellos una alimentación superior al consumo real, variaciones en la calidad del agua, diferencias en la supervivencia, condiciones ambientales desfavorables o cambios en la capacidad metabólica de los organismos; por esta razón, este indicador no debe interpretarse de manera aislada, sino conjuntamente con el crecimiento, la biomasa, la supervivencia y las condiciones del medio (Peñalosa Martinell et al., 2024; Haro Morales, 2024).

La eficiencia alimenticia puede variar también en respuesta a las condiciones estacionales, debido a que la temperatura, la salinidad y otros parámetros fisicoquímicos intervienen en la actividad metabólica y en el consumo de alimento de *P. vannamei*; durante periodos de menor temperatura, una reducción de la actividad y de la ingesta puede modificar el FCA si el suministro de alimento no se ajusta a la demanda de los organismos, mientras que en condiciones de baja salinidad una mayor inversión energética destinada a mantener el equilibrio osmótico puede disminuir la proporción de energía disponible para el crecimiento. En este estudio, el FCA constituye uno de los indicadores utilizados para comparar el desempeño productivo entre las épocas lluviosa y seca y analizar su asociación con las condiciones fisicoquímicas registradas en las dos unidades de producción (Haro Morales, 2024; Urías Sotomayor et al., 2024).

Rendimiento de biomasa y biomasa por hectárea.

El rendimiento de biomasa constituye un indicador global de productividad del sistema de cultivo y puede expresarse en libras por hectárea (lb/ha) o kilogramos por hectárea (kg/ha). A diferencia de indicadores individuales como el peso promedio o la supervivencia, la biomasa integra el efecto conjunto del número de organismos sobrevivientes y del peso alcanzado al finalizar el ciclo; por esta razón, su interpretación permite valorar de manera más completa el

desempeño productivo de una piscina. Un peso individual elevado no necesariamente se traduce en una mayor biomasa cosechada cuando la supervivencia es baja, de la misma manera que una alta supervivencia puede generar rendimientos limitados si el crecimiento de los organismos fue reducido durante el ciclo (Haro Morales, 2024; Vélez Alvia, 2025).

En términos de superficie, la biomasa por hectárea permite comparar el rendimiento entre unidades productivas de diferente tamaño, al relacionar la biomasa total obtenida con el área efectiva de cultivo; sin embargo, este indicador debe analizarse considerando también la densidad de siembra, supervivencia, duración del ciclo, peso de cosecha y condiciones particulares de manejo, debido a que dos piscinas pueden alcanzar valores similares de biomasa por hectárea bajo estructuras productivas diferentes (Vélez Alvia, 2025).

Relación entre calidad de agua y rendimiento zootécnico

La relación entre la calidad del agua y el rendimiento zootécnico en el cultivo de *P. vannamei* se encuentra estrechamente vinculada con el mantenimiento de la homeostasis y con la distribución de la energía disponible para los diferentes procesos fisiológicos; cuando las condiciones del medio se mantienen relativamente estables, una mayor proporción de la energía obtenida a partir del alimento puede destinarse al crecimiento y a la formación de biomasa, mientras que variaciones importantes de salinidad, oxígeno disuelto, temperatura o pH pueden incrementar el gasto energético asociado con la osmorregulación, el mantenimiento metabólico y la adaptación fisiológica, reduciendo potencialmente la energía disponible para el crecimiento y afectando indicadores como el peso, la biomasa y el Factor de Conversión Alimenticia (FCA) (Haro Morales, 2024).

Esta interacción adquiere especial importancia en sistemas estuarinos, donde varios parámetros pueden modificarse simultáneamente debido a la estacionalidad; una disminución del oxígeno disuelto puede limitar la actividad metabólica y el consumo de alimento, mientras que el incremento del nitrógeno amoniacal total, especialmente cuando las condiciones de pH y temperatura favorecen una mayor proporción de NH_3 , puede generar condiciones desfavorables para el organismo. Por esta razón, el rendimiento zootécnico no debe interpretarse como el resultado de una sola variable ambiental o de manejo, sino como la respuesta integrada del cultivo frente al conjunto de condiciones físico-químicas presentes durante cada ciclo productivo (Correa-Tapia & Ascón-Dionicio, 2026).

Influencia de los parámetros físico-químicos sobre el crecimiento y sobrevivencia

La influencia de los parámetros físico-químicos sobre *P. vannamei* se manifiesta a través de cambios en la respuesta fisiológica del organismo frente a las condiciones del medio; variables como temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH intervienen en procesos relacionados con el metabolismo, la osmorregulación, la alimentación y la muda, por lo que variaciones importantes pueden reflejarse en el crecimiento y en el desempeño general del cultivo. En condiciones de baja salinidad, el organismo debe incrementar el gasto energético destinado al mantenimiento del equilibrio osmótico, lo que puede reducir la energía disponible para crecimiento cuando las condiciones ambientales se alejan de aquellas compatibles con su funcionamiento fisiológico (Haro Morales, 2024; Urías Sotomayor et al., 2024).

Por otro lado, la sobrevivencia se encuentra asociada con la estabilidad de las condiciones físico-químicas y con la presencia de compuestos potencialmente tóxicos en el agua; concentraciones reducidas de oxígeno disuelto, así como incrementos de nitrito o amoníaco no

ionizado, pueden generar condiciones de estrés y comprometer el funcionamiento fisiológico de *P. vannamei*, especialmente cuando varios factores adversos se presentan de manera simultánea. Por esta razón, estos parámetros deben ser interpretados en conjunto y considerando las características propias de cada sistema de cultivo (Yagual Reyes, 2026; Correa-Tapia & Ascón-Dionicio, 2026).

En ecosistemas dinámicos como Churute, el efecto sobre el crecimiento y la sobrevivencia no depende necesariamente de un único parámetro, sino de la interacción entre varias condiciones ambientales; por ejemplo, un incremento del pH puede aumentar la proporción de amoníaco no ionizado presente en el agua, mientras que variaciones de turbidez y transparencia pueden modificar la productividad primaria y las condiciones del hábitat dentro de las piscinas. En este contexto, la respuesta productiva debe interpretarse como el resultado integrado de las condiciones físico-químicas y biológicas del sistema, evitando atribuir los cambios observados a un solo factor de manera aislada (Toro et al., 2020; Haro Morales, 2024).

Efectos del oxígeno disuelto y la temperatura sobre el FCA

El Factor de Conversión Alimenticia (FCA) en *P. vannamei* no debe interpretarse como una cifra estática, sino como un indicador que responde a la interacción entre el consumo de alimento, la actividad metabólica y las condiciones ambientales del cultivo; entre estas variables, la temperatura y el oxígeno disuelto tienen especial importancia, debido a que la temperatura influye sobre la velocidad de los procesos metabólicos y digestivos, mientras que el oxígeno disponible condiciona la capacidad del organismo para sostener dichos procesos. Cuando el oxígeno disuelto disminuye, el camarón puede reducir su actividad alimenticia y destinar una mayor proporción de energía al mantenimiento fisiológico, lo que puede traducirse en una menor

eficiencia de aprovechamiento del alimento y, consecuentemente, en un incremento del FCA (Kaneshiro Gonzalez et al., 2022).

Impacto del pH y compuestos nitrogenados en la biomasa final

La biomasa final de un ciclo de cultivo es el resultado acumulado de la supervivencia y del crecimiento individual de los organismos, dos componentes que pueden verse afectados por la interacción entre el pH y los compuestos nitrogenados presentes en el agua. El pH no solo interviene en diferentes procesos fisiológicos de *P. vannamei*, sino que también modifica el equilibrio entre las formas ionizada y no ionizada del amoníaco; a medida que el pH aumenta, una mayor proporción del nitrógeno amoniacal se encuentra como amoníaco no ionizado (NH_3), forma de mayor toxicidad y con mayor capacidad de atravesar las membranas biológicas. Una exposición prolongada a concentraciones elevadas de NH_3 puede afectar el funcionamiento branquial y generar condiciones de estrés fisiológico, repercutiendo sobre el crecimiento, la supervivencia y, finalmente, sobre la biomasa obtenida al término del ciclo (Rebolledo Monsalve & Verduga Vergara, 2023).

Por otro lado, el nitrito (NO_2) constituye un compuesto intermedio del proceso de nitrificación y, cuando se acumula en el agua, puede interferir con los procesos relacionados con el transporte de oxígeno y generar estrés fisiológico en los organismos acuáticos; este efecto adquiere especial importancia en sistemas de baja salinidad, donde la disponibilidad de cloruros puede modificar la susceptibilidad frente al nitrito. En sistemas productivos como los de Churute, la acumulación de materia orgánica, la actividad microbiana y las variaciones de pH, temperatura y oxígeno disuelto pueden modificar la dinámica de los compuestos nitrogenados, por lo que su

efecto sobre la biomasa final debe interpretarse como parte de la interacción entre las condiciones del agua, el crecimiento y la supervivencia de *P. vannamei* (Corral et al., 2000; Haro Morales, 2024).

Estudios previos que relacionan calidad de agua y desempeño productivo

La literatura científica señala que el desempeño productivo en la camaronicultura se encuentra relacionado con las condiciones ambientales bajo las cuales se desarrolla el cultivo, debido a que los parámetros de calidad del agua interactúan entre sí y pueden modificar procesos fisiológicos asociados con el crecimiento, la supervivencia y la eficiencia alimenticia de *P. vannamei*. Por esta razón, la interpretación del rendimiento productivo requiere considerar conjuntamente las condiciones fisicoquímicas del agua y las características propias de cada sistema de cultivo, evitando atribuir los resultados a un único factor ambiental (Haro Morales, 2024; Correa-Tapia & Ascón-Dionicio, 2026).

En el contexto ecuatoriano, diferentes estudios han evaluado la relación entre las condiciones de calidad del agua y el comportamiento productivo del camarón, evidenciando la importancia de considerar las variaciones ambientales y de manejo al analizar indicadores como crecimiento, sobrevivencia, biomasa y Factor de Conversión Alimenticia. En sistemas sujetos a variaciones estacionales, el seguimiento de los parámetros fisicoquímicos permite reconocer cambios en las condiciones del medio y relacionarlos con el comportamiento de los indicadores productivos, constituyendo una herramienta para sustentar las decisiones de manejo durante el ciclo de cultivo (Armijos Dután, 2022; Haro Morales, 2024).

Manejo productivo y protocolos en camaroneras

El manejo productivo en la camaronicultura se apoya en la aplicación de procedimientos técnicos destinados a estandarizar actividades como la preparación de las piscinas, la siembra, la alimentación, el monitoreo de la calidad del agua y la cosecha; sin embargo, en zonas estuarinas como Churute, estas prácticas no deben considerarse completamente rígidas, debido a que las condiciones ambientales varían entre épocas y pueden requerir ajustes en función de la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, transparencia y comportamiento general del sistema. En este sentido, el manejo debe responder a las características reales de cada ciclo y a las condiciones ambientales presentes, evitando aplicar de manera uniforme estrategias que pueden comportarse de forma diferente entre la época lluviosa y la seca (Reina Zambrano, 2021; Castillo-Ochoa & Velásquez-López, 2021).

Concepto de manejo productivo en camaronicultura

El manejo productivo en la camaronicultura se define como el conjunto coordinado de estrategias, procedimientos y decisiones técnicas aplicadas durante el ciclo de cultivo para controlar las variables que intervienen en el crecimiento, la supervivencia y la eficiencia productiva del camarón. Este concepto no se limita a la ejecución de tareas rutinarias, sino que integra el seguimiento de la biomasa, la calidad del agua, las condiciones del fondo, la alimentación y la respuesta de los organismos; en sistemas semi-intensivos o intensivos, el manejo productivo busca mantener un equilibrio entre la carga biológica presente y la capacidad del sistema para sostenerla, favoreciendo un uso eficiente del alimento y reduciendo el efecto de condiciones ambientales desfavorables (Vélez Alvia, 2025; Peñalosa Martinell et al., 2024).

Desde una perspectiva técnica, el manejo productivo también se relaciona con la capacidad de carga del sistema, debido a que decisiones como la densidad de siembra, el suministro de alimento, la aireación y el recambio de agua deben guardar relación con la capacidad del estanque para mantener niveles adecuados de oxígeno, procesar la materia orgánica generada y conservar condiciones compatibles con el desarrollo de *P. vannamei*. Por esta razón, la respuesta productiva debe evaluarse considerando de manera conjunta las condiciones ambientales, la biomasa presente y las prácticas de manejo aplicadas durante cada ciclo (Villarreal García & Ascencio Valle, 2022; Haro Morales, 2024).

Manejo del agua según la época climática

El manejo del agua en las camaroneras se fundamenta en la adaptación de las prácticas operativas a las condiciones del sistema de cultivo, debido a que el volumen y la frecuencia de los recambios pueden modificarse en función de las características del agua de abastecimiento, la biomasa presente y las condiciones ambientales de cada época. En sistemas que utilizan agua proveniente de esteros, como ocurre en Churute, la composición físico-química de la fuente puede variar estacionalmente; por esta razón, las decisiones relacionadas con bombeo y renovación del agua deben apoyarse en el monitoreo de parámetros como temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH y alcalinidad, procurando evitar cambios bruscos que puedan generar estrés osmótico o térmico en *P. vannamei* (Marín Jarrín et al., 2022; Quintanilla Corena & Castro Miranda, 2021).

Durante la época seca, la reducción de las precipitaciones y el predominio relativo de la evaporación pueden favorecer una mayor concentración de solutos y un incremento de la salinidad con respecto a la época lluviosa; sin embargo, en el sector de Churute estos cambios deben

interpretarse dentro de las condiciones oligohalinas registradas en el sistema y no como una transición necesariamente hipersalina. El descenso de la temperatura también puede modificar la actividad metabólica y el consumo de alimento, por lo que el manejo del agua debe considerar conjuntamente las condiciones ambientales, la biomasa y la respuesta productiva observada en cada ciclo (Marín Jarrín et al., 2022; Castillo-Ochoa & Velásquez-López, 2021).

En este periodo, el bombeo puede utilizarse para compensar las pérdidas de agua asociadas con la evaporación y mantener condiciones compatibles con el cultivo, aunque su frecuencia debe definirse de acuerdo con la calidad del agua disponible y las necesidades particulares de cada piscina. De igual manera, el seguimiento de la profundidad y la transparencia del agua permite reconocer variaciones en las condiciones del sistema y apoyar las decisiones de manejo durante la época seca (Quintanilla Corena & Castro Miranda, 2021; Marín Jarrín et al., 2022).

Ajustes de alimentación y densidad en función de la calidad de agua

El manejo de la alimentación y la densidad de siembra constituye una parte importante del control productivo, debido a que ambas variables influyen sobre la demanda de oxígeno, la generación de materia orgánica y la capacidad del estanque para mantener condiciones adecuadas durante el cultivo. En este sentido, la cantidad de alimento suministrado y la densidad manejada deben guardar relación con la biomasa presente, la disponibilidad de aireación y las condiciones físico-químicas del agua, evitando asumir que el sistema puede sostener una misma carga biológica bajo escenarios ambientales diferentes (Peñalosa Martinell et al., 2024; Villarreal García & Ascencio Valle, 2022).

La densidad de siembra debe establecerse considerando las características del sistema, el historial productivo de las piscinas, la capacidad de aireación y las condiciones ambientales predominantes; durante la época lluviosa, las variaciones de salinidad, temperatura y oxígeno disuelto pueden incrementar la inestabilidad del medio, mientras que en la época seca una menor renovación del agua puede favorecer la concentración de metabolitos y materia orgánica. Por esta razón, la densidad no debería definirse únicamente en función de la estación climática, sino de la capacidad real de cada unidad productiva para mantener condiciones compatibles con el desarrollo de *P. vannamei* (Haro Morales, 2024; Castillo-Ochoa & Velásquez-López, 2021).

El ajuste de la ración diaria también debe realizarse de forma dinámica, considerando la temperatura, el oxígeno disuelto, el consumo observado y la respuesta de los organismos; una disminución del oxígeno o de la actividad metabólica puede reducir el consumo de alimento y favorecer la acumulación de residuos si la ración se mantiene sin modificaciones. En este contexto, el seguimiento del comportamiento alimenticio permite realizar ajustes oportunos y reducir el aporte innecesario de materia orgánica al fondo del estanque, especialmente durante periodos en los que las condiciones ambientales limitan el consumo (Haro Morales, 2024; Kaneshiro Gonzalez et al., 2022).

El uso de bandejas o platos de alimentación constituye una herramienta práctica para verificar el consumo y apoyar el ajuste de las raciones, debido a que permite observar la presencia de alimento residual y relacionarla con el comportamiento de los organismos y las condiciones del agua; esta práctica contribuye a evitar la acumulación de alimento no consumido, que puede incrementar la carga orgánica y deteriorar progresivamente la calidad del fondo y del agua (Quintanilla Corena & Castro Miranda, 2021).

Importancia de los protocolos adaptativos de manejo

La importancia de los protocolos adaptativos de manejo en la camaronicultura radica en la posibilidad de ajustar las decisiones técnicas de acuerdo con las condiciones reales del sistema de cultivo, en lugar de aplicar procedimientos rígidos durante todo el ciclo; este enfoque permite modificar aspectos como la alimentación, el recambio de agua y la aplicación de insumos a partir del seguimiento de variables físico-químicas y productivas, favoreciendo una respuesta más adecuada frente a cambios ambientales y a las variaciones propias de cada etapa del cultivo (Castillo-Ochoa & Velásquez-López, 2021; Quintanilla Corena & Castro Miranda, 2021).

Desde el punto de vista operativo, el manejo adaptativo puede contribuir a reducir el uso innecesario de insumos y a prevenir la acumulación de materia orgánica cuando las condiciones del sistema limitan el consumo de alimento o la capacidad de asimilación del estanque; de igual manera, el ajuste de las prácticas de manejo frente a cambios en oxígeno disuelto, temperatura, salinidad o pH permite disminuir el riesgo de deterioro progresivo de la calidad del agua y del fondo, manteniendo una mayor correspondencia entre las necesidades de los organismos y la capacidad del sistema para sostener la biomasa presente (Haro Morales, 2024; Vélez Alvia, 2025).

La variabilidad estacional también justifica la necesidad de adaptar el manejo, debido a que las condiciones registradas durante la época lluviosa y la época seca no son necesariamente equivalentes; mientras que en el periodo lluvioso pueden presentarse mayores fluctuaciones de salinidad, alcalinidad y aporte de materia orgánica, durante la época seca pueden adquirir mayor importancia la temperatura, la evaporación y la concentración relativa de solutos. Por esta razón, los lineamientos de manejo deben considerar las características particulares de cada periodo y

evitar la aplicación uniforme de estrategias que no respondan a la condición ambiental existente (Marín Jarrín et al., 2022; Haro Morales, 2024).

Un manejo ajustado a las condiciones ambientales puede favorecer la estabilidad fisiológica de *P. vannamei*, al reducir la exposición prolongada a variaciones de pH, oxígeno disuelto, salinidad y compuestos nitrogenados; aunque el estrés ambiental puede aumentar la susceptibilidad de los organismos frente a condiciones sanitarias desfavorables, no resulta adecuado afirmar que el manejo adaptativo por sí solo garantiza una mejor respuesta inmunológica o previene infecciones por *Vibrio* spp., por lo que estas relaciones deben plantearse con prudencia y dentro de un enfoque preventivo de manejo integral (Haro Morales, 2024; Quintanilla Corena & Castro Miranda, 2021).

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño de la Investigación

El presente estudio se desarrolló bajo un diseño no experimental, observacional y retrospectivo, de tipo comparativo y correlacional, debido a que no se realizó manipulación deliberada de las variables ni intervención sobre las condiciones de cultivo. Para el análisis se utilizaron registros productivos y de calidad de agua correspondientes al año 2025, obtenidos de dos camaroneras ubicadas en el sector de Churute. Los registros fueron organizados de acuerdo con la época climática, considerando como época lluviosa el periodo comprendido entre enero y junio y como época seca el periodo de julio a diciembre. Previo al procesamiento estadístico, la información fue sometida a un proceso de revisión, depuración y estandarización, con el propósito de identificar datos incompletos, inconsistencias de registro y diferencias entre las unidades productivas que pudieran afectar la comparabilidad de los resultados.

Enfoque de la investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, sustentado en el procesamiento de registros numéricos correspondientes a parámetros fisicoquímicos de calidad del agua e indicadores productivos del cultivo. Este enfoque permitió caracterizar y comparar las condiciones registradas en las dos camaroneras durante las épocas lluviosa y seca, así como examinar estadísticamente las asociaciones entre las variables ambientales y productivas. La utilización de información cuantificable y procedimientos estadísticos estandarizados permitió analizar de manera objetiva la variabilidad existente entre los registros productivos, identificar diferencias

entre los grupos de estudio y evaluar las relaciones entre los parámetros de calidad del agua y el desempeño productivo de *P. vannamei*.

Nivel de la investigación

La investigación presentó un nivel descriptivo, comparativo y correlacional. El componente descriptivo permitió caracterizar los parámetros fisicoquímicos de calidad del agua y los indicadores productivos registrados en las dos camaroneras durante las épocas lluviosa y seca; el componente comparativo permitió identificar diferencias entre las condiciones de cultivo y el desempeño productivo de acuerdo con la camaronera y la época climática; mientras que el componente correlacional se orientó a determinar el grado de asociación existente entre las variables de calidad del agua y los indicadores productivos. Debido al carácter observacional y retrospectivo del estudio, las asociaciones identificadas fueron interpretadas como relaciones estadísticas entre las variables analizadas, sin atribuir efectos causales directos.

