



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
CARRERA DE BIOLOGÍA**

**RELACIÓN ENTRE CALIDAD DE AGUA Y AMONIO
TÓXICO EN UN PERÍODO DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE
CAMARÓN *LITOPENAEUS VANNAMEI* EN SANTA ELENA-
SANTA ELENA**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
Previo a la obtención del título de**

BIÓLOGA

**AUTOR
JESSICA PAOLA LEMA NAVARRO**

**DOCENTE TUTOR
Q.F. MERY RAMÍREZ MUÑOZ, MSc.**

**LA LIBERTAD – ECUADOR
2023**

UNIVERSIDAD ESTATAL

PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA

**RELACIÓN ENTRE CALIDAD DE AGUA Y AMONIO TÓXICO EN UN
PERÍODO DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE CAMARÓN *LITOPENAEUS*
VANNAMEI EN SANTA ELENA-SANTA ELENA**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de

BIÓLOGA

JESSICA PAOLA LEMA NAVARRO

LA LIBERTAD – ECUADOR

2023

UPSE

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme alcanzar una etapa más en mi formación académica.

A mi madre, por ser un pilar importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo sin importar nuestras diferencias de opiniones, sé que siempre está a mi lado para acompañarme a mis triunfos.

A mi padre, que ha estado conmigo siempre y aunque nos faltan muchas cosas por vivir juntos, sé que me seguirá apoyando con todas mis metas e ideas él me acompañará siempre.

A mis hermanos, porque los amo infinitamente, y han sido el motor para seguir adelante y siempre han estado a mi lado sin importar nada. A mis ángeles que son mis protectores que siempre creyeron en mí y en lo que podría alcanzar.

PaLu mi inspiración que me ha llevado a alcanzar cada una de las metas y ha sido mi apoyo y motivación para seguir adelante, te amo.

AGRADECIMIENTO

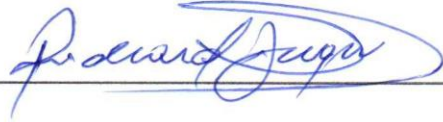
Agradezco a Dios, por bendecirme y protegerme a lo largo de esta etapa y permitirme cumplir uno más de mis objetivos, dándome la sabiduría necesaria para superar cada reto y poder culminar de manera exitosa mi carrera profesional.

Agradezco a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, a su excelente personal académico y autoridades por sus enseñanzas y guías en mi formación académica. A mis profesores, los cuales, mediante su enseñanza y guía, han aportado con sus conocimientos científicos y experiencias.

A la empresa ACUATECSA TEXTCUMAR S.A, por abrirme las puertas de su laboratorio y permitirme realizar mi tema de investigación en sus instalaciones. A mi Profesora la PhD. María Herminia Cornejo que ha sido mi apoyo incondicional y me ha guiado durante toda mi carrera académica.

A la profesora Mery Ramírez por ser mi tutora, brindándome su apoyo, confianza, conocimiento para el desarrollo de la investigación. A todos mis amigos que siempre estuvieron a mi lado siendo mi apoyo en todo momento.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Blgo. Richard Duque Marín, Mgt.

DECANO



Ing. Jimmy Villón Moreno, MSc.

DIRECTOR



Q.F. Mery Ramírez, MSc.

DOCENTE TUTOR



Ac. Sonnya Mendoza. Ph.D.

DOCENTE DE ÁREA



Ab. María Margarita Rivera González, Mgt

SECRETARIA GENERAL-PROCURADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad de los datos, ideas y resultados expuestos en este trabajo de Integración Curricular, me corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma y a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Paola Lema', written over a horizontal line. The signature is stylized and includes a small checkmark at the end.