Localización y Descripción del Área de Estudio

Ubicación Geográfica

La fase de campo de esta investigación se llevó a cabo en la parroquia Churute, perteneciente al cantón Naranjal, provincia del Guayas, Ecuador. Esta parroquia se localiza aproximadamente entre las coordenadas 2°28' de latitud sur y 79°42' de longitud oeste, dentro de la zona de influencia de la Reserva Ecológica Manglares Churute. El área de estudio se caracteriza por la presencia de ecosistemas estuarinos, canales de marea y extensas áreas de manglar que influyen directamente en las condiciones ambientales y productivas de las camaroneras analizadas.

La ubicación geográfica fue identificada mediante información cartográfica oficial del Instituto Geográfico Militar (IGM) y del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Naranjal.

Tabla 1.

Ubicación geográfica del estudio

Aspecto	Descripción
Provincia	Guayas
Cantón	Naranjal
Parroquia	Churute
Sector	Km 11 Vía Naranjal
Ecosistema predominante	Estuario y manglar
Coordenadas aproximadas	2°28' S, 79°42' O

Nota. La tabla presenta las principales características geográficas del área de estudio donde se localizan las unidades de producción acuícola evaluadas. Elaboración propia a partir de información cartográfica obtenida mediante Google Earth Pro (2025).

Como se observa en la Figura 1, el área de investigación se localiza en el eje vial Km 11 de la carretera Troncal de la Costa (Vía a Naranjal). Esta ubicación es fundamental para el análisis de calidad de agua, dado que las camaroneras se encuentran situadas en la zona de amortiguamiento de la Reserva Ecológica Manglares Churute.

La proximidad a este sistema protegido garantiza que el agua de captación posea las características estuarinas necesarias para el cultivo de *Penaeus vannamei*, pero también expone a las unidades de producción a las variaciones climáticas estacionales de la cuenca del Guayas. El mapa resalta la conectividad hídrica del sector, donde la interacción de aguas dulces y mareas

define los niveles de salinidad, pH y nutrientes (nitratos y fosfatos) registrados en los folios de campo analizados en este estudio.

Figura 1.

Ubicación de las camaroneras



Nota. El área de estudio se ubica en la parroquia Churute, cantón Naranjal, provincia del Guayas. En el mapa se señalan las dos unidades de producción acuícola evaluadas durante la investigación, denominadas Camaronera A y Camaronera B por razones de confidencialidad. Imagen elaborada a partir de Google Earth Pro (2025).

Características de las Unidades de Producción

El estudio consideró dos unidades productivas de camarón ubicadas en el sector de Churute, identificadas como Camaronera A y Camaronera B. Ambas operan bajo un sistema de cultivo semi-intensivo y presentan piscinas con superficies, densidades de siembra y duraciones de ciclo variables, características propias de las condiciones comerciales de producción bajo las cuales se generaron los registros analizados. Esta variabilidad fue considerada dentro del proceso de

depuración y posterior análisis de la información, con el propósito de mejorar la comparabilidad entre las unidades productivas y las épocas climáticas evaluadas.

Los registros productivos correspondientes al año 2025 fueron organizados según la camaronera y la época climática en cuatro grupos de análisis: Camaronera A en época lluviosa (A-LL), Camaronera A en época seca (A-SC), Camaronera B en época lluviosa (B-LL) y Camaronera B en época seca (B-SC). En cada ciclo se registraron variables relacionadas con la duración del cultivo, superficie de la piscina, cantidad de organismos sembrados, densidad de siembra, peso de siembra, peso final, supervivencia, biomasa cosechada, y factor de conversión alimenticia.

Debido a que los ciclos productivos se desarrollaron bajo condiciones comerciales y no experimentales, se observó variabilidad en la duración de los ciclos, la densidad de siembra, la superficie de las piscinas y el peso inicial de los organismos. Por esta razón, previo al análisis comparativo se realizó un proceso de revisión, estandarización y depuración de la base de datos, orientado a identificar registros inconsistentes y a reducir la heterogeneidad entre las unidades evaluadas. Como parte de este procedimiento, el peso de siembra fue considerado como criterio de homogeneización de los ciclos, mediante el cálculo de la media y la desviación estándar, con el propósito de definir el intervalo de registros comparables que serían incluidos en el procesamiento estadístico definitivo.

Los indicadores productivos considerados para el análisis fueron el peso final, la supervivencia, la biomasa cosechada y el factor de conversión alimenticia. Estos datos fueron obtenidos de los registros técnicos de las camaroneras y posteriormente relacionados con los parámetros fisicoquímicos de calidad del agua, con el propósito de comparar el comportamiento productivo entre las épocas lluviosa y seca y entre ambas unidades de producción.

Población y Muestra

Población

La población de estudio estuvo constituida por los ciclos productivos desarrollados en piscinas de engorde de camarón blanco *Penaeus vannamei* pertenecientes a las dos camaroneras evaluadas en el sector de Churute durante el año 2025. Las unidades de producción operaron bajo un sistema de cultivo semi-intensivo y estuvieron expuestas a las variaciones ambientales propias de las épocas lluviosa y seca de la zona.

El universo considerado comprendió los registros productivos y de calidad de agua generados durante los ciclos de engorde realizados entre enero y diciembre de 2025 en las camaroneras A y B. Para efectos del análisis, los registros fueron clasificados según la unidad productiva y la época climática en cuatro grupos: Camaronera A en época lluviosa (A-LL), Camaronera A en época seca (A-SC), Camaronera B en época lluviosa (B-LL) y Camaronera B en época seca (B-SC).

Muestra

Se empleó un muestreo no probabilístico por disponibilidad de registros, debido a que la investigación utilizó información histórica generada durante la operación comercial de las dos camaroneras. La muestra estuvo conformada por los ciclos productivos que dispusieron de información suficiente para la evaluación de los indicadores productivos y su relación con los parámetros fisicoquímicos de calidad del agua.

Previo al análisis estadístico, los registros fueron sometidos a un proceso de revisión, estandarización y depuración. Se verificó la coherencia de las fechas de siembra y cosecha, duración del ciclo, superficie de las piscinas, cantidad y densidad de organismos sembrados, peso

de siembra, peso final, supervivencia, biomasa cosechada y factor de conversión alimenticia. Los valores cuya consistencia pudo verificarse mediante las variables disponibles fueron corregidos o reconstruidos conservando la trazabilidad del registro original, mientras que aquellos que no pudieron ser comprobados fueron identificados como inconsistentes y no se incorporaron al procesamiento estadístico correspondiente.

Con el propósito de reducir la heterogeneidad inicial entre los ciclos productivos, el peso de siembra fue utilizado como criterio de homogeneización de la muestra. Para ello, se calculó la media y la desviación estándar de esta variable en los grupos de estudio y se estableció un intervalo de referencia basado en la media $\pm$ una desviación estándar. Los ciclos cuyos valores se encontraron dentro del intervalo definido fueron considerados para el análisis comparativo, mientras que aquellos ubicados fuera del rango permanecieron registrados en la base original, pero no fueron incluidos en el procesamiento estadístico de la muestra depurada.

Los criterios de inclusión contemplaron ciclos de engorde correspondientes al año 2025, pertenecientes a las camaroneras A o B, con información verificable de las variables productivas requeridas y con peso de siembra comprendido dentro del intervalo establecido durante el proceso de homogeneización. Como criterios de exclusión se consideraron los registros con inconsistencias que no pudieron ser verificadas mediante la información disponible y aquellos cuyo peso de siembra se encontró fuera del rango definido para la muestra comparable.

Una vez concluido el proceso de depuración y homogeneización, la muestra definitiva quedó conformada por 155 ciclos productivos, distribuidos de la siguiente manera: 85 registros correspondientes a la Camaronera A en época lluviosa (A-LL), 23 en la Camaronera A en época seca (A-SC), 34 en la Camaronera B en época lluviosa (B-LL) y 13 en la Camaronera B en época seca (B-SC). La comparabilidad del peso de siembra entre los cuatro grupos fue posteriormente

verificada mediante la prueba de Kruskal-Wallis, sin evidenciarse diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

Variables de Estudio

Variables Independientes

Las variables independientes estuvieron constituidas por los parámetros fisicoquímicos de calidad del agua registrados durante los ciclos productivos, así como por la época climática y la camaronera de procedencia de los registros.

Parámetros de calidad de agua:

- Temperatura (°C)
- Oxígeno disuelto (mg/L)
- Salinidad
- pH
- Fosfatos, PO₄ (mg/L)
- Nitrógeno amoniacal total, TAN (mg/L)
- Amoníaco no ionizado, NH₃ (mg/L)
- Nitritos, NO₂ (mg/L)
- Alcalinidad total, expresada como CaCO₃ (mg/L)

Época climática:

- Lluviosa: enero a junio
- Seca: julio a diciembre

Unidad productiva:

- Camaronera A
- Camaronera B

Variables dependientes

Las variables dependientes correspondieron a los indicadores productivos del camarón blanco *Penaeus vannamei* obtenidos de los registros técnicos de los ciclos de cultivo:

- Peso final promedio (g)
- Supervivencia (%)
- Biomasa cosechada (lb)
- Factor de conversión alimenticia (FCA)

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

La información utilizada en la investigación fue obtenida mediante revisión documental de los registros técnicos y operativos generados durante los ciclos de cultivo desarrollados en las camaroneras A y B durante el año 2025. Los datos productivos fueron recopilados a partir de bitácoras, reportes de producción y registros internos de cada unidad, en los que constaban variables como peso de siembra, peso final, supervivencia, biomasa cosechada y factor de conversión alimenticia.

La información recopilada fue posteriormente organizada y consolidada en una base de datos en Microsoft Excel, en la que los registros fueron clasificados según camaronera y época climática. Esta base constituyó el instrumento principal para el proceso de revisión, estandarización, depuración y posterior análisis estadístico de la información.

Parámetros de calidad de agua

Los parámetros fisicoquímicos del agua fueron obtenidos de los reportes de monitoreo rutinario elaborados por las camaroneras durante el año 2025. Las variables consideradas fueron temperatura (°C), oxígeno disuelto (mg/L), salinidad (ppt), pH, fosfatos PO₄ (mg/L), nitritos NO₂

(mg/L), nitrógeno amoniacal total, TAN (mg/L), amoníaco no ionizado, NH_3 (mg/L), y alcalinidad total expresada como CaCO_3 (mg/L).

De acuerdo con los procedimientos operativos registrados por las unidades productivas, la temperatura y el oxígeno disuelto fueron monitoreados en dos momentos del día, correspondientes a la mañana y la tarde. La salinidad fue registrada mediante refractometría, mientras que los nutrientes PO_4 , NO_2 , TAN y NH_3 fueron determinados mediante métodos colorimétricos o fotométricos de campo. La alcalinidad total fue determinada mediante titulación volumétrica y expresada como mg/L de CaCO_3 .

Los registros de calidad de agua fueron integrados con la información productiva en una base general, lo que permitió organizar los datos según camaronera y época climática y posteriormente evaluar su variación y asociación con los indicadores productivos seleccionados.

Indicadores productivos

La información productiva fue obtenida de las bitácoras técnicas y de los reportes correspondientes a cada piscina de engorde. Los registros incluyeron variables de caracterización del ciclo, como duración del cultivo, superficie de la piscina, cantidad de organismos sembrados, densidad de siembra y peso de siembra, así como indicadores de desempeño productivo correspondientes al peso final promedio, supervivencia, biomasa cosechada y factor de conversión alimenticia (FCA).

Los datos fueron registrados durante el desarrollo de los ciclos productivos y consolidados al cierre de cada periodo de cultivo, posteriormente fueron organizados en matrices digitales según camaronera y época climática para su revisión, depuración y procesamiento estadístico. El peso de siembra fue considerado como criterio para la homogeneización de los ciclos incluidos en la

muestra, mientras que la duración del cultivo, la superficie de las piscinas y la densidad de siembra fueron utilizadas para caracterizar las condiciones productivas de las unidades evaluadas.

Para el análisis del desempeño del cultivo se consideraron como variables dependientes el peso final promedio, la supervivencia, la biomasa cosechada y el factor de conversión alimenticia. Estos indicadores fueron posteriormente comparados entre camaroneras y épocas climáticas y relacionados con los parámetros fisicoquímicos de calidad del agua, sin atribuir relaciones de causalidad directa.

Procedimiento operativo y procesamiento de la información

Los registros de calidad de agua y producción correspondientes al año 2025 fueron organizados según camaronera, piscina, fecha y época climática, diferenciando los periodos lluvioso y seco. La información fue consolidada en matrices digitales elaboradas en Microsoft Excel, lo que permitió integrar los indicadores productivos con los parámetros fisicoquímicos asociados a cada ciclo de cultivo, así como mantener la trazabilidad de la información desde los reportes técnicos originales hasta la base utilizada para el procesamiento estadístico.

Posteriormente, se realizó un proceso de revisión, estandarización y depuración de los registros, que incluyó la unificación de los formatos de fecha y unidades de medida, la verificación de la coherencia entre variables relacionadas y la identificación de datos faltantes o inconsistentes. Los valores que pudieron ser comprobados a partir de la información disponible fueron corregidos o reconstruidos únicamente cuando existieron elementos suficientes para verificar su correspondencia con el registro original; aquellos cuya consistencia no pudo ser corroborada fueron identificados y excluidos del análisis de la variable correspondiente, sin modificar la información contenida en la base original.

Una vez organizada la información, los registros fueron clasificados en cuatro grupos de estudio de acuerdo con la camaronera y la época climática: Camaronera A en época lluviosa (A-LL), Camaronera A en época seca (A-SC), Camaronera B en época lluviosa (B-LL) y Camaronera B en época seca (B-SC). Esta clasificación se mantuvo durante las comparaciones de los parámetros fisicoquímicos, los indicadores productivos y los análisis de asociación entre ambos grupos de variables.

Para disminuir la heterogeneidad inicial de los ciclos productivos y mejorar su comparabilidad, se aplicó un procedimiento de homogeneización utilizando el peso de siembra como criterio de selección. Para esta variable se calcularon la media y la desviación estándar y se estableció un intervalo de referencia correspondiente a la media $\pm$ una desviación estándar. Los ciclos cuyos pesos de siembra se encontraron dentro del intervalo establecido conformaron la muestra productiva depurada utilizada en los análisis posteriores. Los registros situados fuera de dicho intervalo se conservaron en la base original, pero no fueron incluidos en la muestra estadística depurada.

Como resultado del proceso de selección, la base productiva utilizada para el análisis quedó constituida por 155 ciclos de cultivo, distribuidos en 85 registros correspondientes a A-LL, 23 a A-SC, 34 a B-LL y 13 a B-SC. Una vez definida esta muestra, la comparabilidad del peso de siembra entre los cuatro grupos fue evaluada mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis antes de proceder con el análisis de los indicadores productivos.

Los ciclos seleccionados fueron vinculados con los registros de calidad de agua disponibles para cada unidad productiva, generándose una base consolidada para el análisis estadístico. A partir de esta información se realizaron las comparaciones de los parámetros fisicoquímicos y de los

indicadores productivos entre camaroneras y épocas climáticas, así como los análisis de asociación entre las variables de calidad de agua y el desempeño productivo.

Plan de Procesamiento y Análisis de Datos

El procesamiento estadístico de la información se realizó mediante el programa Statistica versión 7.0. Los datos productivos y los parámetros fisicoquímicos de calidad de agua fueron organizados en cuatro grupos de análisis definidos por la combinación entre camaronera y época climática: Camaronera A en época lluviosa (A-LL), Camaronera A en época seca (A-SC), Camaronera B en época lluviosa (B-LL) y Camaronera B en época seca (B-SC).

Como primera etapa del análisis, se evaluó la distribución de cada variable mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, aplicada de manera independiente en cada uno de los cuatro grupos. Se estableció un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$; los valores de p inferiores a 0,05 fueron considerados evidencia estadística de desviación respecto de una distribución normal.

Debido a que las variables analizadas no presentaron un cumplimiento uniforme del supuesto de normalidad entre los cuatro grupos, se empleó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para evaluar diferencias entre A-LL, A-SC, B-LL y B-SC. La prueba se aplicó de manera independiente para cada variable y se consideraron diferencias estadísticamente significativas cuando $p < 0,05$.

Cuando la prueba de Kruskal-Wallis evidenció diferencias globales significativas, se realizaron comparaciones múltiples de rangos medios entre todos los pares de grupos, con ajuste de Bonferroni. Estas comparaciones permitieron determinar específicamente entre qué grupos se presentaban las diferencias observadas en la prueba global.

Para determinar el grado de asociación entre los parámetros fisicoquímicos de calidad de agua y los indicadores productivos se empleó el coeficiente de correlación por rangos de Spearman (ρ). Las correlaciones fueron calculadas de manera independiente para los grupos A-LL, A-SC, B-LL y B-SC; se consideró un nivel de significancia de $p < 0,05$.

RESULTADOS

Todos los parámetros fisicoquímicos evaluados presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los cuatro grupos de estudio ($p < 0,001$). Las mayores diferencias se observaron en temperatura ($H = 433,55$), en CaCO_3 ($H = 409,76$) y salinidad ($H = 209,70$) (Tabla 2).

La temperatura fue mayor en época lluviosa en ambas camaroneras sin diferencias entre ambos ($p > 0,05$), mientras que en la época seca los valores son menores y mantienen diferencias entre camaroneras y también respecto a la época lluviosa ($p < 0,05$). El oxígeno disuelto, en B-SC presentó la mayor mediana (6,62 mg/L) y no evidencia diferencias con A-SC ($p > 0,05$), no obstante en la época lluviosa en A-LL y B-LL se evidencian valores menores (5,40 y 5,85 mg/L) mostrando diferencias significativas entre época y camaronera (Tabla 2).

La salinidad aumentó durante la época seca en ambas camaroneras. En A pasó de 0,30 ppt en A-LL a 0,70 ppt en A-SC, con diferencias significativas entre épocas ($p < 0,05$), mientras que en B aumentó de 0,30 ppt en B-LL a 0,40 ppt en B-SC, también con diferencias significativas ($p < 0,05$). Durante la época lluviosa no se observaron diferencias entre A-LL y B-LL ($p > 0,05$), mientras que en la época seca A-SC presentó una salinidad superior a B-SC ($p < 0,05$; Tabla 2). En el pH, A-LL y A-SC no presentaron diferencias entre épocas ($p > 0,05$), mientras que B-LL y B-SC sí mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$). Entre camaroneras, A-LL y B-LL fueron diferentes durante la época lluviosa ($p < 0,05$), mientras que A-LL y B-SC no mostraron diferencias ($p > 0,05$; Tabla 2).

El PO₄ presentó un comportamiento diferente entre camaroneras y épocas. A-LL registró valores superiores a A-SC ($p < 0,05$), mientras que en la camaronera B los valores fueron mayores en B-SC que en B-LL ($p < 0,05$). A-LL y B-SC no presentaron diferencias entre sí ($p > 0,05$), al igual que A-SC y B-LL ($p > 0,05$; Tabla 2). La alcalinidad (CaCO₃), presentó diferencias significativas entre todas las combinaciones de camaronera y época evaluadas ($p < 0,05$); B-SC registró la mayor mediana (220 mg/L) y B-LL la menor (92 mg/L).

Los compuestos nitrogenados mostraron las mayores concentraciones en A-LL. Para NO₂, A-LL difirió de A-SC, B-LL y B-SC ($p < 0,05$), mientras que A-SC y B-LL no presentaron diferencias entre sí ($p > 0,05$). B-SC mostró diferencias tanto con A-SC como con B-LL ($p < 0,05$). Un patrón similar se observó para TAN, donde A-LL difirió de los demás grupos ($p < 0,05$), A-SC y B-LL fueron estadísticamente similares ($p > 0,05$), y B-SC presentó diferencias respecto a ambos ($p < 0,05$). Para NH₃, A-LL presentó la mayor mediana y difirió de los otros tres grupos ($p < 0,05$); A-SC y B-SC no presentaron diferencias entre sí ($p > 0,05$), mientras que B-LL registró los valores más bajos y difirió de ambos grupos ($p < 0,05$).