Jessica Paola Lema Navarro

CI: 1725165011

INDICE

1. RESUMEN.....	18
2. INTRODUCCIÓN.....	20
3. JUSTIFICACIÓN	25
4. OBJETIVO PRINCIPAL	28
5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
6. HIPÓTESIS	29
7. MARCO TEORICO	30
7.1. ACUICULTURA EN ECUADOR	30
7.2. GENERALIDADES DEL CAMARÓN BLANCO <i>LITOPENAEUS</i> <i>VANNAMEI</i>	30
7.3. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.....	30
7.4. ESTADIOS LARVARIOS.....	32
7.5. CALIDAD DE AGUA.....	33
7.6. TEMPERATURA.....	33
7.7. OXÍGENO DISUELTO.....	35
7.8. POTENCIAL DE HIDROGENO (PH)	35
7.9. SALINIDAD (PPT)	37
7.10. ALCALINIDAD	38
7.11. CALCIO - POTASIO - MAGNESIO.....	38

7.12.	AMONIO Y NITRITOS.....	39
7.13.	NITRÓGENO AMONIAL TOTAL	40
7.14.	AMONIO TOXICO.....	40
7.15.	CICLO DEL NITRÓGENO	41
7.16.	CALIDAD DE AGUA DATOS REFERENCIALES.....	42
7.17.	BALANCE IÓNICO.....	43
8.	MARCO METODOLÓGICO.....	45
8.1	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	45
8.2	TRABAJO DE CAMPO	45
8.3	MUESTREO DE PARÁMETROS	47
8.3.1	PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS	47
8.3.1.1	TEMPERATURA.....	48
8.3.1.2	POTENCIAL DE HIDROGENO (PH).....	48
8.3.1.3	SALINIDAD	49
8.4	TRABAJO DE LABORATORIO.....	50
8.4.1	DUREZA DE CALCIO	53
8.4.2	MAGNESIO	54
8.4.3	POTASIO	54
8.4.4	NITRATO.....	55
8.4.5	AMONIO	55

8.4.6	ALCALINIDAD.....	56
8.5	ANÁLISIS DE DATOS.....	56
8.5.1	RELACIÓN TEMPERATURA, PH Y SALINIDAD.....	56
8.6	CALIDAD DE AGUA.....	57
8.6.1	RELACIÓN DE CALCIO – MAGNESIO - POTASIO.....	57
8.6.2	RELACIÓN CON NITRÓGENO.....	58
8.6.3	DETERMINAR EL NITRÓGENO AMONIACAL TOTAL.....	59
8.7	CÁLCULO DEL AMONIO TÓXICO.....	61
8.8	SUPERVIVENCIA.....	65
8.9	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	66
8.9.1	PRUEBA DE SHAPIRO-WILKS.....	68
8.9.2	IBM SPSS STATICS.....	69
8.9.3	MAPAS DE RELACIONES SPSS.....	69
9.	ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	71
9.1	PRUEBA DE NORMALIDAD.....	71
9.2	CORRELACIÓN DEL AMONIO CON LAS VARIABLES FÍSICO - QUÍMICAS.....	72
9.3	RELACIÓN ENTRE VARIABLES.....	74
10.	DISCUSIONES, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	83
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	91

12. ANEXOS97

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Camarón blanco <i>Penaeus vannamei</i>	31
Figura 2. Ciclo del nitrógeno en una piscina (dibujo simplificado) Fuente: (FAO, 2020)	41
Figura 3. Referencia geográfica del área de estudio: Laboratorio ACUATECSA TEXCUMAR S.A. San Pablo (Google Earth®, 2022).	45
Figura 4 Mapa de relación global entre los cuatro tanques de muestreo.....	75
Figura 5 Mapa de relación del Tanque 22	76
Figura 6 Mapa de relación de Tanque 30	77
Figura 7 Mapa de relación del Tanque 32	78
Figura 8 Procesos incluidos en la excreción de amonio en las células de las branquias de los crustáceos (Energía).....	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Etapas las Larvas de <i>Litopenaeus vannamei</i> (Camarón blanco)	32
Tabla 2 Rangos de parámetros de calidad de agua con diferentes autores	42
Tabla 3. Condiciones fisicoquímicas recomendadas para el cultivo de <i>Litopenaeus</i> <i>vannamei</i> (Camarón blanco) en estanques de larvicultura.	47
Tabla 4. Influencia del pH en el camarón.....	49
Tabla 5 Rangos óptimos y de tolerancia a salinidad para <i>P. vannamei</i>	50
Tabla 6 Rango de valores aceptables en una muestra de calidad de agua para el cultivo de <i>Litopenaeus vannamei</i>	51
Tabla 7 Diseño experimental del muestreo de iones, parámetros químicos.....	52

Tabla 8 Diseño experimental de los parámetros físicos y químicos.....	53
Tabla 9 Relación de los iones Ca, Mg y K.	58
Tabla 10. Ejemplo de resultados de Calidad de Agua.....	58
Tabla 11 Grado de relación según coeficiente de correlación.....	68
Tabla 12 Prueba de Normalidad de Shapiro - Wilk.....	71
Tabla 13. Resultados estadísticos de correlación simplificados de las variables de calidad de agua y amonio toxico	74
Tabla 14. <i>Rango de parámetros de calidad de agua en relación con la salinidad.</i>	80
Tabla 15 Resultados completos (expandidos) de la correlación de Pearson de todos los parámetros de calidad de agua con el amonio toxico.	103

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Laboratorio ACUATEXA área de larvicultura de camarón donde se realizaron la toma de los parámetros físico-químicos y toma de muestras para calidad de agua de Paola Lema. (Laboratorio ACUATEXA,2023)	97
Fotografía 2. Recolecta de muestras para realizar el análisis de iones de calidad de agua en el laboratorio de larvicultura de camarón de Paola Lema. (Laboratorio ACUATEXA,2023).....	97
Fotografía 3 Toma de parámetros de Temperatura y Oxígeno Disuelto en el laboratorio de larvicultura de larvas de Paola Lema. (Laboratorio ACUATEXA,2023)	98
Fotografía 4 Materiales y muestras de agua para el análisis de iones de calidad de agua que se utilizaron en la metodología de Paola Lema. (Laboratorio ACUATEXA,2023)	98

Fotografía 5 Toma de muestras para realizar las diferentes diluciones para el análisis de calidad de agua que se utilizaron en la metodología de Paola Lema. (Laboratorio ACUATEXA,2023).....	99
Fotografía 6 Ejemplo de color del análisis del ion calcio para determinar la calidad de agua de Paola Lema. (Laboratorio ACUATEXA,2023)	99
Fotografía 7 Materiales del laboratorio de Microbiología donde se realizó el análisis de calidad de agua de Paola Lema. (Laboratorio ACUATEXA,2023)	100
Fotografía 8 Observación microscópica de las larvas de camarón en estadio de P13 del área de Larvicultura de Paola Lema. (Laboratorio ACUATEXA,2023).....	100
Fotografía 9 . Observación macroscópica de las larvas de camarón para determinar el Pelegrano del área de Larvicultura de Paola Lema. (Laboratorio ACUATEXA,2023)	101
Fotografía 10 Toma de parámetros de Temperatura y Oxígeno Disuelto en el laboratorio de larvicultura de larvas de Paola Lema. (Laboratorio ACUATEXA,2023)	101
Fotografía 11 De la tabla de alimentación y la frecuencia de esta en todo el periodo de muestreo de Paola Lema. (Laboratorio ACUATEXA,2023).	102
Fotografía 12 Recolección de los parámetros de físico-químicos y de los resultados de los iones de Paola Lema. (Laboratorio ACUATEXA,2023).....	102

GLOSARIO Y SIMBOLOGÍA

Miligramo (mg): Milésima parte de un gramo.

Mililitro (mL): Unidad de volumen equivalente a la milésima parte de un litro.

Litro (L): Medida del sistema métrico que se usa para saber el volumen de un líquido.

Partes por millón (ppt): Es la proporción de una concentración de una sustancia con respecto a la concentración de otro.

Potencial de Hidrógeno (pH): Parámetro que indica la concentración de iones de hidrogeno que existe en una solución.

Metro (m): Medición de una distancia o longitud que se simboliza con la letra m.

Miligramo por Litro (mg/L): Es la unidad SI de concentración, que se abrevia como mg/L, aplicada al material disuelto en una solución.

Oxígeno Disuelto (OD): La cantidad afectiva de oxígeno gaseoso encontrada en el agua.

Grados Centígrados (°C): Unidad de medida de la temperatura que coincide con el punto de fusión del agua a presión del nivel del mar con cero.

Toneladas métricas (TM): Unidad de sistema métrico decimal que distingue de las toneladas corta y larga.