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos de calidad de agua según camaronera y época climática

Parámetro	A-LL	A-SC	B-LL	B-SC	H	p
Temperatura (°C)	29,5 [28,2–30,0] ^a	26,9 [26,5–27,3] ^b	28,8 [28,4–30,7] ^a	26,0 [25,0–26,8] ^c	433,55	<0,001
Oxígeno disuelto (mg/L)	5,40 [4,80–6,10] ^c	6,25 [5,85–6,80] ^a	5,85 [5,45–6,40] ^b	6,62 [5,95–7,10] ^a	97,20	<0,001
Salinidad (ppt)	0,30 [0,30–0,50] ^a	0,70 [0,60–0,80] ^b	0,30 [0,20–0,40] ^a	0,40 [0,30–0,80] ^c	209,70	<0,001
pH	8,20 [8,00–8,40] ^{ab}	8,10 [7,90–8,30] ^a	8,00 [7,80–8,20] ^c	8,27 [8,10–8,40] ^b	75,32	<0,001
PO ₄ (mg/L)	0,45 [0,25–0,70] ^a	0,14 [0,08–0,25] ^b	0,13 [0,07–0,25] ^b	0,36 [0,23–0,61] ^a	194,82	<0,001
CaCO ₃ (mg/L)	182 [165–196] ^b	159 [135–172] ^c	92 [70–118] ^d	220 [186–236] ^a	409,76	<0,001
NO ₂ (mg/L)	0,18 [0,08–0,36] ^a	0,04 [0,01–0,10] ^c	0,03 [0,01–0,12] ^c	0,06 [0,02–0,18] ^b	86,45	<0,001
TAN (mg/L)	0,69 [0,46–1,06] ^a	0,15 [0,05–0,33] ^c	0,23 [0,08–0,45] ^c	0,33 [0,12–0,71] ^b	145,44	<0,001
NH ₃ (mg/L)	0,46 [0,08–1,13] ^a	0,05 [0,04–0,16] ^b	0,01 [0,00–0,04] ^c	0,04 [0,01–0,30] ^b	158,58	<0,001

Nota. Los valores se presentan como mediana [rango intercuartílico, P25–P75]. Letras superíndice diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre grupos según las

comparaciones múltiples de rangos medios con ajuste de Bonferroni posteriores a Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). Los grupos que comparten al menos una letra no presentan diferencias significativas.

Los indicadores productivos presentaron diferencias globales significativas entre los cuatro grupos de estudio. Las mayores diferencias se observaron en biomasa cosechada ($H = 40,70$; $p < 0,001$) y FCA ($H = 39,62$; $p < 0,001$), seguidas del peso final ($H = 17,41$; $p = 0,0006$) y la supervivencia ($H = 9,30$; $p = 0,0256$) (Tabla 3).

El peso final fue mayor en A-LL que en A-SC, con medianas de 29,0 y 13,0 g, respectivamente, mostrando diferencias entre épocas en la camaronera A ($p < 0,05$). En la camaronera B, B-LL y B-SC no presentaron diferencias significativas entre épocas ($p > 0,05$). Durante la época lluviosa, A-LL y B-LL mostraron pesos finales similares ($p > 0,05$), mientras que en época seca A-SC y B-SC tampoco difirieron entre sí ($p > 0,05$; Tabla 3).

La supervivencia osciló entre 42,0 y 47,0 % y presentó diferencias globales entre los cuatro grupos ($p = 0,0256$); sin embargo, las comparaciones múltiples no evidenciaron diferencias significativas entre ninguna combinación de camaronera y época ($p > 0,05$; Tabla 3). En la biomasa cosechada, A-LL presentó la mayor mediana, con 52.500 lb, y difirió significativamente de A-SC, B-LL y B-SC ($p < 0,05$). En contraste, A-SC, B-LL y B-SC no presentaron diferencias entre sí ($p > 0,05$; Tabla 3). El FCA presentó su menor mediana en A-LL (1,25), diferenciándose de A-SC, B-LL y B-SC ($p < 0,05$). Por el contrario, A-SC, B-LL y B-SC no mostraron diferencias significativas entre sí ($p > 0,05$; Tabla 3).

Tabla 3. Indicadores productivos de *Penaeus vannamei* según camaronera y época climática

Indicador productivo	A-LL	A-SC	B-LL	B-SC	H	p
Peso final (g)	29,0 [25,0–32,5] ^a	13,0 [12,0–28,0] ^b	29,5 [14,0–35,5] ^a	23,0 [15,0–30,0] ^{ab}	17,41	0,0006
Supervivencia (%)	47,0 [39,0–60,0] ^a	42,0 [29,0–52,0] ^a	44,0 [36,0–55,0] ^a	42,0 [35,0–45,0] ^a	9,30	0,0256
Biomasa cosechada (lb)	52.500 [40.000–95.000] ^a	33.500 [24.000–48.000] ^b	37.000 [20.000–50.000] ^b	21.000 [12.000–38.000] ^b	40,70	<0,001
FCA	1,25 [1,14–1,63] ^a	1,68 [1,30–2,35] ^b	1,69 [1,46–2,42] ^b	1,95 [1,65–2,31] ^b	39,62	<0,001

Nota. Los valores se presentan como mediana [rango intercuartílico, P25–P75]. Letras superíndice diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre grupos según las comparaciones múltiples de rangos medios con ajuste de Bonferroni posteriores a Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). Los grupos que comparten al menos una letra no presentan diferencias significativas.

No se identificaron asociaciones estadísticamente significativas en ninguno de los cuatro grupos analizados ($p > 0,05$). Asimismo, en A-LL, A-SC y B-LL no se observaron asociaciones que cumplieran simultáneamente con el criterio de $|\rho| \geq 0,50$. Las asociaciones de mayor magnitud se concentraron exclusivamente en la camaronera B durante la época seca (B-SC). El peso final mostró una asociación positiva fuerte con el oxígeno disuelto ($\rho = 0,696$; $p = 0,2045$), mientras que la supervivencia presentó una asociación negativa fuerte con la temperatura ($\rho = -0,675$; $p = 0,2045$). Asimismo, la biomasa cosechada presentó una asociación positiva moderada con el oxígeno disuelto ($\rho = 0,582$; $p = 0,4409$) (Tabla 4).

Tabla 4. Correlaciones de Spearman con $|\rho| \geq 0,50$ entre parámetros fisicoquímicos e indicadores productivos.

Camaronera/Época	Indicador productivo	Parámetro fisicoquímico	ρ de Spearman	p	Interpretación
B-SC	Peso final	Oxígeno disuelto	0,696	0,2045	Positiva fuerte
B-SC	Supervivencia	Temperatura	-0,675	0,2045	Negativa fuerte
B-SC	Biomasa cosechada	Oxígeno disuelto	0,582	0,4409	Positiva moderada

Nota. Se presentan únicamente las correlaciones de Spearman con una magnitud de asociación $|\rho| \geq 0,50$ es decir valores $\rho \geq 0,50$ o $\rho \leq -0,50$. Las matrices completas de correlación para los grupos A-LL, A-SC, B-LL y B-SC se presentan en los anexos Anexo A5.1, A5.2, A5.3 y A5.4.

DISCUSIÓN

La temperatura y la salinidad mostraron un patrón estacional definido, con mayores temperaturas durante la época lluviosa y mayor salinidad durante la época seca, mientras que el oxígeno disuelto presentó una tendencia inversa respecto a la temperatura. Este comportamiento concuerda con lo descrito para sistemas estuarinos del Golfo de Guayaquil, donde la reducción de las precipitaciones durante la época seca favorece una mayor influencia estuarina y concentración relativa de sales, al mismo tiempo que el descenso térmico puede incrementar la solubilidad del oxígeno en el agua (Marín Jarrín et al., 2022). De manera similar, Boyd et al. (2020) señalan que la temperatura, la salinidad y el oxígeno disuelto intervienen en la actividad metabólica y la capacidad osmorregulatoria de *P. vannamei*.

Aunque el patrón general fue semejante entre las dos camaroneras, la magnitud de las diferencias no fue uniforme, especialmente para salinidad y oxígeno disuelto. Estas variaciones podrían relacionarse con características propias de cada unidad, como la conectividad con los canales de captación, la frecuencia de recambio, la biomasa presente y la acumulación de materia orgánica. Ruiz Díaz & Hernández (2023) indican que el oxígeno disuelto depende no solo de la temperatura, sino también de la actividad respiratoria, la productividad primaria y la carga orgánica del sistema, mientras que Haro Morales (2024) destaca que en sistemas de baja salinidad las características del agua de ingreso y su manejo pueden modificar la respuesta del cultivo. Así, la estacionalidad podría explicar el patrón general, mientras que las diferencias entre camaroneras responderían además a factores locales propios de cada sistema.

El pH, la alcalinidad y los nutrientes presentaron diferencias entre grupos, aunque con patrones menos uniformes que temperatura, salinidad y oxígeno. La estabilidad relativa del pH,

pese a las variaciones observadas en alcalinidad, concuerda con lo señalado por Rebolledo Monsalve & Verduga Vergara (2023), quienes destacan el papel del sistema tampón de carbonatos en la regulación química del agua. En sistemas de baja salinidad, la alcalinidad también adquiere importancia por su relación con la disponibilidad de carbonatos y bicarbonatos y con los procesos de calcificación posteriores a la muda (Quintanilla Corena & Castro Miranda, 2021).

Las diferencias observadas en PO_4 , NO_2 , TAN y NH_3 podrían estar asociadas con variaciones en la carga orgánica, el aporte de nutrientes, la actividad microbiana y el recambio de agua. Marín Jarrín et al. (2022) señalan que durante la época lluviosa puede incrementarse el ingreso de materia orgánica y nutrientes desde el sistema estuarino, mientras que Urías Sotomayor et al. (2024) indican que la dinámica de los compuestos nitrogenados depende de la interacción entre temperatura, pH, oxígeno y actividad biológica.

La respuesta de estos parámetros químicos no siguió un patrón estacional único, lo que sugiere una interacción entre la dinámica del estuario y las características particulares de cada unidad productiva. Una posible explicación es que el ingreso de nutrientes y materia orgánica durante la época lluviosa, junto con diferencias en recambio, biomasa y manejo del agua, haya modificado de manera distinta los procesos de transformación del nitrógeno y el fósforo. De esta forma, la variabilidad química observada podría reflejar la acción conjunta de factores ambientales y operativos más que la influencia aislada de la estacionalidad.

El desempeño productivo mostró un patrón más favorable en A-LL, donde se concentraron una mayor biomasa cosechada y un menor FCA, mientras que el peso final también fue superior respecto a A-SC. Este comportamiento concuerda con Castillo-Ochoa & Velásquez-López (2021) y Haro Morales (2024), quienes señalan que las variaciones estacionales pueden modificar la

actividad metabólica, el consumo de alimento y la eficiencia con la que *P. vannamei* utiliza el alimento para crecimiento. De manera similar, Peñalosa Martinell et al. (2024) indican que el FCA debe interpretarse conjuntamente con la biomasa y el crecimiento, debido a que estos indicadores reflejan de forma integrada la eficiencia productiva del ciclo.

Sin embargo, este patrón no se presentó con la misma intensidad en la camaronera B, donde el peso final no mostró diferencias entre épocas y la biomasa y el FCA fueron estadísticamente similares a los observados en A-SC. Esto sugiere que la respuesta productiva no depende exclusivamente de la época climática. Façanha et al. (2016) señalan que el peso final debe interpretarse considerando también la duración del ciclo, mientras que Vélez Alvia (2025) indica que la biomasa integra simultáneamente el peso alcanzado y el número de organismos sobrevivientes; por ello, ciclos desarrollados bajo condiciones ambientales similares pueden producir resultados distintos cuando difieren en duración, densidad, supervivencia o manejo.

La supervivencia no mostró diferencias entre los grupos después de las comparaciones múltiples, a pesar de las variaciones observadas en los demás indicadores productivos. Este resultado coincide con Haro Morales (2024), quienes señalan que la supervivencia depende de múltiples factores, entre ellos densidad, calidad del agua, condición sanitaria y características particulares del ciclo, por lo que no necesariamente responde de manera paralela al crecimiento o a la eficiencia alimenticia. Una posible explicación es que las diferencias observadas en peso, biomasa y FCA respondan a la interacción entre condiciones ambientales y características productivas propias de cada ciclo, mientras que la supervivencia estuvo influenciada por factores adicionales no evaluados directamente. En consecuencia, el desempeño productivo no debería

atribuirse únicamente a la época climática, sino a la interacción entre ambiente, duración del cultivo, carga biológica y manejo de cada unidad productiva.

El análisis de correlación no evidenció asociaciones estadísticamente significativas entre los parámetros fisicoquímicos y los indicadores productivos, lo que sugiere que ninguna de las variables evaluadas presentó una relación individual suficientemente consistente con el desempeño productivo. Este resultado coincide con Haro Morales (2024), que indica que el rendimiento de *P. vannamei* responde a la interacción entre la calidad del agua, las condiciones de manejo y las características particulares de cada ciclo, más que al efecto aislado de un solo parámetro.

No obstante, en B-SC se observaron relaciones de mayor magnitud entre el oxígeno disuelto y el peso final, el oxígeno disuelto y la biomasa, así como entre la temperatura y la supervivencia. Debido a que la temperatura interviene en la actividad metabólica y el crecimiento de los organismos acuáticos (Kaneshiro Gonzalez et al., 2022), mientras que el oxígeno disuelto participa directamente en los procesos metabólicos y en el aprovechamiento del alimento de *P. vannamei* (Haro Morales, 2024). De manera complementaria, Ruiz Díaz & Hernández (2023) señalan que la disponibilidad de oxígeno debe interpretarse conjuntamente con la biomasa, la actividad respiratoria y la carga orgánica del sistema.

Las asociaciones observadas en B-SC podrían responder a condiciones particulares de este grupo y no necesariamente representar un patrón general para ambas camaroneras. En conjunto, los resultados sugieren que la calidad del agua forma parte de una red de factores relacionados con el desempeño productivo, pero no permiten atribuir las variaciones en peso, biomasa, supervivencia o FCA a un parámetro fisicoquímico específico de manera independiente.

CONCLUSIONES

Los parámetros fisicoquímicos presentaron diferencias entre épocas y camaroneras. La temperatura fue mayor en época lluviosa, mientras que la salinidad y el oxígeno disuelto aumentaron en época seca; los demás parámetros mostraron respuestas menos uniformes.

Los indicadores productivos también variaron entre grupos. A-LL presentó mayor biomasa y menor FCA, además de un mayor peso final respecto a A-SC; la supervivencia no mostró diferencias entre grupos.

No se identificaron asociaciones estadísticamente significativas entre los parámetros fisicoquímicos y los indicadores productivos. Las relaciones observadas en B-SC no fueron suficientes para establecer un patrón general entre ambas camaroneras.

Los resultados muestran la existencia de diferencias fisicoquímicas y productivas entre los escenarios evaluados, pero no demostraron una asociación estadística entre ambos grupos de variables. Por ello, se respaldan las hipótesis alternativas relacionadas con las diferencias en calidad de agua e indicadores productivos, mientras que para el análisis de asociación no se obtuvo evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula.

RECOMENDACIONES

Fortalecer el monitoreo de temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, pH, alcalinidad y compuestos nitrogenados durante los cambios entre época lluviosa y seca, debido a las variaciones observadas entre periodos y unidades productivas.

Mantener un seguimiento periódico de la alcalinidad y el pH en sistemas de baja salinidad, ajustando las medidas correctivas de acuerdo con las condiciones particulares de cada camaronera.

Ajustar la alimentación de acuerdo con la temperatura, el consumo observado, la biomasa presente y el comportamiento del FCA, especialmente durante la época seca.

Incorporar un registro más sistemático de variables sanitarias y de manejo productivo, con el fin de complementar la interpretación de las variaciones observadas en supervivencia, biomasa y eficiencia alimenticia.

Incluir la caracterización del balance iónico del agua y ampliar el seguimiento de las condiciones productivas durante los ciclos, para profundizar en los factores asociados al desempeño de *P. vannamei* en sistemas de baja salinidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta-Ortiz, E. J., & Gómez-León, J. (2013). Influencia de la densidad larval inicial de siembra y la concentración de alimento sobre la larvicultura de *Argopecten nucleus* (Ostreoida: Pectinidae). *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 42(1), 73–90. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2013.42.1.60>
- Arboleda Muñoz, I., Molina Sandoval, A. E., & Duque, G. (2024). Influencia de las condiciones ambientales sobre la distribución y tipos de microplásticos en aguas superficiales en la bahía de Tumaco, Pacífico colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 53(1), 65–86. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2024.53.1.1268>
- Armijos Dután, J. A. (2022). *Condiciones ambientales y su relación con el rendimiento productivo en sistemas de producción camaronera de CAMANDUL S.A. durante el período 2018–2020* [Trabajo de titulación, Universidad de Especialidades Espíritu Santo]. Repositorio Institucional UEES.
- Barreiro De La A, S., & Hernández-Vaca, F. (2024). Variación del estado trófico durante el período 2010-2020 en el estuario interno, Canal Bocana de Balao - Golfo de Guayaquil. *Revista Acta Oceanográfica del Pacífico*, 6(2). <https://actaoceanografica.inocar.mil.ec/index.php/raop/article/view/78>
- Boyd, C. E., D'Abramo, L. R., Glencross, B. D., Huyben, D. C., Juarez, L. M., Lockwood, G. S., McNevin, A. A., Tacon, A. G. J., Teletchea, F., Tomasso, J. R., Jr., Tucker, C. S., & Valenti, W. C. (2020). Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges. *Journal of the World Aquaculture Society*, 51(3), 578–633. <https://doi.org/10.1111/jwas.12714>

- Buitrago Nieto, N. (2024). *Sostenibilidad ambiental, económica y social en la acuicultura latinoamericana* [Trabajo de grado, Universidad Piloto de Colombia]. Repositorio Institucional de la Universidad Piloto de Colombia. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/13973>
- Carrera Villacrés, D. V., & Guevara García, P. V. (2020). Variación de la concentración inorgánica de las aguas del sistema hidrográfico del río Ambi, en relación con la precipitación, evaporación y evapotranspiración. *Tierra Infinita*, 6(1), 55–63. <https://doi.org/10.32645/26028131.1032>
- Castillo-Ochoa, B. del C., & Velásquez-López, P. C. (2021). Manejo estacional de los sistemas de producción de camarón en el Ecuador. *Sociedad & Tecnología*, 4(3), 447–461. <https://doi.org/10.51247/st.v4i3.151>
- Corral, M. L., Grizel, H., Montes, J., & Polanco, E. (2000). *La acuicultura: Biología, regulación, fomento, nuevas tendencias y estrategia comercial. Tomo I: Análisis del desarrollo de los cultivos: Medio, agua y especies*. Fundación Alfonso Martín Escudero/Mundi-Prensa.
- Correa-Tapia, J. L., & Ascón-Dionicio, G. U. (2026). Rentabilidad y desempeño productivo de gamitana (*Colossoma macropomum*) bajo dietas comerciales en fase de engorde. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 6(1), e961. <https://doi.org/10.51252/raa.v6i1.961>
- Cámara Nacional de Acuacultura. (s. f.). *Revista Acuacultura*. <https://www.cna-ecuador.com/revista-acuacultura/>
- Díaz Cab, G. M., & Montalvo Espinoza, C. (2023). Sistema acuícola de gestión y monitoreo de calidad del agua basado en tecnologías IoT e ingeniería de software. *ECTI, Experiencias Científicas, Tecnológicas y de Innovación*, 3(1), 35–41. <https://ojs.valladolid.tecnm.mx/index.php/CongresoNacional/article/view/134>

- Façanha, F. N., Oliveira-Neto, A. R., Figueiredo-Silva, C., & Nunes, A. J. P. (2016). Effect of shrimp stocking density and graded levels of dietary methionine over the growth performance of *Litopenaeus vannamei* reared in a green-water system. *Aquaculture*, 463, 16–21. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.05.024>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2024: Blue Transformation in action*. FAO.
- González Legarda, E. A., Duque Nivia, G., & Ángel Sánchez, D. I. (2023). Cambios ambientales en agua y sedimentos por acuicultura en jaulas flotantes en el Lago Guamuez, Nariño, Colombia. *Acta Agronómica*, 71(1), 22–28. <https://doi.org/10.15446/acag.v71n1.98924>
- Gordillo Vargas, E. V. (2025). *Manglar vivo: Propiedad comunal, cohesión social y prácticas de conservación* [Tesis de maestría, FLACSO Ecuador]. Repositorio Digital FLACSO Ecuador. <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/server/api/core/bitstreams/207e50cf-4279-4bee-9ddc-d8d26a7f41d2/content>
- Haro Morales, D. B. (2024). *Comparación de las fluctuaciones de parámetros fisicoquímicos y biológicos en el rendimiento zootécnico de Penaeus vannamei* [Trabajo de titulación, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. Repositorio Institucional UPSE. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/11898>
- Hidalgo Herrera, B. S. (2025). *Eficiencia de insumos químicos en el control de la proliferación de dinoflagelados en sistemas productivos de camarón* [Trabajo de titulación de maestría, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. Repositorio Institucional UPSE. <https://repositorio.upse.edu.ec/items/996c134f-9c61-4775-909c-1d41e33c6fc3>
- Instituto del Mar del Perú. (2023). *Ficha técnica de Penaeus vannamei*. IMARPE. <https://biodiversidadacuatica.imarpe.gob.pe/Files/ExportarEspeciePdf?taxonId=70>

- Kaneshiro Gonzalez, K., De La Cruz Barrueto, K. N., Ponciano Quezada, M. Á., Toledo Meza, N., & Culquichicon Malpica, Z. G. (2022). Efecto de la temperatura en el crecimiento de juveniles de *Oreochromis niloticus* tilapia en un sistema de recambio acuícola (RAS). *Manglar*, 19(1), 39–44. <https://doi.org/10.17268/manglar.2022.005>
- Marín Jarrín, M. J., Marín Jarrín, J. R., Borbor-Córdova, M. J., Espinoza Celi, M. E., & Domínguez-Granda, L. (2022). Dinámicas estacionales en el estuario interior del Guayas, Ecuador. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 51(2), 129–136. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2022.51.2.1125>
- Peñalosa Martinell, D., Vergara-Solana, F. J., Araneda Padilla, M. E., & Aranceta Garza, F. (Eds.). (2024). *An introduction to sustainable aquaculture*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003174271>
- Quintanilla Corena, A., & Castro Miranda, J. de la P. (2021). *Diseño de protocolo de buenas prácticas para el manejo de la calidad físico-química y biológica del agua utilizada para cultivos acuícolas de camarón marino, en asocio con Cooperativa San Mateo, Conchagua, La Unión*. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE. <http://hdl.handle.net/10972/4348>
- Rebolledo Monsalve, E., & Verduga Vergara, L. (2023). Water and sediment quality changes in mangrove systems with shrimp farms in the northern Ecuadorean coast. *Applied Sciences*, 13(13), 7749. <https://doi.org/10.3390/app13137749>
- Reina Zambrano, T. A. (2021). *Análisis del manejo responsable de una granja camaronera de la provincia de Esmeraldas* [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Esmeraldas]. Repositorio Institucional PUCE.