Ion de hidrógeno (H⁺): Medida para determinar el grado de alcalinidad o acidez de una disolución o muestra de agua.

Porcentaje (%): Es la proporción tomando como referencia el número 100.

Horas (H): es el tiempo civil que comprende 60 minutos.

Aniones: Ion que tiene carga negativa y procede de un elemento negativo.

Cationes: Ion que tiene carga positiva y procede de un elemento electropositivo.

ABREVIATURAS

AT: Alcalinidad

Ca: Calcio

K: Potasio

Mg: Magnesio

NH₃: Amonio toxico

NH₄: Amonio

NO₂: Nitritos

N₂: nitrógeno atmosférico

TAN: (Nitrógeno amoniacal total)

T°: Temperatura

pH: Potencial de Hidrogeno

PPT: Partes por mil

ESPOL: Escuela Superior Politécnica del Litoral

CENAIM: Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

T1: Tanque uno

T2: Tanque dos

T3: Tanque tres

T4: Tanque Cuatro

OD: Oxígeno Disuelto

mEq: miliequivalentes

1. RESUMEN

La camaronicultura en el Ecuador representa a una industria con un crecimiento exponencial. Se estima que en Santa Elena se encuentra el 40% de producción de larvas de camarón del país, por ello la importancia de analizar la calidad de agua donde se desarrollan los organismos. El objetivo de la investigación fue determinar la correlación de la calidad de agua en relación con el amonio tóxico de *Litopenaeus vannamei* y su relación con la supervivencia, en la empresa ACUATECSA, en la provincia de Santa Elena. Para ello se utilizó 4 tanques de producción larvaria desde su etapa inicial Nauplio 5 (N5), efectuando un previo balance iónico del agua de cultivo, se evaluó con análisis fisicoquímicos y de calidad de agua las variables de amonio, amonio tóxico, nitritos, alcalinidad, salinidad, oxígeno disuelto, pH, calcio, potasio y magnesio, además. Se determinaron los valores referenciales promedio de calidad de agua para cada estadio larvario de camarón y la relación del amonio tóxico con respecto a temperatura, pH y salinidad validando la conexión con la supervivencia final establecida por el laboratorio, en un periodo de producción. Los resultados de correlación entre las variables del amonio presentó una relación considerada perfecta con el TAN ($r=1.000$, $p>.01$), del mismo modo, presentó una relación positiva considerable con la alcalinidad ($r= 0.78$, $p<.05$) seguido del pH ($r= 0.75$, $p>.01$), también presentó una relación positiva media con la salinidad ($r= 0.71$, $p>.01$) y los nitritos ($r= 0.72$, $p<.05$), y, de manera contraria, el calcio ($r= 0.22$, $p<.05$), potasio ($r= 0.23$, $p>.05$) y magnesio ($r= 0.28$, $p>.05$) presentaron las correlaciones más bajas, según el análisis estadístico de Pearson; con supervivencia de 60%, 70%, 90% y 90% correspondiente a cada tanque de producción investigado. Los resultados de calidad de agua brindaron valores que permitieron determinar una relación

alta de los parámetros físico – químicos con el amonio toxico de 0.1mg/L a una temperatura 33°C, salinidad 28 ppt, pH 8.0, relacionándolo a su vez con la supervivencia final de los tanques de producción evaluados. Este estudio resalta la importancia de la calidad del agua en la camaronicultura y su impacto en la supervivencia de *Litopenaeus vannamei*. Los resultados obtenidos proporcionan información valiosa para mejorar las prácticas de cultivo y garantizar un entorno óptimo para el desarrollo de los camarones.

PALABRAS CLAVE: Calidad de agua, cultivo, amonio tóxico, *Litopenaeus vannamei*, sobrevivencia, parámetros físicos-químicos.

2. INTRODUCCIÓN

La acuicultura representa a los sectores productivos con mayor tendencia de crecimiento a nivel mundial, en este ámbito es prioritario tener un crecimiento tecnológico, de innovación y económico. Alrededor del mundo una gran cantidad de países ha reconocido a la acuicultura como un negocio económicamente rentable generando fuentes de trabajo, se prevé un crecimiento de 1,2% anual en la producción mundial de productos acuícolas durante el período de 2021-2030 (FAO, 2020).

Se estima que la producción acuícola mundial alcanzó un récord histórico de 114,5 millones de toneladas de peso vivo en 2018, que representan un valor total de venta de 263.600 millones de USD, la industria camaronera alcanzó 9,4 millones de toneladas que representarían el 8,3% del total generando, con un total de divisas que alcanzan el valor de 69.300 millones de USD (FAO, 2020). La industria camaronera en el Ecuador es el primer rubro no petrolero que genera los mayores ingresos de divisas. Según el Banco Central del Ecuador (BCE) dentro de sus previsiones macroeconómicas de 2021, estiman que la contribución de la industria acuícola en el Ecuador se representara en \$801,45 millones de dólares que equivalen el 0,7% del producto interior bruto (PIB), en el 2018 las exportaciones del sector camaronero alcanzaron una cifra de 3.037,9 millones de dólares (Muños, 2018).

En toda la franja costera ecuatoriana se tienen extensos cultivos de camarón desde los laboratorios de larvas hasta camaroneras, en estos cultivos es esencial tener un correcto manejo de los diferentes parámetros para su correcto desarrollo. ACUATECSA TEXCUMAR S.A. es un laboratorio de producción de larvas de camarón que cuenta con un programa de mejoramiento genético, además produce 720 millones de larvas al mes estas larvas se producen con los más estrictos procesos de selección masiva en su ciclo cerrado (TEXCUMAR, 2019). El programa de mejoramiento genético de TEXCUMAR está basado en parámetros de reproducción, crecimiento, supervivencia y resistencia a enfermedades que incluye análisis individual para IHHNV. Su producción es libre de antibióticos por ello constan con diferentes certificaciones a nivel internacional como son la certificación GLOBALG.A. P y certificación Orgánica (TEXCUMAR, 2019), según la necesidad del cliente final también utilizan probióticos que permiten estabilizar la calidad del agua y sanidad, además manejan los más altos niveles de alimentación con los mejores productos del mercado. Adicionalmente en su ciclo cerrado cuentan con su propio departamento de algas y su propio departamento de microbiología para asegurar el monitoreo constante de calidad de agua y animales, esto permite al laboratorio obtener una larva con excelentes niveles de supervivencia y crecimiento, con un buen desarrollo branquial y resistente a los diferentes ambientes de producción para continuar su ciclo de crecimiento en camaroneras.

La calidad de agua en todo el proceso de producción del camarón es el factor esencial considerando que este es el ambiente donde se desarrollan los organismos desde su estadio inicial hasta la cosecha. En los laboratorios de larvas de camarón la calidad de

agua en los estanques del cultivo tiene un impacto directo con cualquier alteración en parámetros biológicos, físicos y químicos, con el manejo de la mayoría de las labores diarias que se emplean en la producción de camarón se tiene una alteración directa en dichos parámetros. La calidad de agua es un factor crítico cuando se cultiva cualquier organismo acuático, ya que esta puede afectar significativamente los costos de producción y la salud de los organismos (Olivo-Gutiérrez, 2018; Rojas, 2005).

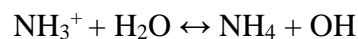
Se puede obtener una mayor productividad y mejorar las ganancias en la industria de la larvicultura de camarón manteniendo las condiciones ambientales, biológicas y fisicoquímicas, adecuadas. De acuerdo con Boyd (2001) los principales parámetros de calidad de agua que se deben considerar para mantener las condiciones adecuadas en el tanque de larvas y obtener un buen crecimiento y sobrevivencia del camarón incluyen: salinidad, temperatura, oxígeno disuelto, pH, alcalinidad, amonio, materia orgánica y nutrientes particularmente como el nitrógeno, calcio, potasio y magnesio. Si no se tiene un control constante y diario de estos parámetros el deterioro de la calidad de agua en los tanques puede afectar gravemente la salud de los camarones a tal punto de poner en riesgo la cosecha entera.