<https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/b1124c5d-ffa2-4d70-8171-c089458d3e0d/content>

Romero Pozo, R. A. (2026). *Análisis de mortalidades en reproductores de Penaeus vannamei durante la fase de cuarentena en el laboratorio Texcumar* [Trabajo de integración curricular, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. Repositorio Institucional UPSE.

<https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/fl6c47d4-7002-4e06-a81c-63c60f8d5c88/content>

Ruiz Díaz, F., & Hernández, D. (2023). La adición de carbonato de calcio reduce los efectos tóxicos del nitrito en juveniles de pacú *Piaractus mesopotamicus*. *Agrotecnia*, 1(34), 1–10.

Sallenave, R. (2012). *Understanding water quality parameters to better manage your pond* (Guide W-104). New Mexico State University, Cooperative Extension Service. https://pubs.nmsu.edu/_w/W104/index.html

Toro, D., Llanco, L., Lora, M., Tiparra, R., & Serrano-Martínez, E. (2020). Efecto de microorganismos eficaces en los parámetros productivos y calidad de agua en el cultivo semi-intensivo de langostino blanco *Litopenaeus vannamei*. *Salud y Tecnología Veterinaria*, 8(2), 47–57. <https://doi.org/10.20453/stv.v8i2.3873>

Twilley, R. R., & Rivera-Monroy, V. H. (2009). Ecogeomorphic models of nutrient biogeochemistry for mangrove wetlands. In G. M. E. Perillo, E. Wolanski, D. R. Cahoon, & M. M. Brinson (Eds.), *Coastal wetlands: An integrated ecosystem approach* (pp. 641–684). Elsevier.

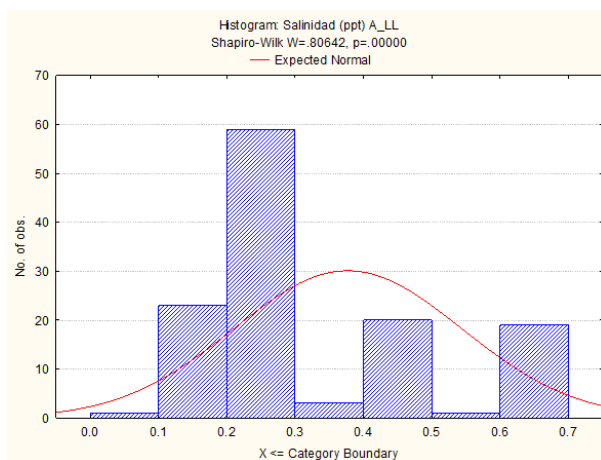
Urías Sotomayor, R., Félix Ortiz, J. A., Payán Alejo, J., & Ramos Torres, B. (2024). El cultivo de camarón *Penaeus spp.* en México con diferente salinidad en el agua. *Revista Ciencias del Mar UAS*, 1(2), 103–121. <https://revistas.uas.edu.mx/index.php/CIMAR/article/view/500>

- Valderrama Nitola, H. D. (2021). *Identificación de impactos del cambio climático en cuerpos superficiales de agua dulce de la Región Caribe colombiana* [Trabajo de grado, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia]. Repositorio Institucional UPTC. <https://repositorio.uptc.edu.co/server/api/core/bitstreams/e633ebe6-1221-4162-9258-8471b8ce633c/content>
- Valle-Masson, J. C., Ulloa, R., Molina-Poveda, C., & Jover-Cerdá, M. (2025). Efecto del peso de transferencia y de la época de venta en la productividad y rentabilidad de *Penaeus vannamei*, en camaronas semi-intensivas de baja densidad, usando alimentadores temporizados y acústicos. *AquaTecnica*, 7(3), 179–191. <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/aquatecnica/article/view/7845>
- Valverde Carcache, X. (2023). *Desarrollo de actividades acuícolas dentro del área protegida Reserva Ecológica Manglares de Churute en Ecuador* [Tesis de maestría, Universidad Externado de Colombia]. <https://bdigital.uexternado.edu.co/entities/publication/56fbcf11-19ba-4139-a524-5d94e042cc8c>
- Villarreal García, A. V., & Ascencio Valle, F. de J. (2022). *Efecto de la aireación en el cultivo hiper-intensivo foto-heterotrófico del camarón blanco Litopenaeus vannamei (Boone, 1931) en un sistema sin recambio de agua* [Tesis, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste]. Repositorio Institucional CIBNOR. <http://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1001/2675>
- Vélez Alvia, A. T. (2025). *Planificación de insumos mediante KPI para la reducción de costos de almacenaje de una empresa pesquera* [Proyecto de investigación, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí]. Repositorio Institucional ULEAM. <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/8743>

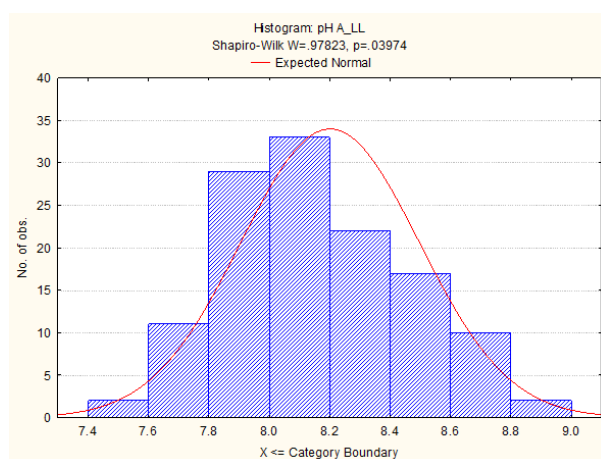
- Vélez-Alvarado, D. A., & Álvarez-Mozos, J. (2020). Clasificación de usos y cubiertas del suelo y análisis de cambios en los alrededores de la Reserva Ecológica Manglares Churute (Ecuador) mediante una serie de imágenes Sentinel-1. *Revista de Teledetección*, 56, 131–146. <https://doi.org/10.4995/raet.2020.14099>
- Yagual Reyes, C. I. (2026). *Análisis del crecimiento larvario en relación con las fluctuaciones de parámetros físico-químicos de Penaeus vannamei en laboratorio Egidiosa, San Pablo, Ecuador* [Trabajo de integración curricular, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. Repositorio Institucional UPSE. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/16215>

ANEXOS

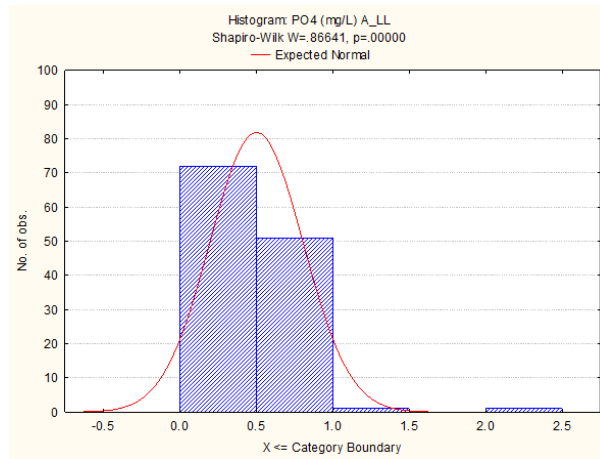
Anexo 1. Análisis de normalidad de los parámetros fisicoquímicos de calidad del agua



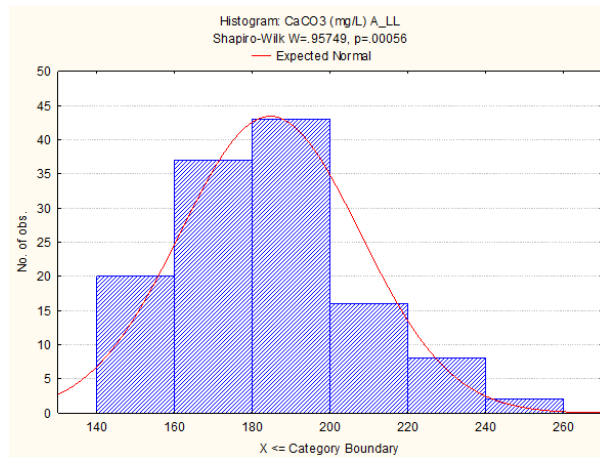
Anexo A1.1. Histograma de normalidad de Salinidad (ppt) en A-LL.



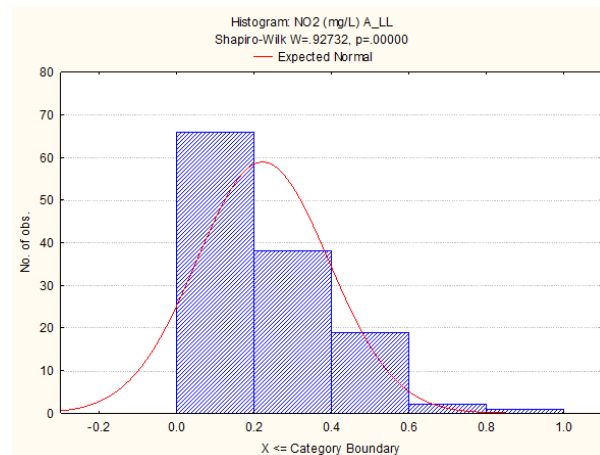
Anexo A1.2. Histograma de normalidad de pH en A-LL.



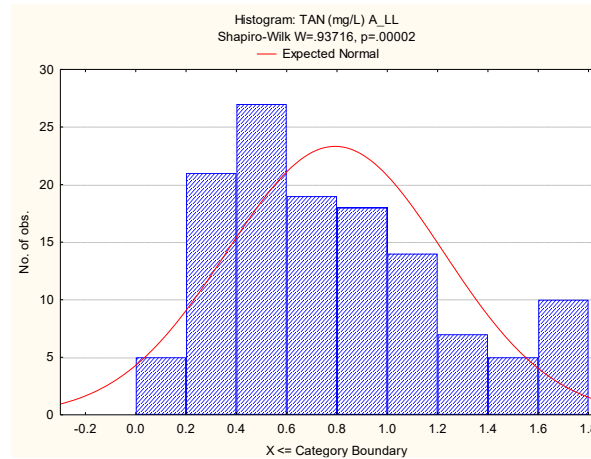
Anexo A1.3. Histograma de normalidad de PO₄ (mg/L) en A-LL.



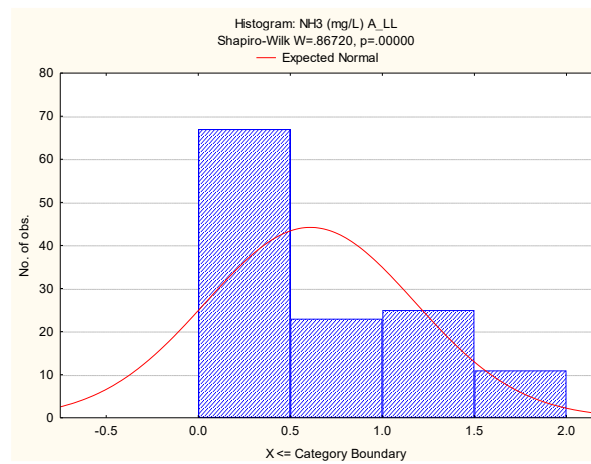
Anexo A1.4. Histograma de normalidad de CaCO₃ (mg/L) en A-LL.



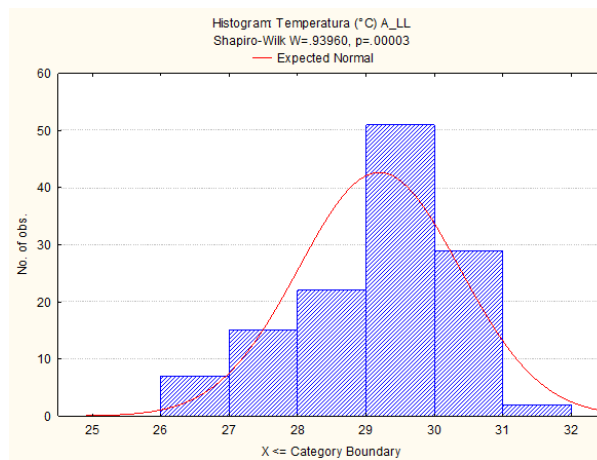
Anexo A1.5. Histograma de normalidad de NO₂ (mg/L) en A-LL.



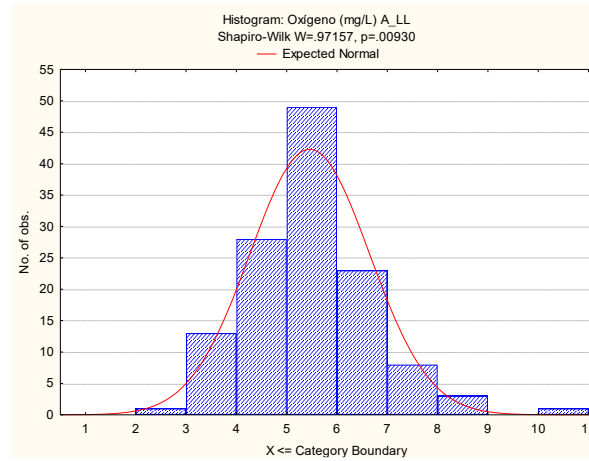
Anexo A1.6. Histograma de normalidad de TAN (mg/L) en A-LL.



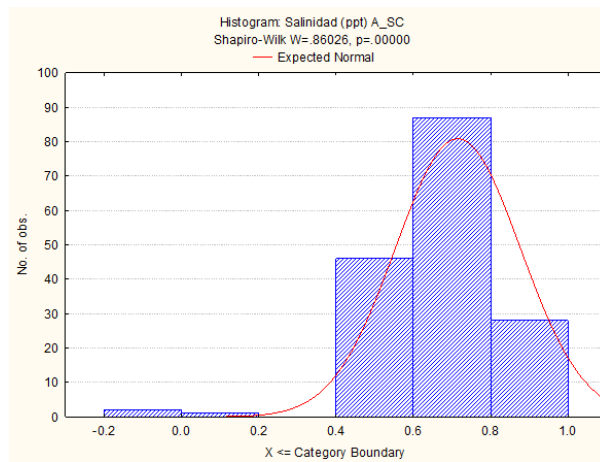
Anexo A1.7. Histograma de normalidad de NH₃ (mg/L) en A-LL.



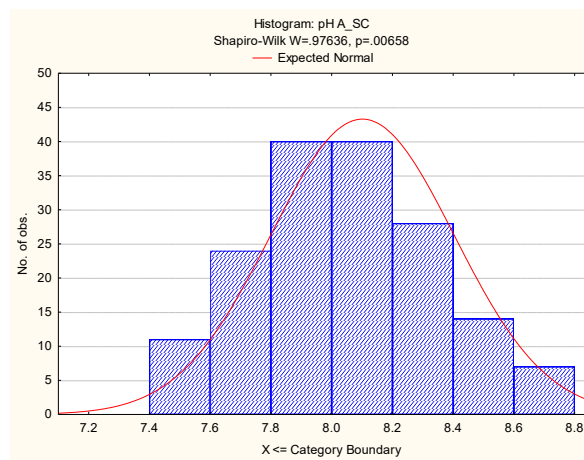
Anexo A1.8. Histograma de normalidad de Temperatura (°C) en A-LL.



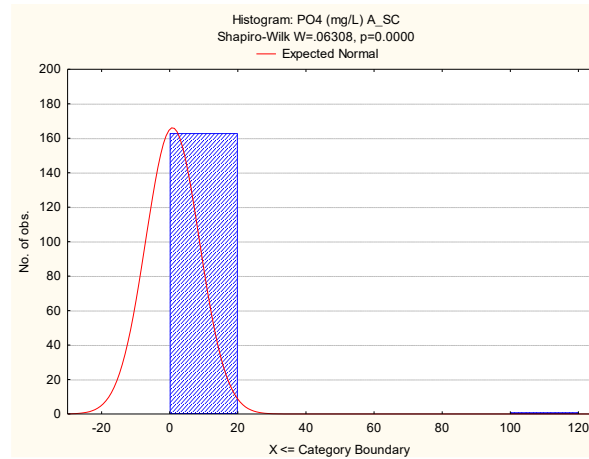
Anexo A1.9. Histograma de normalidad de Oxígeno disuelto (mg/L) en A-LL.



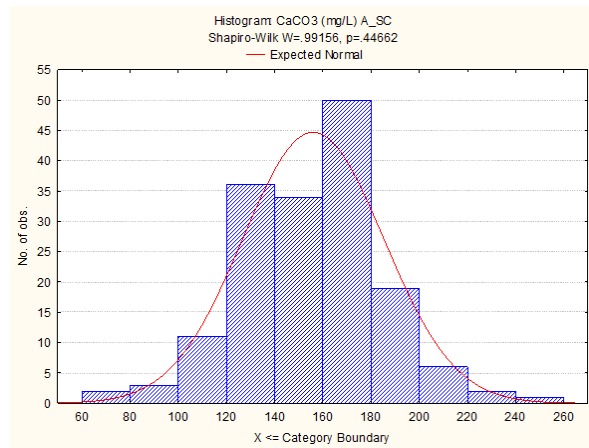
Anexo A1.10. Histograma de normalidad de Salinidad (ppt) en A-SC.



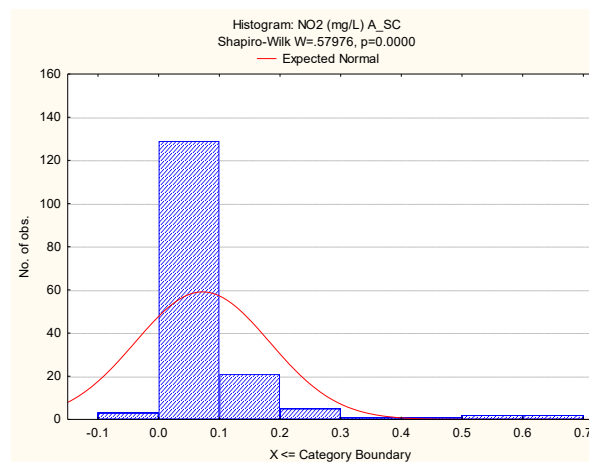
Anexo A1.11. Histograma de normalidad de pH en A-SC.



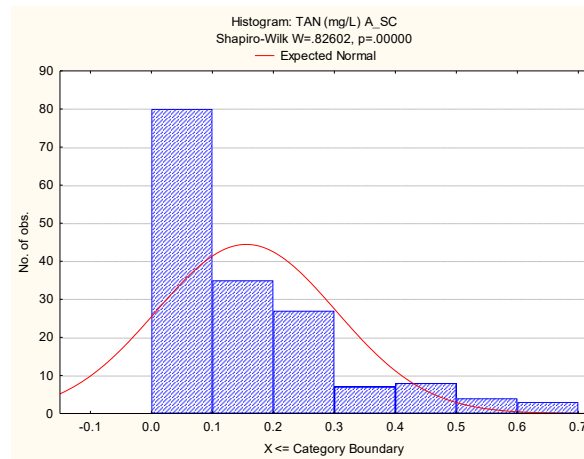
Anexo A1.12. Histograma de normalidad de PO₄ (mg/L) en A-SC.



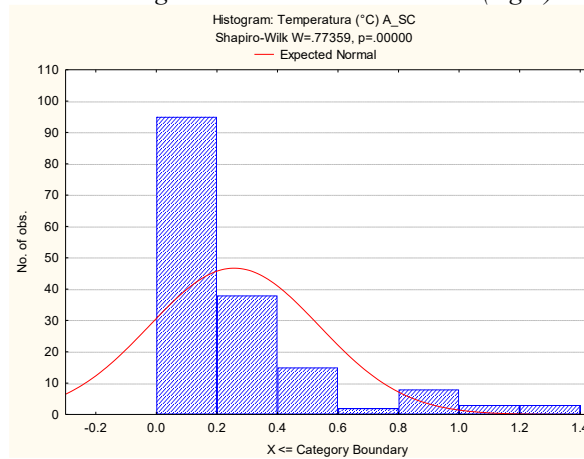
Anexo A1.13. Histograma de normalidad de CaCO₃ (mg/L) en A-SC.