El amonio en aguas superficiales en condiciones normales proviene de la degradación natural de la materia orgánica presente en la naturaleza. Se lo conoce como un componente transitorio en el agua, porque es parte del ciclo del nitrógeno que es influido por la actividad biológica (APHA, 2005), por medio de compuestos orgánicos e

inorgánicos en el agua, resultante de la excreción de biota, reducción del nitrógeno gaseoso en el agua por microorganismos o por intercambio de gases con la atmosfera. La alteración del amonio provoca un ambiente anóxico, desencadenándose una serie de reacciones químicas y microbianas que dan como resultado la disminución de calidad de agua, en casos extremos puede ocasionar la muerte de los organismos que habitan en el ambiente tóxico entre otras consecuencias.

Según Boy, 2001 menciona que la acción tóxica de NH_3 produce efectos biológicos importantes en los organismos como son la destrucción del epitelio branquial, estimulación de la glucólisis y supresión del ciclo de Krebs, inhibición de la producción de ATP y reducción de sus niveles, alteración de la actividad osmorreguladora y disrupción del sistema inmunológico.

El amonio (NH_4^+), se encuentra en equilibrio en el agua con el amoníaco (NH_3) de acuerdo con la reacción siguiente:



La forma dominante está definida por el pH, de manera que a pH elevado domina el amoníaco y con la presencia de un pH bajo se observa la dominancia del amonio, se debe tener en consideración que el amonio toxico es tóxico (Peluso, 2021). El amonio presente en el agua según Boyd (1990), este puede ser la sumatoria de amoníaco y amonio. El amonio a temperaturas bajas es aún más tóxico, y existe un equilibrio entre la cantidad de amonio y amoníaco presente como fracciones molares del contenido total de nitrógeno en el agua.

La lectura de resultados de calidad de agua puede resultar una tarea compleja para los técnicos de laboratorios de larvas, lo que afecta el crecimiento y salud de los organismos cultivados. Factores como gases disueltos, sólidos suspendidos, la concentración de los iones, compuestos orgánicos y microorganismos influyen en la calidad del agua y pueden deteriorarla debido al manejo humano o una mala interpretación de los datos obtenidos en los análisis de calidad de agua.

La variación de parámetros fisicoquímicos puede afectar la calidad del agua y el éxito del cultivo. Actualmente, la obtención de resultados se limita a bitácoras o en los mejores casos a hojas de cálculos, lo que dificulta el análisis sistemático de los datos diarios. Los larvicultores enfrentan presión para interpretar la gran cantidad de datos generados por los equipos espectrofotométricos en un sector que requiere vigilancia constante de los parámetros. Para abordar este desafío, es crucial que los larvicultores puedan visualizar y analizar de manera efectiva los datos diarios, permitiéndoles realizar correcciones futuras, aumentar la productividad y mantener la calidad del agua en los cultivos de larvas de camarón. El uso de hojas de cálculo puede ayudar a determinar si la calidad del agua es adecuada para el cultivo de camarón y facilitar un manejo más eficiente y efectivo del recurso.

3. JUSTIFICACIÓN

La necesidad de evaluar y monitorear el estado de la calidad de agua en los cultivos de larvas de camarón *Litopenaeus vannamei* es de gran aporte y de mucho interés para la propuesta de mejoras en la producción de camarón, considerando que el cultivo de camarón blanco es uno de los productos más rentables en el Ecuador y que ha tenido un crecimiento exponencial. La producción de camarón tiene que ser atendida desde sus primeros estadios larvarios, por lo que es importante realizar la evaluación de la concentración del amonio tóxico entre los diferentes tanques de producción de la larvicultura de camarón del laboratorio ACUATECSA TEXTCUMAR S.A.

Los resultados obtenidos de la evaluación y relación del amonio tóxico con los diferentes iones permitirá optimizar el manejo en la calidad de agua en la larvicultura de *Litopenaeus vannamei* disminuyendo o previniendo las posibles mortalidades y con ello las pérdidas económicas, que pueden interferir en mantener el mercado competitivo en la acuicultura considerando que el control de la calidad de agua es prioritario para mantener la calidad del producto acuícola en el Ecuador y mejorar las tasas de supervivencia, ya que el medio de desarrollo del organismo es el agua por ende necesita una revisión constantes y correcciones siempre en pro de mejorar.

La producción de larvas de camarones requiere el control diario de los parámetros fisicoquímicos y ambientales siendo esenciales en el cultivo y poder tener medidas

preventivas en la producción del cultivo en relación con el amonio tóxico. La determinación de la relación entre calidad de agua y amonio toxico se llevará mediante aplicación de fórmulas matemáticas, químicas y analíticas utilizadas en la presente investigación siendo de gran utilidad en el manejo del cultivo la empresa de larvas de camarón ACUATECSA TEXCUMAR S.A, por ello se entregarán la información en archivos del programa Microsoft Excel con las respectivas fórmulas de análisis utilizadas en esta investigación para que el laboratorio obtenga una medición constante en los parámetros físicos, químicos de la calidad de agua simplificando los procesos de mantener un registro metódico manual en el análisis de los datos recopilados en el periodo de producción para interpretar, modificar y mejorar el manejo del cultivo, minimizando potencialmente los errores humanos y tomar las medidas de prevención necesarias.

La investigación contribuirá en las mejoras continuas de las condiciones de monitoreo de la calidad de agua en el laboratorio de larvas de camarón, en este sentido el aporte brindado hacia los acuicultores es la revisión de los parámetros físicos químico de una forma más eficaz y rápida, atributos importantes en la toma de decisiones. Mantener el amonio toxico en los rangos aceptables y la relación que este mantiene con la calidad del agua en acuicultura es de suma importancia debido a varios motivos fundamentales que afectan directamente la salud y el bienestar de los organismos acuáticos que se cultivan, así como el rendimiento y la productividad general del sistema acuícola.

La salud de las larvas de camarón tiene un impacto directo con los parámetros físicos y químicos como son la concentración de oxígeno disuelto, el amonio tóxico, los niveles de nitritos, el pH y la temperatura, además de los iones como calcio, potasio, magnesio, elementos nitrogenados son críticos para el bienestar de los animales acuáticos.

Mantener estos parámetros y iones dentro de los rangos adecuados asegura que los organismos acuáticos estén en condiciones óptimas para crecer, desarrollarse y evitar enfermedades. Mejorando el crecimiento, ya que las condiciones óptimas del agua influyen directamente en un mejor rendimiento, mejorando la productividad y rentabilidad del sistema acuícola.

La calidad del agua con bajos niveles de amonio tóxico en larvicultura de camarón es crucial para garantizar la salud y el bienestar de los organismos acuáticos, mejora la productividad y rendimiento del sistema acuícola, ayudan a proteger el medio ambiente y además cumplen con las regulaciones nacionales e internacionales. Un manejo cuidadoso de la calidad del agua en relación con el amonio tóxico que es un factor crucial en la camaronicultura y es esencial para el éxito a largo plazo de cualquier operación, un ambiente de agua limpia y bien equilibrada ayuda a prevenir y controlar enfermedades mejorando la supervivencia del cultivo.

4. OBJETIVO PRINCIPAL

Correlacionar la calidad de agua y amonio tóxico en un periodo de producción de larvas *Litopenaeus vannamei* (camarón blanco) mediante la técnica de espectrofotometría permitiendo la medición del porcentaje de la supervivencia en cuatro tanques de producción.

5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Asociar la calidad de agua y el amonio toxico mediante análisis cuantitativo por espectrofotometría.
- Relacionar la temperatura, pH, salinidad con el amonio tóxico a través de los datos obtenidos en un periodo de producción en los cuatro tanques de estudio.
- Comparar los valores teóricos con los valores reales *in situ* de calidad de agua en los tanques de producción de estudio.

6. HIPÓTESIS

H0: Existe relación entre los valores de calidad de agua y amonio tóxico manteniéndose en los rangos óptimos en el periodo de investigación, influenciando a que se cumpla el porcentaje de supervivencia establecido por el laboratorio de larvas.

H1: No existe relación entre los valores de calidad de agua y amonio tóxico son independientes de sus rangos en el periodo de investigación, y esto no tiene influencia significativa en el cumplimiento del porcentaje de supervivencia establecido por el laboratorio de larvas.

7. MARCO TEORICO

7.1. Acuicultura en Ecuador

Ecuador inició el cultivo del camarón de manera fortuita hace aproximadamente medio siglo a partir de entonces, se han establecido alrededor de 220.000 hectáreas de estanques de producción a nivel del País y en Santa Elena representa el 7% del volumen de producción en el país (Crespin, 2021; Piedrahita, 2018) Estas áreas constituyen actualmente una industria que ocupa la posición principal en cuanto a ingresos extranjeros no vinculados al petróleo dentro del país (Piedrahita, 2018).