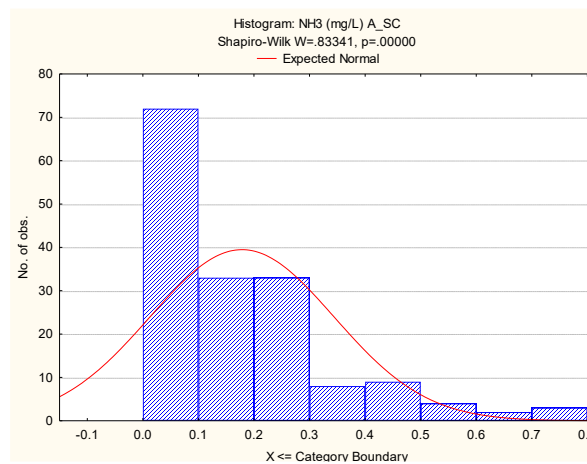
Anexo A1.14. Histograma de normalidad de NO₂ (mg/L) en A-SC.



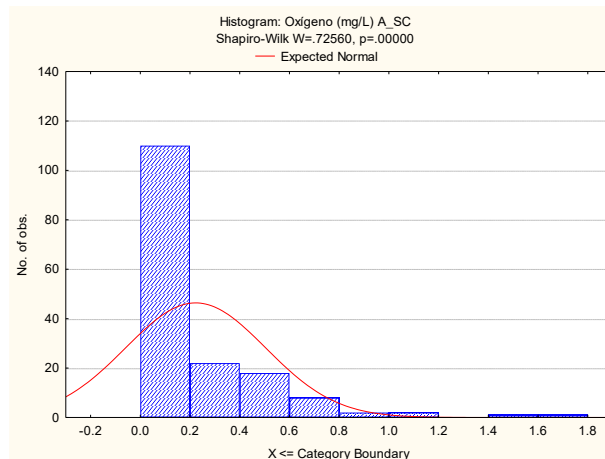
Anexo A1.15. Histograma de normalidad de TAN (mg/L) en A-SC.



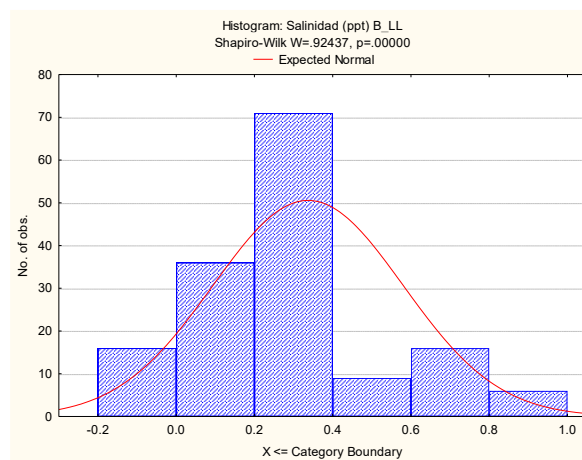
Anexo A1.16. Histograma de normalidad de Temperatura (°C) en A-SC.



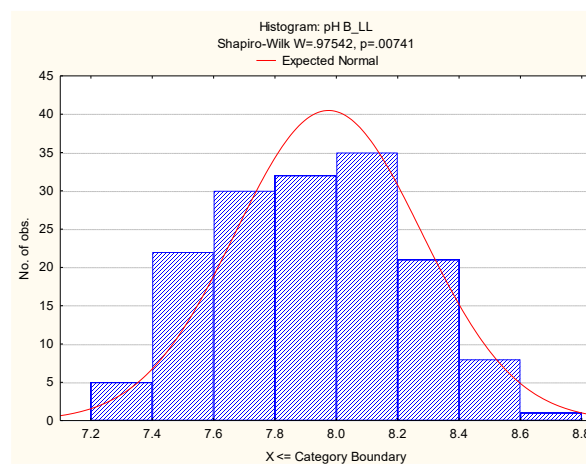
Anexo A1.17. Histograma de normalidad de NH₃ (mg/L) en A-SC.



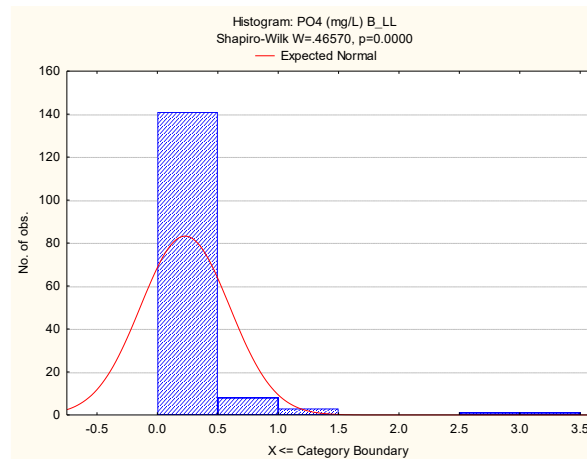
Anexo A1.18. Histograma de normalidad de Temperatura (°C) en A-SC.



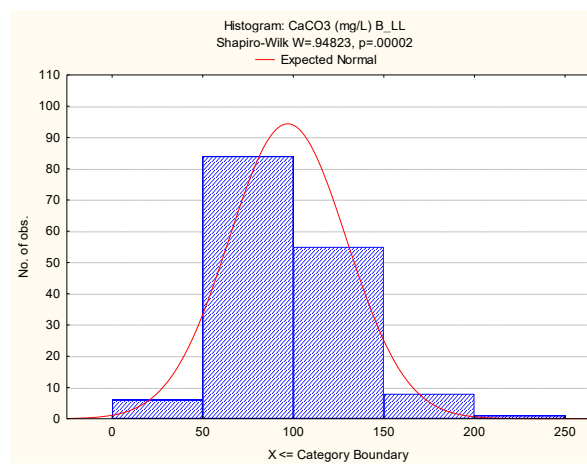
Anexo A1.19. Histograma de normalidad de Salinidad (ppt) en B-LL.



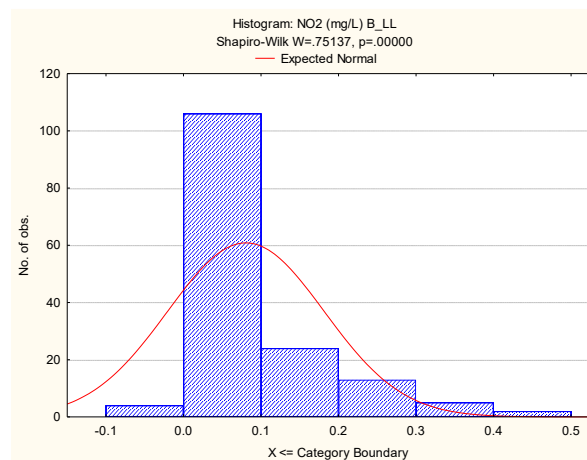
Anexo A1.20. Histograma de normalidad de pH en B-LL.



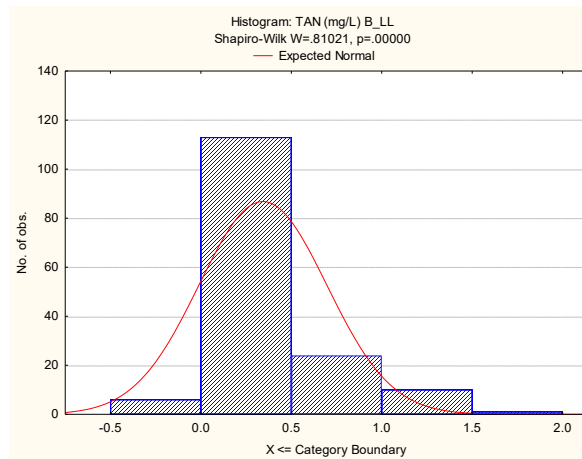
Anexo A1.21. Histograma de normalidad de PO₄ (mg/L) en B-LL.



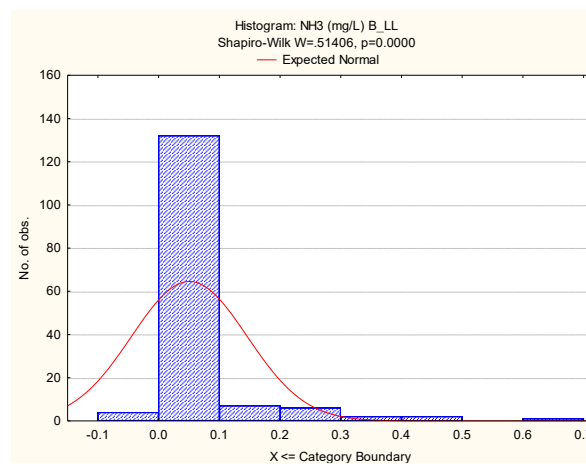
Anexo A1.22. Histograma de normalidad de CaCO₃ (mg/L) en B-LL.



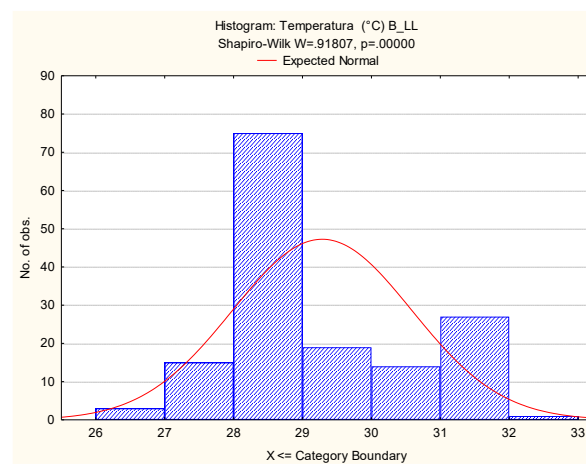
Anexo A1.23. Histograma de normalidad de NO₂ (mg/L) en B-LL.



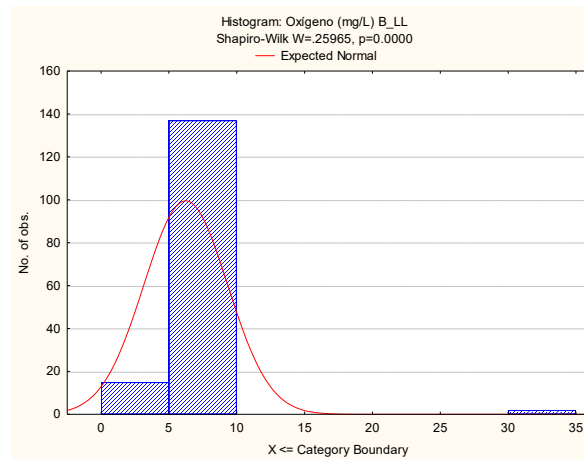
Anexo A1.24. Histograma de normalidad de TAN (mg/L) en B-LL.



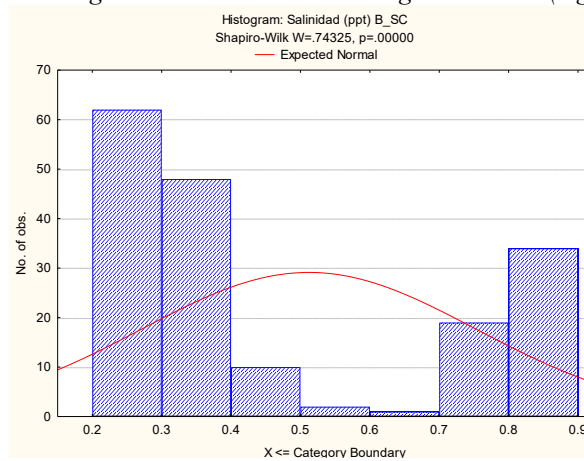
Anexo A1.25. Histograma de normalidad de NH₃ (mg/L) en B-LL.



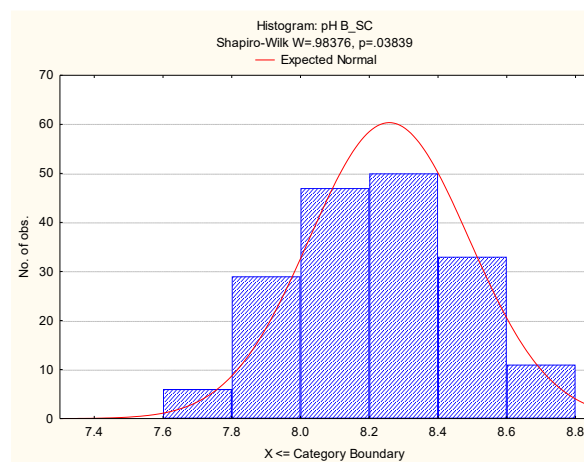
Anexo A1.26. Histograma de normalidad de Temperatura (°C) en B-LL.



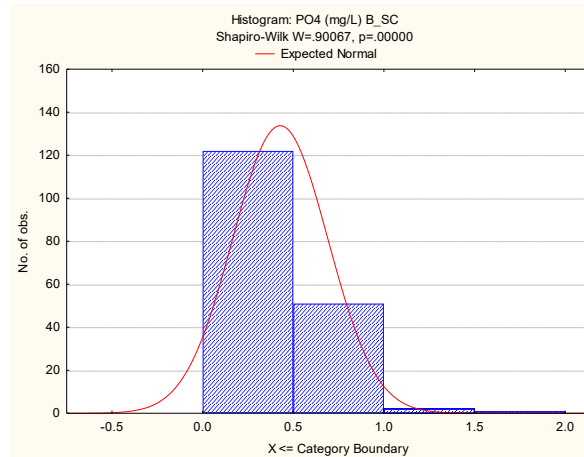
Anexo A1.27. Histograma de normalidad de Oxígeno disuelto (mg/L) en B-LL.



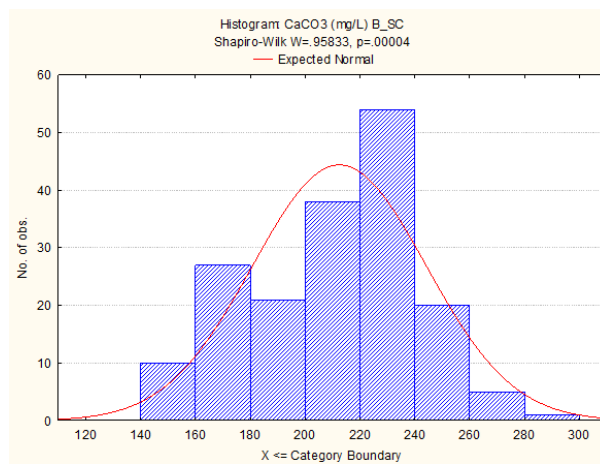
Anexo A1.28. Histograma de normalidad de Salinidad (ppt) en B-SC.



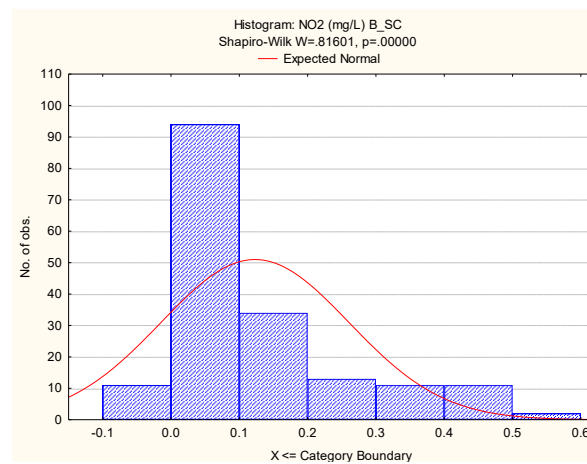
Anexo A1.29. Histograma de normalidad de pH en B-SC.



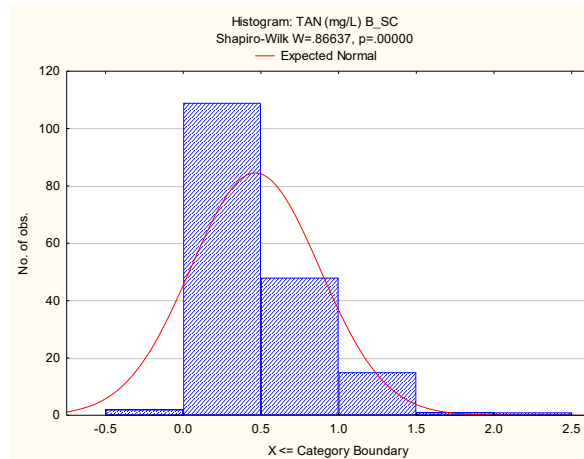
Anexo A1.30. Histograma de normalidad de PO₄ (mg/L) en B-SC.



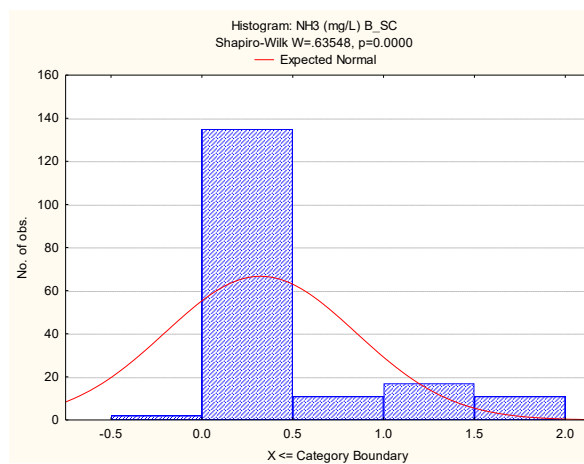
Anexo A1.31. Histograma de normalidad de CaCO₃ (mg/L) en B-SC.



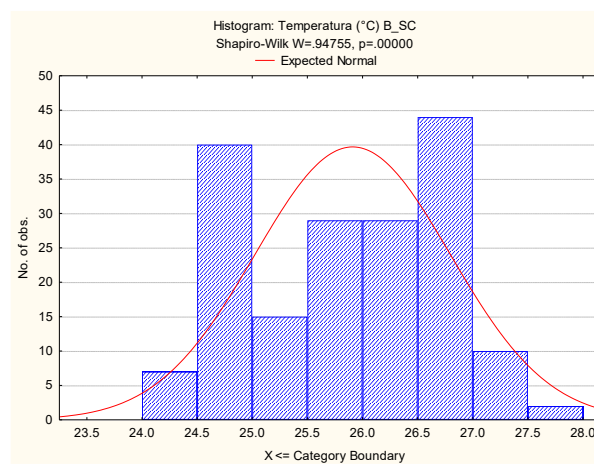
Anexo A1.32. Histograma de normalidad de NO₂ (mg/L) en B-SC.



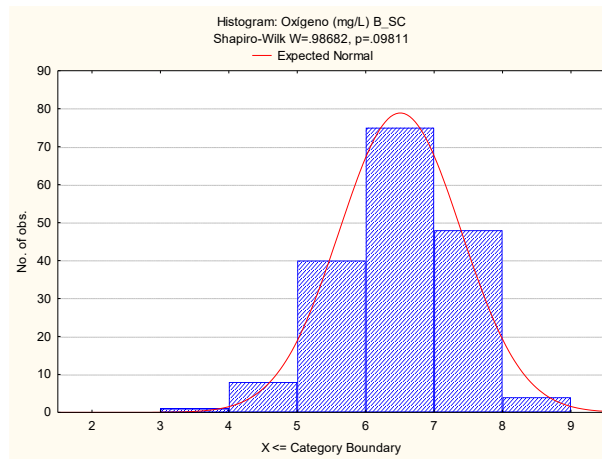
Anexo A1.33. Histograma de normalidad de TAN (mg/L) en B-SC.



Anexo A1.34. Histograma de normalidad de NH₃ (mg/L) en B-SC.



Anexo A1.35. Histograma de normalidad de Temperatura (°C) en B-SC

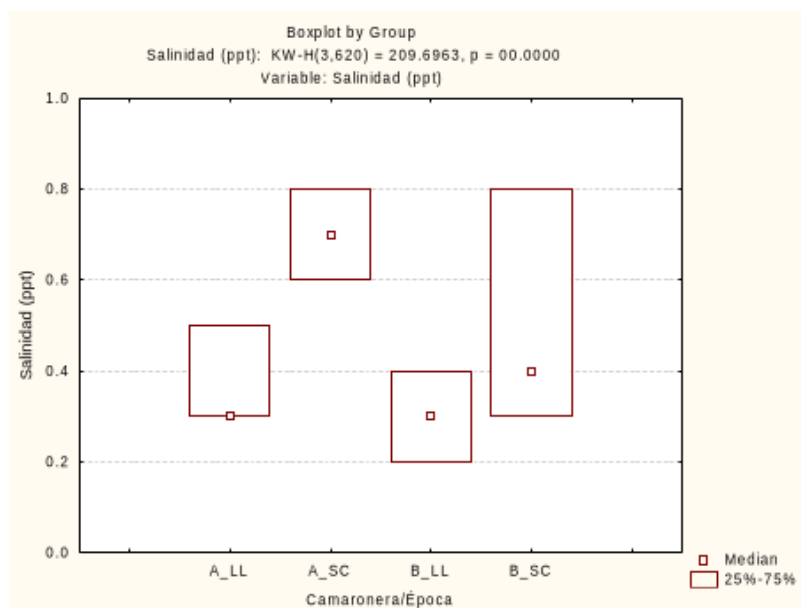


Anexo A1.36. Histograma de normalidad de Oxígeno disuelto (mg/L) en B-SC.

Anexo 2. Prueba de Kruskal-Wallis de los parámetros fisicoquímicos de calidad del agua

Anexo A2.1. Comparaciones múltiples de rangos medios para Salinidad (ppt). Kruskal-Wallis: $H = 209,6963$; $N = 620$; $p < 0,001$

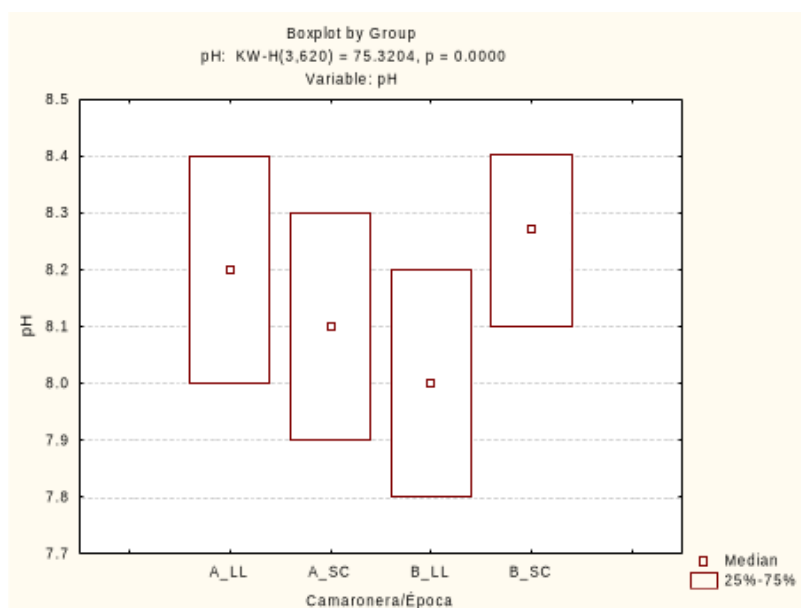
	A_LL	A_SC	B_LL	B_SC
A_LL		0.000000	1.000000	0.000001
A_SC	0.000000		0.000000	0.000000
B_LL	1.000000	0.000000		0.000000
B_SC	0.000001	0.000000	0.000000	



Anexo A2.2. Distribución de Salinidad (ppt) entre los grupos A-LL, A-SC, B-LL y B-SC.

Anexo A2.3. Comparaciones múltiples de rangos medios para pH. Kruskal-Wallis: $H = 75,32039$; $N = 620$; $p < 0,001$

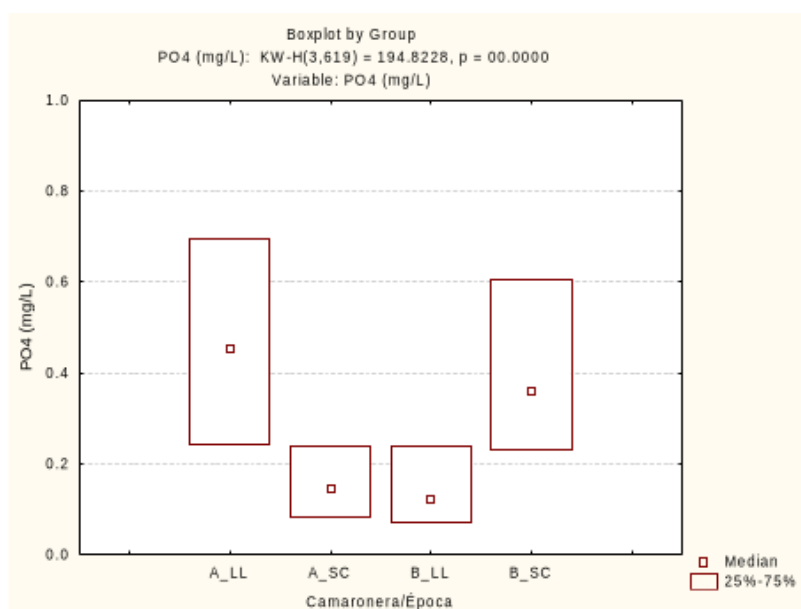
	A_LL	A_SC	B_LL	B_SC
A_LL		0.052209	0.000000	0.203017
A_SC	0.052209		0.010528	0.000002
B_LL	0.000000	0.010528		0.000000
B_SC	0.203017	0.000002	0.000000	



Anexo A2.4. Distribución de pH entre los grupos A-LL, A-SC, B-LL y B-SC.

Anexo A2.5. Comparaciones múltiples de rangos medios para PO_4 (mg/L). Kruskal-Wallis: $H = 194,8228$; $N = 619$; $p < 0,001$

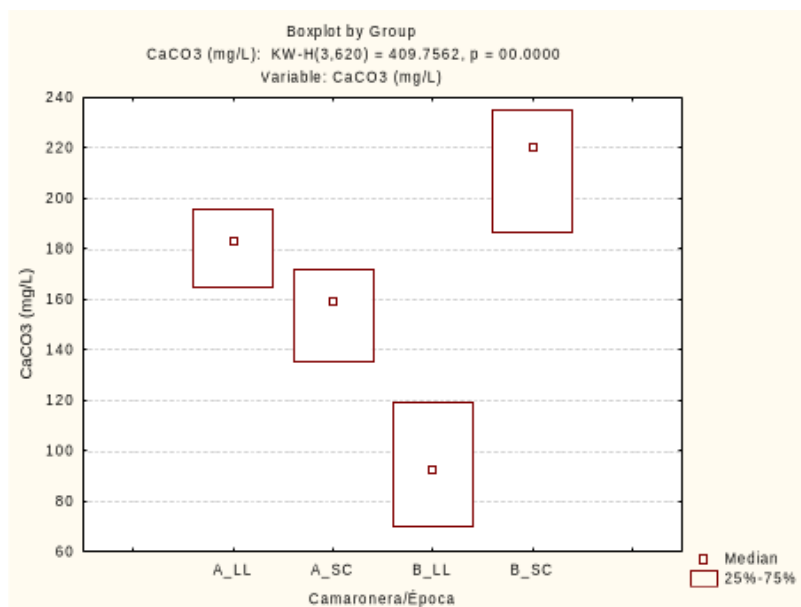
	A_LL	A_SC	B_LL	B_SC
A_LL		0.000000	0.000000	0.698932
A_SC	0.000000		1.000000	0.000000
B_LL	0.000000	1.000000		0.000000
B_SC	0.698932	0.000000	0.000000	



Anexo A2.6. Distribución de PO_4 (mg/L) entre los grupos A-LL, A-SC, B-LL y B-SC.

Anexo A2.7. Comparaciones múltiples de rangos medios para CaCO_3 (mg/L). Kruskal-Wallis: $H = 409,7562$; $N = 620$; $p < 0,001$

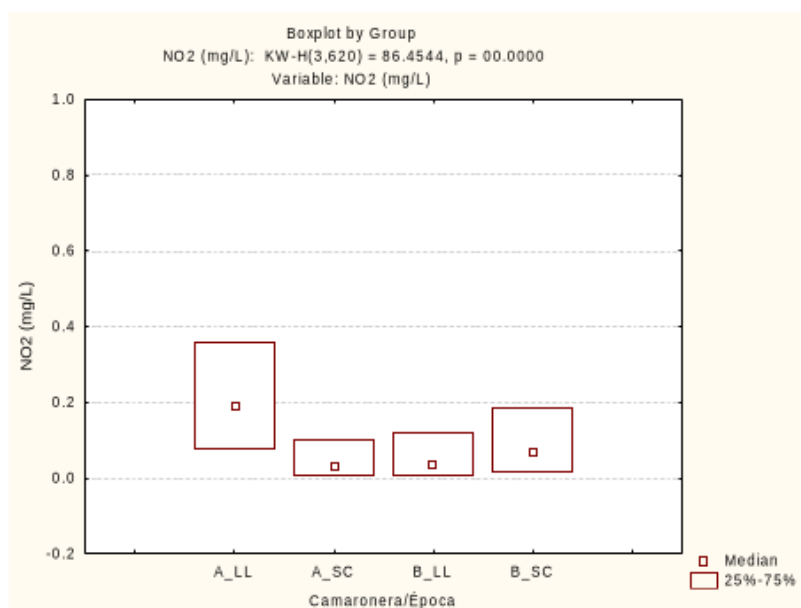
	A_LL	A_SC	B_LL	B_SC
A_LL		0.000000	0.00	0.000020
A_SC	0.000000		0.00	0.000000
B_LL	0.000000	0.000000		0.000000
B_SC	0.000020	0.000000	0.00	



Anexo A2.8. Distribución de CaCO_3 (mg/L) entre los grupos A-LL, A-SC, B-LL y B-SC.

Anexo A2.9. Comparaciones múltiples de rangos medios para NO_2 (mg/L). Kruskal-Wallis: $H = 86,45436$; $N = 620$; $p < 0,001$

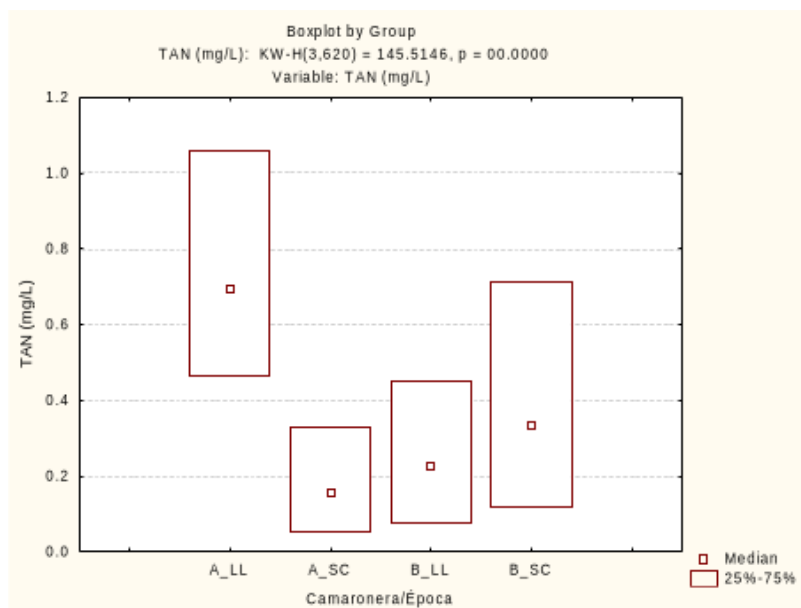
	A_LL	A_SC	B_LL	B_SC
A_LL		0.000000	0.000000	0.000000
A_SC	0.000000		1.000000	0.004771
B_LL	0.000000	1.000000		0.048406
B_SC	0.000000	0.004771	0.048406	



Anexo A2.10. Distribución de NO₂ (mg/L) entre los grupos A-LL, A-SC, B-LL y B-SC.

Anexo A2.11. Comparaciones múltiples de rangos medios para TAN (mg/L). Kruskal-Wallis: $H = 145,4371$; $N = 620$; $p < 0,001$

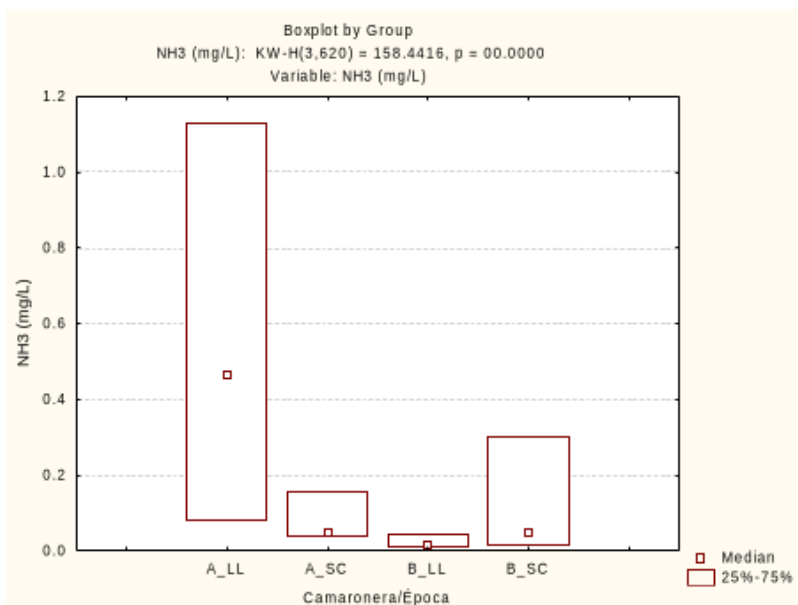
	A_LL	A_SC	B_LL	B_SC
A_LL		0.000000	0.000000	0.000000
A_SC	0.000000		0.120289	0.000000
B_LL	0.000000	0.120289		0.019925
B_SC	0.000000	0.000000	0.019925	



Anexo A2.12. Distribución de TAN (mg/L) entre los grupos A-LL, A-SC, B-LL y B-SC.

Anexo A2.13. Comparaciones múltiples de rangos medios para NH_3 (mg/L). Kruskal-Wallis: $H = 158,5820$; $N = 620$; $p < 0,001$

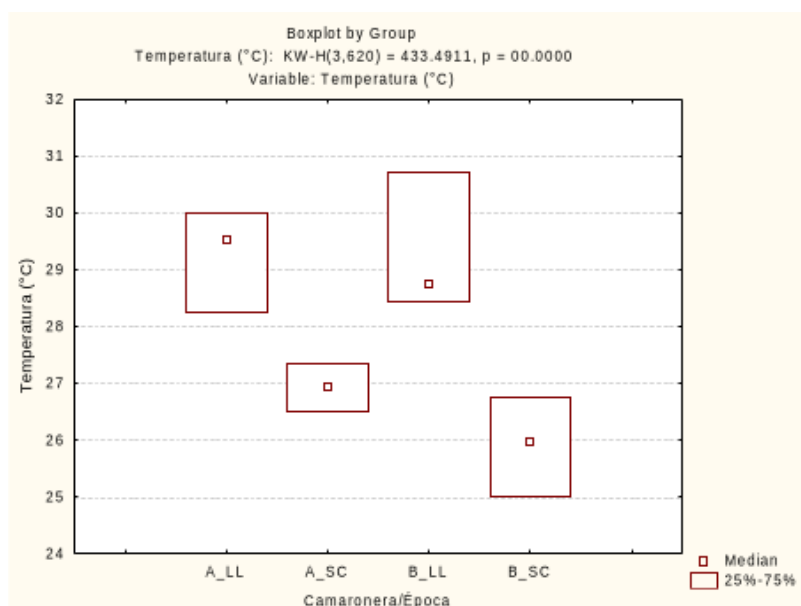
	A_LL	A_SC	B_LL	B_SC
A_LL		0.000000	0.000000	0.000000
A_SC	0.000000		0.000000	1.000000
B_LL	0.000000	0.000000		0.000000
B_SC	0.000000	1.000000	0.000000	



Anexo A2.14. Distribución de NH_3 (mg/L) entre los grupos A-LL, A-SC, B-LL y B-SC.

Anexo A2.15. Comparaciones múltiples de rangos medios para Temperatura ($^{\circ}\text{C}$). Kruskal-Wallis: $H = 433,5481$; $N = 620$; $p < 0,001$

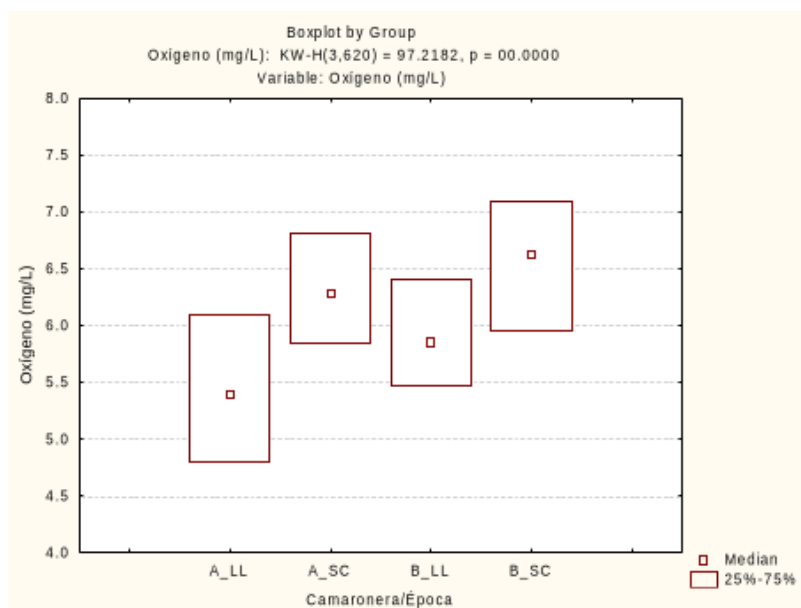
	A_LL	A_SC	B_LL	B_SC
A_LL		0.000000	1.000000	0.000000
A_SC	0.000000		0.000000	0.000000
B_LL	1.000000	0.000000		0.000000
B_SC	0.000000	0.000000	0.000000	



Anexo A2.16. Distribución de Temperatura (°C) entre los grupos A-LL, A-SC, B-LL y B-SC.

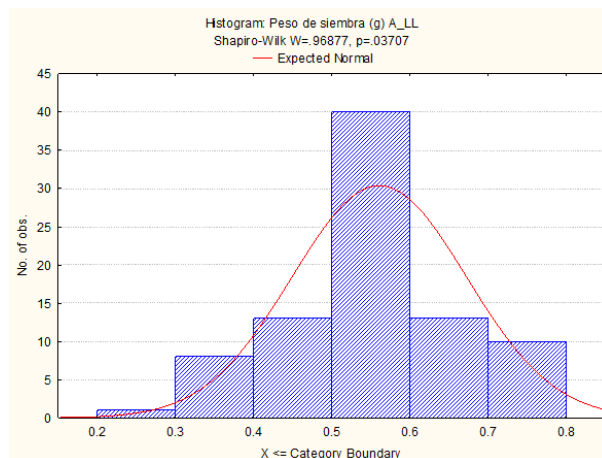
Anexo A2.17. Comparaciones múltiples de rangos medios para Oxígeno disuelto (mg/L). Kruskal-Wallis: $H = 97,20145$; $N = 620$; $p < 0,001$

	A_LL	A_SC	B_LL	B_SC
A_LL		0.000000	0.003518	0.000000
A_SC	0.000000		0.002572	0.084732
B_LL	0.003518	0.002572		0.000000
B_SC	0.000000	0.084732	0.000000	

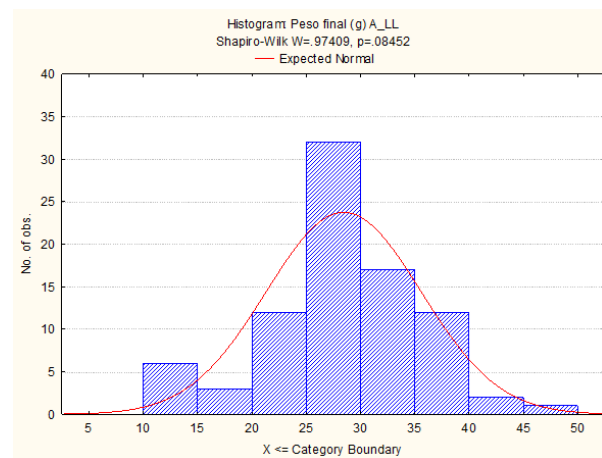


Anexo A2.18. Distribución de Oxígeno disuelto (mg/L) entre los grupos A-LL, A-SC, B-LL y B-SC.

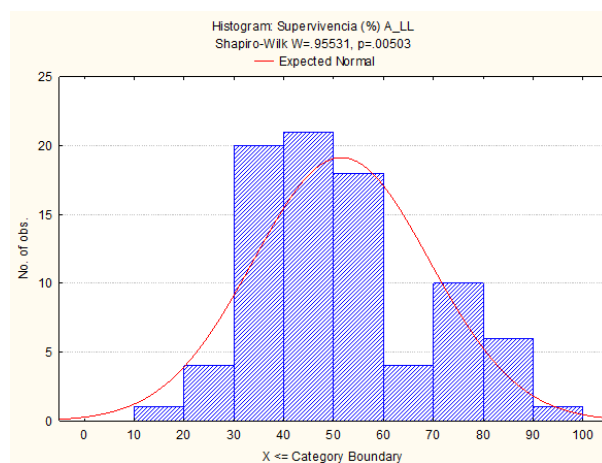
Anexo 3. Análisis de normalidad de los datos productivos



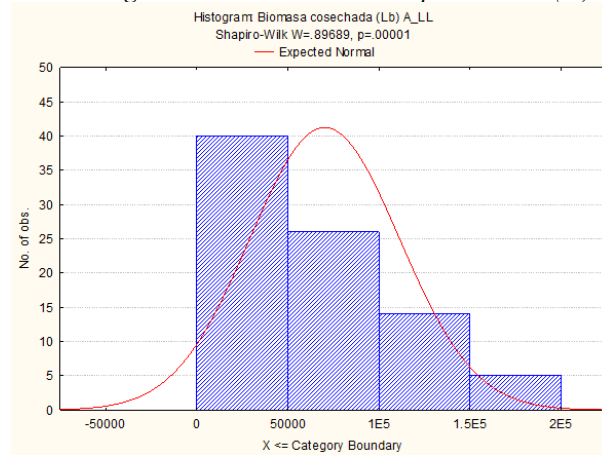
Anexo A3.1. Histograma de normalidad de Peso de siembra (g) en A-LL.



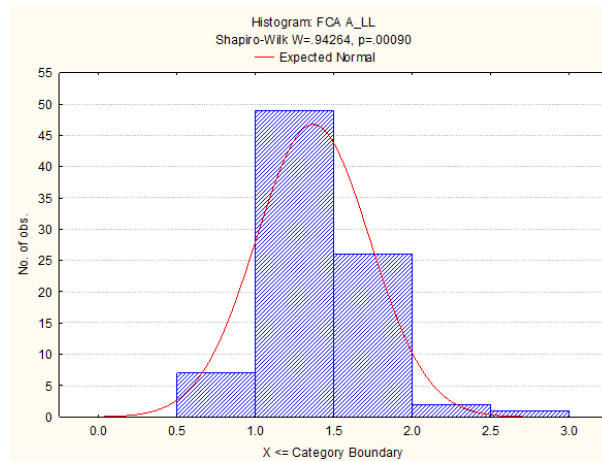
Anexo A3.2. Histograma de normalidad de Peso final (g) en A-LL.



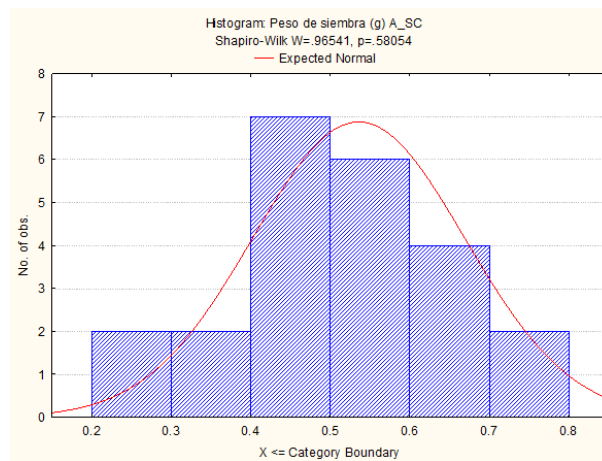
Anexo A3.3. Histograma de normalidad de Supervivencia (%) en A-LL.



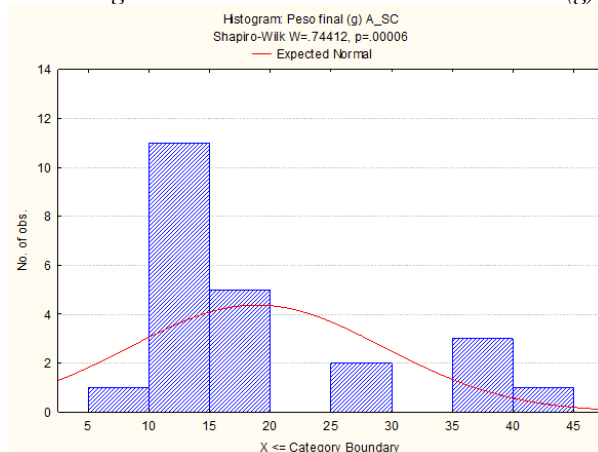
Anexo A3.4. Histograma de normalidad de Biomasa cosechada (lb) en A-LL.



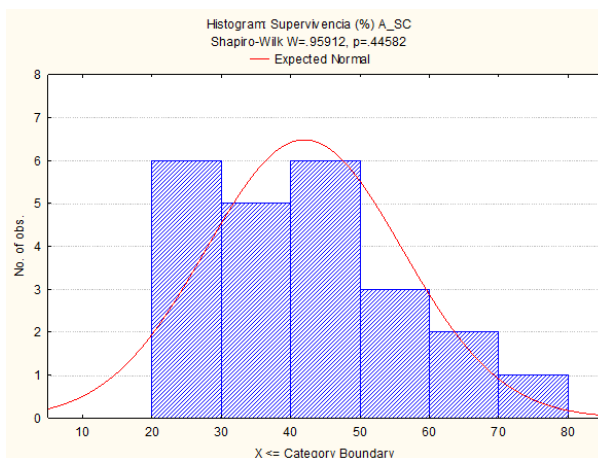
Anexo A3.5. Histograma de normalidad de FCA en A-LL.



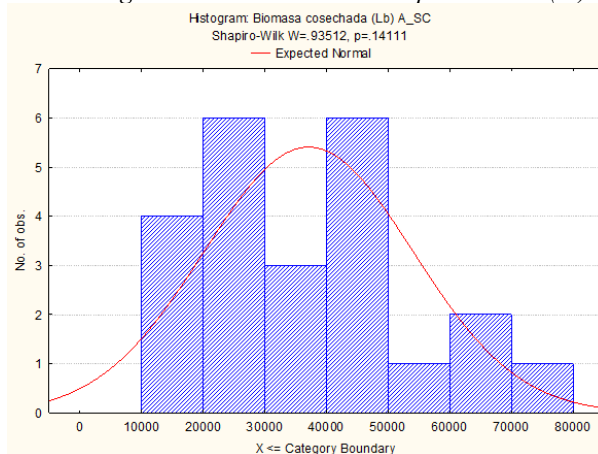
Anexo A3.6. Histograma de normalidad de Peso de siembra (g) en A-SC.



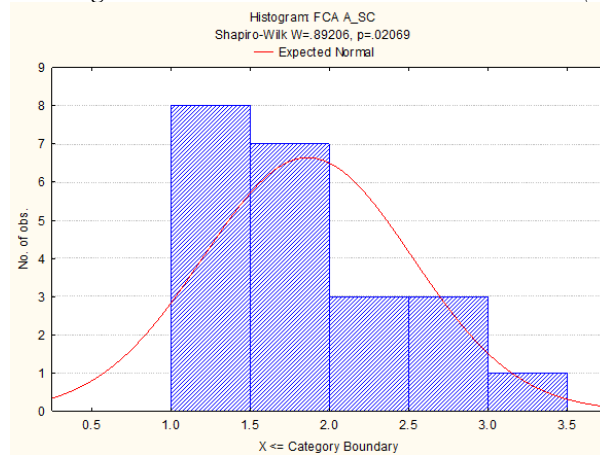
Anexo A3.7. Histograma de normalidad de Peso final (g) en A-SC.



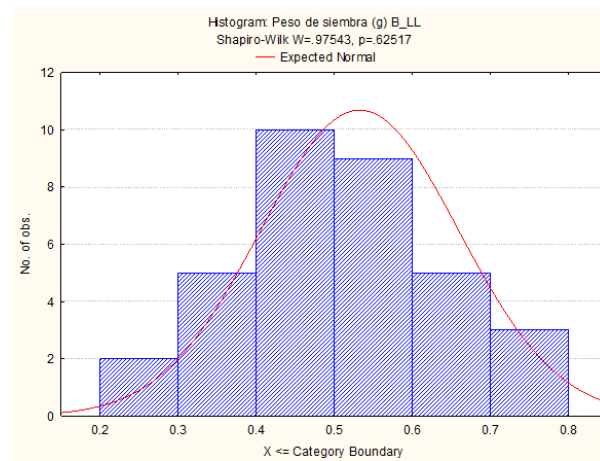
Anexo A3.8. Histograma de normalidad de Supervivencia (%) en A-SC.



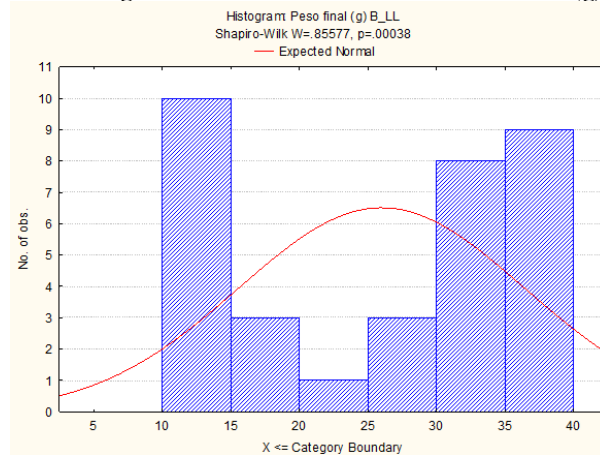
Anexo A3.9. Histograma de normalidad de Biomasa cosechada (lb) en A-SC.



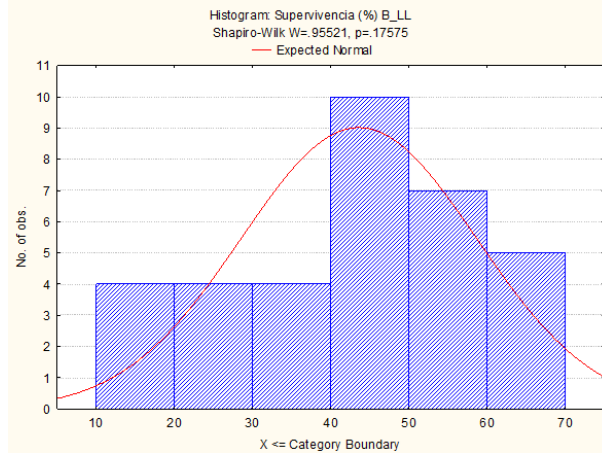
Anexo A3.10. Histograma de normalidad de FCA en A-SC.



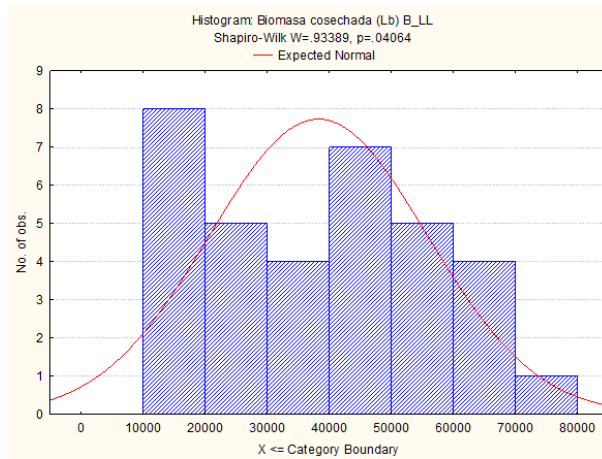
Anexo A3.11. Histograma de normalidad de Peso de siembra (g) en B-LL.



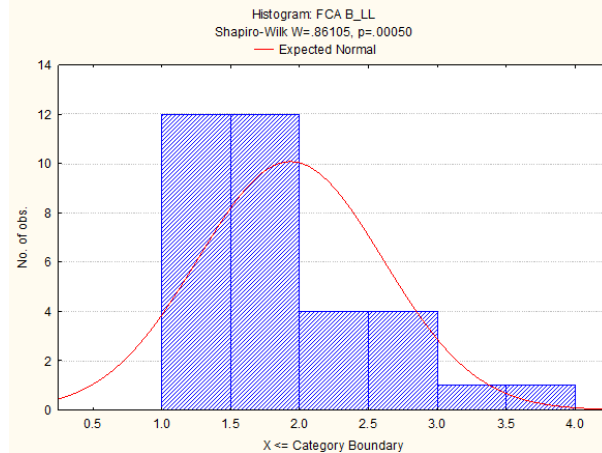
Anexo A3.12. Histograma de normalidad de Peso final (g) en B-LL.



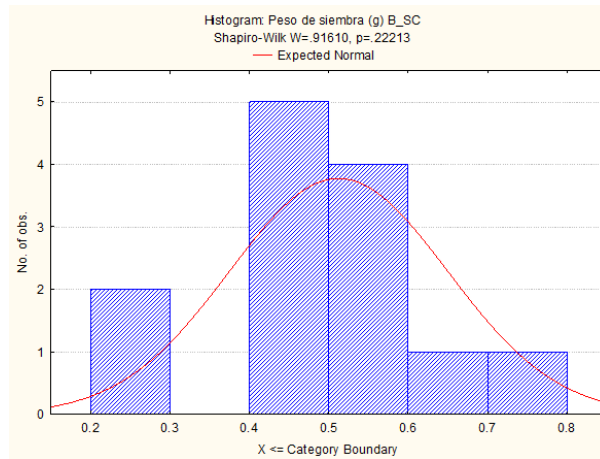
Anexo A3.13. Histograma de normalidad de Supervivencia (%) en B-LL.



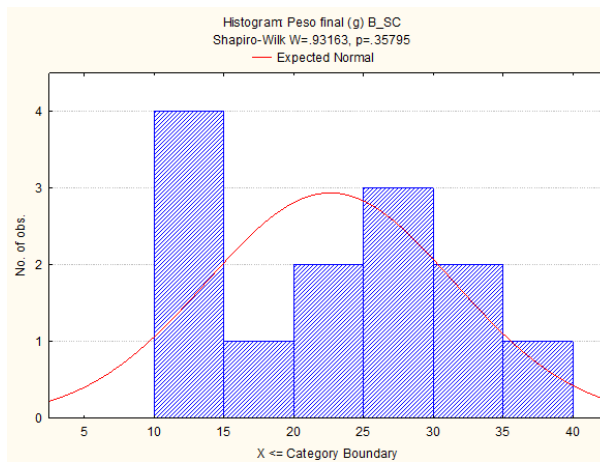
Anexo A3.14. Histograma de normalidad de Biomasa cosechada (lb) en B-LL.



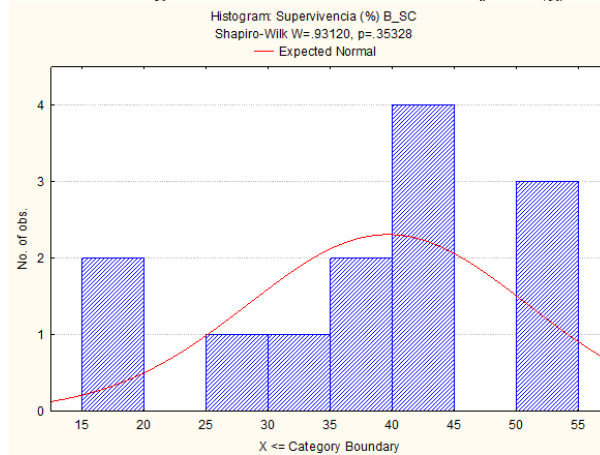
Anexo A3.15. Histograma de normalidad de FCA en B-LL.



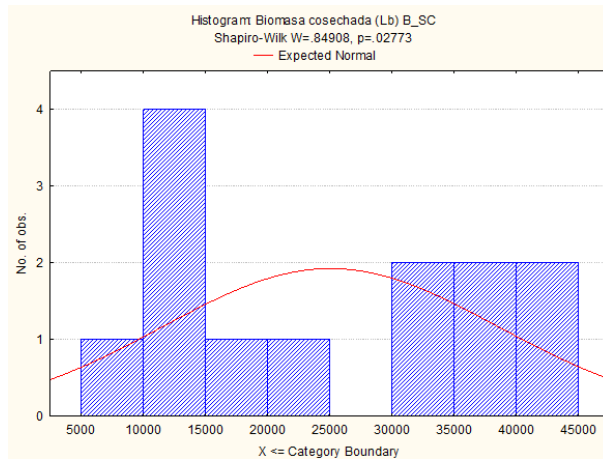
Anexo A3.16. Histograma de normalidad de Peso de siembra (g) en B-SC.



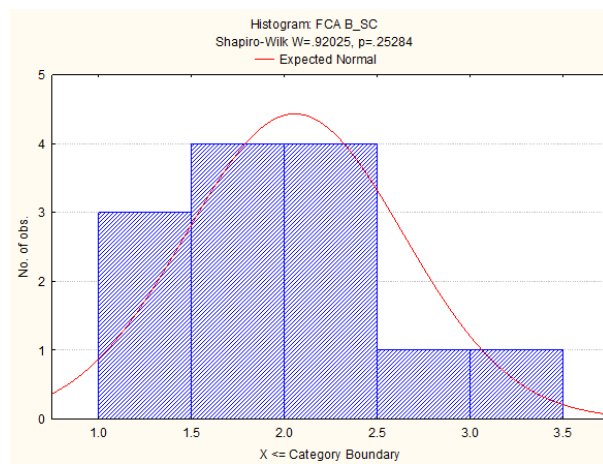
Anexo A3.17. Histograma de normalidad de Peso final (g) en B-SC.



Anexo A3.18. Histograma de normalidad de Supervivencia (%) en B-SC.



Anexo A3.19. Histograma de normalidad de Biomasa cosechada (lb) en B-SC.

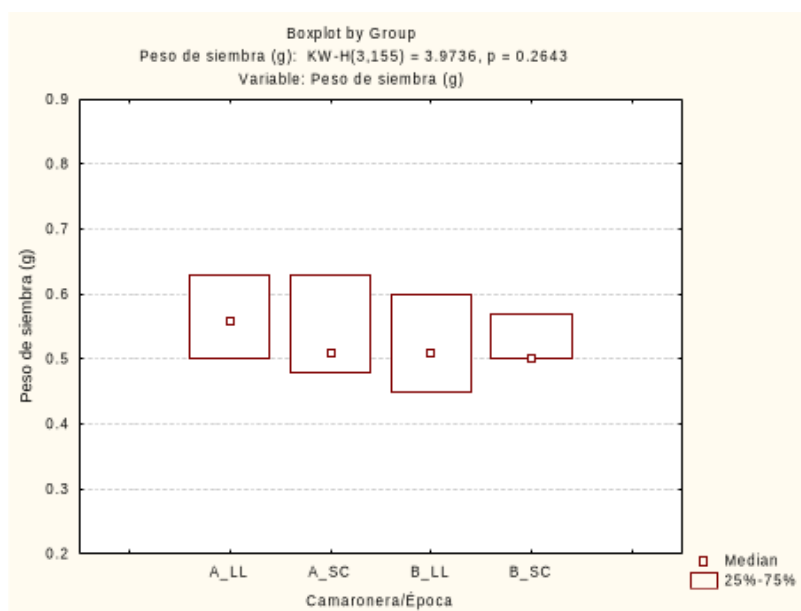


Anexo A3.20. Histograma de normalidad de FCA en B-SC.

Anexo 4. Prueba de Kruskal-Wallis de los datos productivos

Anexo A4.1. Comparaciones múltiples de rangos medios para Peso de siembra (g). Kruskal-Wallis: $H = 3,973577$; $N = 155$; $p = ,2643$

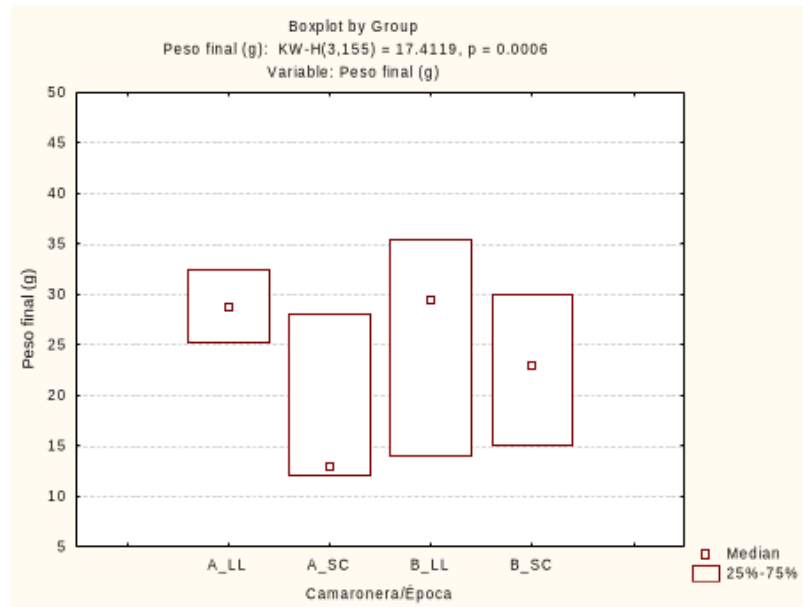
	A_LL	A_SC	B_LL	B_SC
A_LL		1.000000	0.895744	0.881731
A_SC	1.000000		1.000000	1.000000
B_LL	0.895744	1.000000		1.000000
B_SC	0.881731	1.000000	1.000000	



Anexo A4.2. Distribución de Peso de siembra (g) entre los grupos A-LL, A-SC, B-LL y B-SC.

Anexo A4.3. Comparaciones múltiples de rangos medios para Peso final (g). Kruskal-Wallis: $H = 17,41190$; $N = 155$; $p = ,0006$

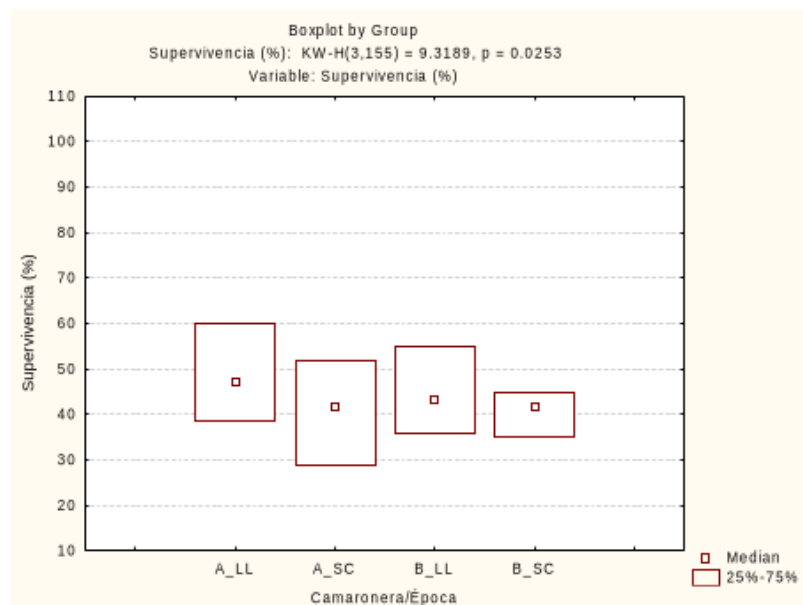
	A_LL	A_SC	B_LL	B_SC
A_LL		0.000582	1.000000	0.243939
A_SC	0.000582		0.026935	1.000000
B_LL	1.000000	0.026935		0.946744
B_SC	0.243939	1.000000	0.946744	



Anexo A4.4. Distribución de Peso final (g) entre los grupos A-LL, A-SC, B-LL y B-SC.

Anexo A4.5. Comparaciones múltiples de rangos medios para Supervivencia (%). Kruskal-Wallis: $H = 9,295457$; $N = 155$; $p = ,0256$

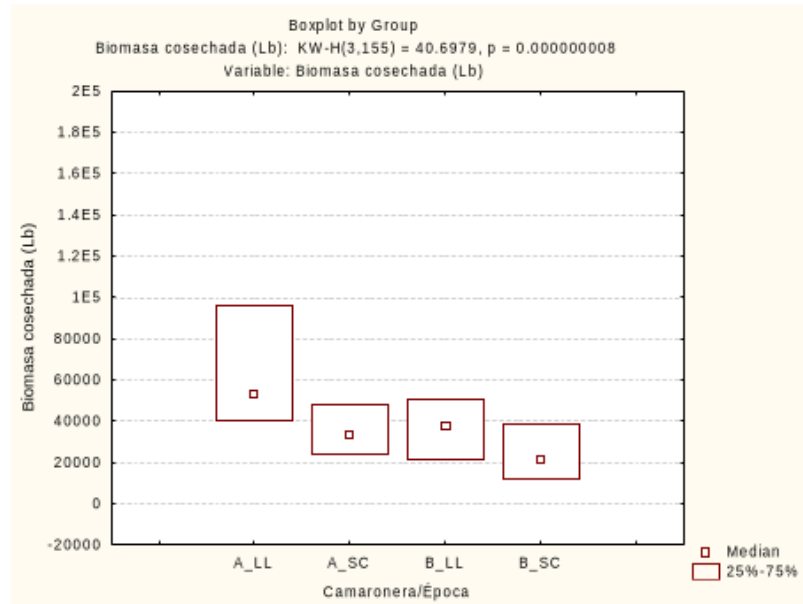
	A_LL	A_SC	B_LL	B_SC
A_LL		0.155692	0.427687	0.182367
A_SC	0.155692		1.000000	1.000000
B_LL	0.427687	1.000000		1.000000
B_SC	0.182367	1.000000	1.000000	



Anexo A4.6. Distribución de Supervivencia (%) entre los grupos A-LL, A-SC, B-LL y B-SC.

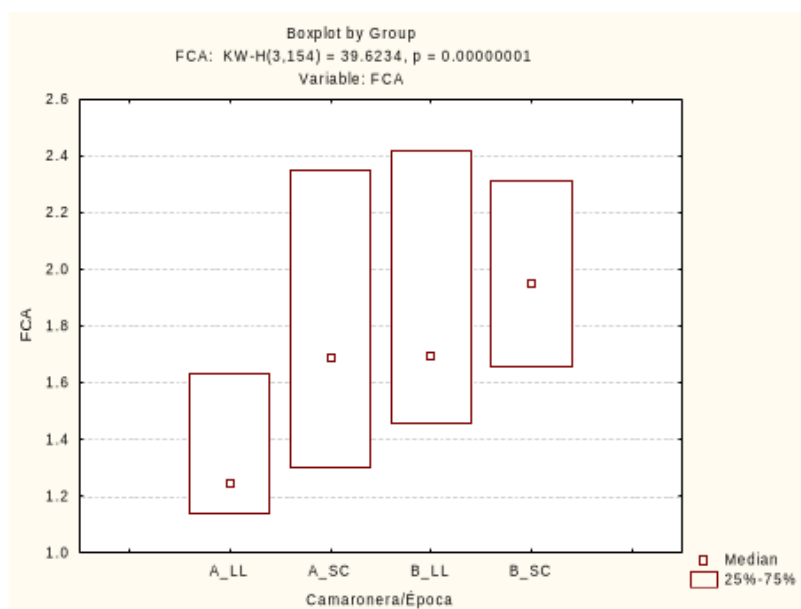
Anexo A4.7. Comparaciones múltiples de rangos medios para Biomasa cosechada (Lb). Kruskal-Wallis: $H = 40,69790$; $N = 155$; $p < 0,001$

	A_LL	A_SC	B_LL	B_SC
A_LL		0.000582	0.000298	0.000004
A_SC	0.000582		1.000000	0.628536
B_LL	0.000298	1.000000		0.265852
B_SC	0.000004	0.628536	0.265852	



Anexo A4.8. Distribución de Biomasa cosechada (Lb) entre los grupos A-LL, A-SC, B-LL y B-SC. Anexo A4.9. Comparaciones múltiples de rangos medios para FCA. Kruskal-Wallis: $H = 39,62343$; $N = 154$; $p < 0,001$

	A_LL	A_SC	B_LL	B_SC
A_LL		0.002310	0.000005	0.000126
A_SC	0.002310		1.000000	1.000000
B_LL	0.000005	1.000000		1.000000
B_SC	0.000126	1.000000	1.000000	



Anexo A4.10. Distribución de FCA entre los grupos A-LL, A-SC, B-LL y B-SC.

Anexo 5. Correlaciones de Spearman entre parámetros fisicoquímicos e indicadores productivos

Anexo A5.1. Correlaciones de Spearman entre parámetros fisicoquímicos e indicadores productivos para A-LL.

	Spearman	t(N-2)	p-level
Peso final (g) A_LL & Salinidad (ppt) A_LL	-0.043996	-0.40121	0.689296
Peso final (g) A_LL & pH A_LL	0.261782	2.47112	0.5585
Peso final (g) A_LL & PO4 (mg/L) A_LL	0.009435	0.08597	0.931701
Peso final (g) A_LL & CaCO3 (mg/L) A_LL	0.012963	0.11811	0.906264
Peso final (g) A_LL & NO2 (mg/L) A_LL	0.068077	0.62166	0.535873
Peso final (g) A_LL & TAN (mg/L) A_LL	0.019075	0.17382	0.862434
Peso final (g) A_LL & NH3 (mg/L) A_LL	0.036423	0.33205	0.740691
Peso final (g) A_LL & Temperatura (°C) A_LL	-0.080802	-0.73856	0.462260
Peso final (g) A_LL & Oxígeno (mg/L) A_LL	-0.051830	-0.47283	0.637576
Supervivencia (%) A_LL & Salinidad (ppt) A_LL	0.126641	1.16312	0.248116
Supervivencia (%) A_LL & pH A_LL	-0.095293	-0.87213	0.385653
Supervivencia (%) A_LL & PO4 (mg/L) A_LL	-0.029339	-0.26741	0.789818
Supervivencia (%) A_LL & CaCO3 (mg/L) A_LL	-0.114097	-1.04631	0.298455
Supervivencia (%) A_LL & NO2 (mg/L) A_LL	0.086138	0.78768	0.433127
Supervivencia (%) A_LL & TAN (mg/L) A_LL	-0.055851	-0.50963	0.611666
Supervivencia (%) A_LL & NH3 (mg/L) A_LL	-0.017851	-0.16265	0.871185
Supervivencia (%) A_LL & Temperatura (°C) A_LL	0.086826	0.79402	0.429447
Supervivencia (%) A_LL & Oxígeno (mg/L) A_LL	0.149131	1.37402	0.173136
Biomasa final (Lb) A_LL & Salinidad (ppt) A_LL	0.143690	1.32281	0.189532
Biomasa final (Lb) A_LL & pH A_LL	-0.057419	-0.52398	0.601691
Biomasa final (Lb) A_LL & PO4 (mg/L) A_LL	0.159760	1.47442	0.144152
Biomasa final (Lb) A_LL & CaCO3 (mg/L) A_LL	-0.045114	-0.41143	0.681819
Biomasa final (Lb) A_LL & NO2 (mg/L) A_LL	0.048205	0.43968	0.661311
Biomasa final (Lb) A_LL & TAN (mg/L) A_LL	0.036193	0.32995	0.742268
Biomasa final (Lb) A_LL & NH3 (mg/L) A_LL	0.042195	0.38476	0.701403
Biomasa final (Lb) A_LL & Temperatura (°C) A_LL	-0.111658	-1.02365	0.308975
Biomasa final (Lb) A_LL & Oxígeno (mg/L) A_LL	-0.033964	-0.30961	0.757637
FCA A_LL & Salinidad (ppt) A_LL	-0.145280	-1.33776	0.184630
FCA A_LL & pH A_LL	0.170728	1.57858	0.118236
FCA A_LL & PO4 (mg/L) A_LL	0.111194	1.01935	0.311000
FCA A_LL & CaCO3 (mg/L) A_LL	-0.090893	-0.83151	0.408069
FCA A_LL & NO2 (mg/L) A_LL	-0.048681	-0.44404	0.658172
FCA A_LL & TAN (mg/L) A_LL	0.157375	1.45185	0.150313
FCA A_LL & NH3 (mg/L) A_LL	-0.158732	-1.46468	0.146785
FCA A_LL & Temperatura (°C) A_LL	-0.076404	-0.69812	0.487056
FCA A_LL & Oxígeno (mg/L) A_LL	-0.067961	-0.62059	0.536572

Anexo A5.2. Correlaciones de Spearman entre parámetros fisicoquímicos e indicadores productivos para A-SC.

	Spearman	t(N-2)	p-level
Peso final (g) A_SC & Salinidad (ppt) A_SC	-0.000688	-0.00315	0.997514
Peso final (g) A_SC & pH A_SC	-0.196313	-0.91747	0.369314
Peso final (g) A_SC & PO4 (mg/L) A_SC	-0.100495	-0.46287	0.648219
Peso final (g) A_SC & CaCO3 (mg/L) A_SC	0.119683	0.55243	0.586487
Peso final (g) A_SC & NO2 (mg/L) A_SC	-0.006742	-0.03090	0.975644
Peso final (g) A_SC & TAN (mg/L) A_SC	0.351003	1.71780	0.100546
Peso final (g) A_SC & NH3 (mg/L) A_SC	-0.328713	-1.59499	0.125656
Peso final (g) A_SC & Temperatura (°C) A_SC	0.223655	1.05156	0.304954
Peso final (g) A_SC & Oxígeno (mg/L) A_SC	0.285291	1.36405	0.186993
Supervivencia (%) A_SC & Salinidad (ppt) A_SC	-0.331998	-1.61289	0.121696
Supervivencia (%) A_SC & pH A_SC	-0.189007	-0.88204	0.387742
Supervivencia (%) A_SC & PO4 (mg/L) A_SC	-0.037909	-0.17385	0.863652
Supervivencia (%) A_SC & CaCO3 (mg/L) A_SC	-0.051980	-0.23853	0.813785
Supervivencia (%) A_SC & NO2 (mg/L) A_SC	-0.060737	-0.27885	0.783090
Supervivencia (%) A_SC & TAN (mg/L) A_SC	0.475081	2.47413	0.3955
Supervivencia (%) A_SC & NH3 (mg/L) A_SC	-0.082755	-0.38054	0.707369
Supervivencia (%) A_SC & Temperatura (°C) A_SC	0.015140	0.06939	0.945336
Supervivencia (%) A_SC & Oxígeno (mg/L) A_SC	-0.175699	-0.81788	0.422610
Biomasa final (Lb) A_SC & Salinidad (ppt) A_SC	-0.372680	-1.84042	0.079883
Biomasa final (Lb) A_SC & pH A_SC	0.165220	0.76768	0.451223
Biomasa final (Lb) A_SC & PO4 (mg/L) A_SC	0.232501	1.09547	0.285715
Biomasa final (Lb) A_SC & CaCO3 (mg/L) A_SC	0.019768	0.09060	0.928665
Biomasa final (Lb) A_SC & NO2 (mg/L) A_SC	-0.002495	-0.01143	0.990985
Biomasa final (Lb) A_SC & TAN (mg/L) A_SC	0.119802	0.55299	0.586113
Biomasa final (Lb) A_SC & NH3 (mg/L) A_SC	0.053426	0.24518	0.808699
Biomasa final (Lb) A_SC & Temperatura (°C) A_SC	-0.079782	-0.36678	0.717455
Biomasa final (Lb) A_SC & Oxígeno (mg/L) A_SC	-0.147233	-0.68214	0.502605
FCA A_SC & Salinidad (ppt) A_SC	0.275176	1.31166	0.203796
FCA A_SC & pH A_SC	0.316370	1.52829	0.141365
FCA A_SC & PO4 (mg/L) A_SC	-0.273695	-1.30402	0.206341
FCA A_SC & CaCO3 (mg/L) A_SC	-0.001483	-0.00680	0.994641
FCA A_SC & NO2 (mg/L) A_SC	-0.122821	-0.56713	0.576637
FCA A_SC & TAN (mg/L) A_SC	-0.492076	-2.59028	0.3955
FCA A_SC & NH3 (mg/L) A_SC	0.096263	0.44319	0.662159
FCA A_SC & Temperatura (°C) A_SC	0.008180	0.03749	0.970449
FCA A_SC & Oxígeno (mg/L) A_SC	0.089471	0.41166	0.684761

Anexo A5.3. Correlaciones de Spearman entre parámetros fisicoquímicos e indicadores productivos para B-LL.

	Spearman	t(N-2)	p-level
Peso final (g) B_LL & Salinidad (ppt) B_LL	0.013863	0.07843	0.937977
Peso final (g) B_LL & pH B_LL	0.282221	1.66413	0.105850
Peso final (g) B_LL & PO4 (mg/L) B_LL	0.212308	1.22902	0.228027
Peso final (g) B_LL & CaCO3 (mg/L) B_LL	0.063761	0.36142	0.720159
Peso final (g) B_LL & NO2 (mg/L) B_LL	0.033177	0.18778	0.852235
Peso final (g) B_LL & TAN (mg/L) B_LL	-0.097055	-0.55163	0.585035
Peso final (g) B_LL & NH3 (mg/L) B_LL	-0.173388	-0.99591	0.326764
Peso final (g) B_LL & Temperatura (°C) B_LL	-0.141798	-0.81032	0.423742
Peso final (g) B_LL & Oxígeno (mg/L) B_LL	-0.168279	-0.96570	0.341436
Supervivencia (%) B_LL & Salinidad (ppt) B_LL	-0.120590	-0.68718	0.496922
Supervivencia (%) B_LL & pH B_LL	0.092446	0.52520	0.603064
Supervivencia (%) B_LL & PO4 (mg/L) B_LL	-0.197047	-1.13696	0.263998
Supervivencia (%) B_LL & CaCO3 (mg/L) B_LL	0.096620	0.54913	0.586725
Supervivencia (%) B_LL & NO2 (mg/L) B_LL	-0.154709	-0.88583	0.382318
Supervivencia (%) B_LL & TAN (mg/L) B_LL	0.154029	0.88184	0.384437
Supervivencia (%) B_LL & NH3 (mg/L) B_LL	0.227099	1.31913	0.196486
Supervivencia (%) B_LL & Temperatura (°C) B_LL	-0.088901	-0.50490	0.617089
Supervivencia (%) B_LL & Oxígeno (mg/L) B_LL	0.207007	1.19694	0.240124
Biomasa final (Lb) B_LL & Salinidad (ppt) B_LL	0.184746	1.06339	0.295565
Biomasa final (Lb) B_LL & pH B_LL	0.255595	1.49554	0.144571
Biomasa final (Lb) B_LL & PO4 (mg/L) B_LL	0.399251	2.46335	0.06958
Biomasa final (Lb) B_LL & CaCO3 (mg/L) B_LL	0.027026	0.15294	0.879409
Biomasa final (Lb) B_LL & NO2 (mg/L) B_LL	0.136581	0.77993	0.441166
Biomasa final (Lb) B_LL & TAN (mg/L) B_LL	-0.113240	-0.64473	0.523699
Biomasa final (Lb) B_LL & NH3 (mg/L) B_LL	-0.143833	-0.82219	0.417053
Biomasa final (Lb) B_LL & Temperatura (°C) B_LL	-0.081449	-0.46228	0.647006
Biomasa final (Lb) B_LL & Oxígeno (mg/L) B_LL	0.000229	0.00130	0.998973
FCA B_LL & Salinidad (ppt) B_LL	-0.213821	-1.23819	0.224654
FCA B_LL & pH B_LL	-0.185178	-1.06596	0.294417
FCA B_LL & PO4 (mg/L) B_LL	-0.173547	-0.99686	0.326312
FCA B_LL & CaCO3 (mg/L) B_LL	-0.179198	-1.03037	0.310559
FCA B_LL & NO2 (mg/L) B_LL	-0.038963	-0.22058	0.826823
FCA B_LL & TAN (mg/L) B_LL	-0.050728	-0.28733	0.775711
FCA B_LL & NH3 (mg/L) B_LL	0.060732	0.34419	0.732958
FCA B_LL & Temperatura (°C) B_LL	0.137823	0.78716	0.436981
FCA B_LL & Oxígeno (mg/L) B_LL	0.116905	0.66588	0.510260

Anexo A5.4. Correlaciones de Spearman entre parámetros fisicoquímicos e indicadores productivos para B-SC.

	Spearman	t(N-2)	p-level
Peso final (g) B_SC & Salinidad (ppt) B_SC	0.424918	1.55683	0.147796
Peso final (g) B_SC & pH B_SC	0.261348	0.89800	0.388416
Peso final (g) B_SC & PO4 (mg/L) B_SC	0.134801	0.45120	0.660610
Peso final (g) B_SC & CaCO3 (mg/L) B_SC	0.079780	0.26545	0.795574
Peso final (g) B_SC & NO2 (mg/L) B_SC	-0.024759	-0.08214	0.936009
Peso final (g) B_SC & TAN (mg/L) B_SC	0.449036	1.66677	0.123748
Peso final (g) B_SC & NH3 (mg/L) B_SC	0.341128	1.20359	0.254011
Peso final (g) B_SC & Temperatura (°C) B_SC	-0.380037	-1.36268	0.200230
Peso final (g) B_SC & Oxígeno (mg/L) B_SC	0.696012	3.21492	0.204500
Supervivencia (%) B_SC & Salinidad (ppt) B_SC	0.425505	1.55946	0.147177
Supervivencia (%) B_SC & pH B_SC	0.016529	0.05483	0.957259
Supervivencia (%) B_SC & PO4 (mg/L) B_SC	0.082645	0.27504	0.788381
Supervivencia (%) B_SC & CaCO3 (mg/L) B_SC	0.311296	1.08643	0.300521
Supervivencia (%) B_SC & NO2 (mg/L) B_SC	0.148761	0.49894	0.627652
Supervivencia (%) B_SC & TAN (mg/L) B_SC	-0.191724	-0.64790	0.530342
Supervivencia (%) B_SC & NH3 (mg/L) B_SC	0.049587	0.16466	0.872195
Supervivencia (%) B_SC & Temperatura (°C) B_SC	-0.675010	-3.03433	0.204500
Supervivencia (%) B_SC & Oxígeno (mg/L) B_SC	0.209367	0.71013	0.492403
Biomasa final (Lb) B_SC & Salinidad (ppt) B_SC	0.385758	1.38675	0.192978
Biomasa final (Lb) B_SC & pH B_SC	0.296703	1.03046	0.324922
Biomasa final (Lb) B_SC & PO4 (mg/L) B_SC	0.456044	1.69955	0.117283
Biomasa final (Lb) B_SC & CaCO3 (mg/L) B_SC	-0.142857	-0.47871	0.641516
Biomasa final (Lb) B_SC & NO2 (mg/L) B_SC	-0.175824	-0.59237	0.565580
Biomasa final (Lb) B_SC & TAN (mg/L) B_SC	0.321871	1.12753	0.283513
Biomasa final (Lb) B_SC & NH3 (mg/L) B_SC	0.373626	1.33593	0.208554
Biomasa final (Lb) B_SC & Temperatura (°C) B_SC	-0.432148	-1.58934	0.140291
Biomasa final (Lb) B_SC & Oxígeno (mg/L) B_SC	0.582418	2.37629	0.440900
FCA B_SC & Salinidad (ppt) B_SC	0.308607	1.07606	0.304937
FCA B_SC & pH B_SC	-0.230769	-0.78661	0.448127
FCA B_SC & PO4 (mg/L) B_SC	-0.384615	-1.38193	0.194413
FCA B_SC & CaCO3 (mg/L) B_SC	0.230769	0.78661	0.448127
FCA B_SC & NO2 (mg/L) B_SC	0.076923	0.25588	0.802763
FCA B_SC & TAN (mg/L) B_SC	-0.011004	-0.03650	0.971539
FCA B_SC & NH3 (mg/L) B_SC	0.379121	1.35884	0.201406
FCA B_SC & Temperatura (°C) B_SC	-0.401676	-1.45472	0.173680
FCA B_SC & Oxígeno (mg/L) B_SC	0.032967	0.10940	0.914856