7.2. Generalidades del camarón blanco *Litopenaeus vannamei*

El camarón blanco es originario de la costa este del Océano Pacífico, desde México y se extiende por Centro y Sudamérica hasta Tumbes en Perú. Por lo general este camarón se encuentra en aguas cuya temperatura suele mantenerse por encima de los 20 °C, suele habitar entornos marinos tropicales (FAO, 2020). *Litopenaeus vannamei* presenta un rostrum largo con 7 a 10 dientes en la parte dorsal y de 2 a 4 en la parte ventral. En los machos maduros, se observa un petasma simétrico y semiabierto, así como un espermatóforo complejo, que consiste en una masa de esperma encapsulada en una vaina. Por otro lado, en las hembras maduras, se encuentra un télico abierto (Gucic, 2008).

7.3. Clasificación taxonómica

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Subfilo: Crustacea

Clase: Malacostraca

Subclase: Eumalacostraca

Superorden: Eucarida

Orden: Decapoda

Suborden: Dendobranchiata

Superfamilia: Penaeoidea

Familia: Penaeidae

Género: *Litopenaeus*

Especie: *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) (WoRMS, 2023).

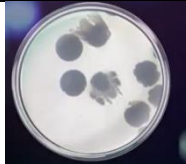






Figura 1 Camarón blanco *Penaeus vannamei*
Fuente: MARDEX, 2000.

7.4. Estadios larvarios

Las hembras eclosionan sus huevos aproximadamente en 15 horas y posterior a esto se produce la fecundación de los huevos y su posterior eclosión en los estadios larvarios, que se pueden distinguir en las etapas de Nauplio, Protozoa y de Mysis; antes de su metamorfosis a camarón Post Larva (Garnica, 2016). En la Tabla 1 se observa las características principales de los diferentes estadios de *Litopenaeus vannamei*.

Tabla 1 *Etapas las Larvas de Litopenaeus vannamei (Camarón blanco)*

Etapas	Duración	Descripción	Fotografía
Huevo	14 horas	Necesita que su ambiente se encuentre lo más limpio posible.	 <p>Fuente: Skretting Ecuador 2020</p>
Nauplio	48 horas	El nauplio sale del huevo en posición doblada, pero se endereza de manera rápida. Estos nauplios son fototrópicos y nadan en dirección a la fuente de luz.	 <p>Fuente: Paola Lema</p>
Protozoa	5 días	En esta etapa el movimiento natatorio la realiza con la ayuda de la primera y segunda antena. La búsqueda inmediata a la luz es un indicador de un Zoea saludable.	 <p>Fuente: Paola Lema</p>
Mysis	3 días	Sus antenas se reducen. En esta etapa hay una menor tendencia de búsqueda de luz.	 <p>Fuente: Paola Lema</p>
Post- larva	Indefinido	El camarón crece hasta llegar al peso comercial de entre 18 a 25 gr.	 <p>Fuente: Paola Lema</p>

Fuente: Adaptado de Garnica, 2016.

7.5. Calidad de agua

En el cultivo de camarón, uno de los aspectos cruciales a tener en consideración son los parámetros de calidad del agua, los cuales deben mantenerse en condiciones adecuadas para garantizar un crecimiento y supervivencia óptimos. La calidad del agua está influenciada por una variedad de parámetros que necesitan ser monitoreados, tales como la temperatura, el oxígeno disuelto, la salinidad, el pH, la alcalinidad, el calcio, el potasio, el magnesio, el nitrógeno y los compuestos metabólicos generados por los organismos en el cultivo (Chica, 2019).

7.6. Temperatura

El camarón blanco tolera un amplio rango de temperaturas en su proceso de cultivo, pero su óptimo crecimiento se encuentra en un rango de temperatura que va desde los 28°C a los 31°C. Actualmente, se utilizan sistemas de calefacción para mantener los niveles de temperatura dentro del rango deseado (Garcia, 2018). Sin embargo, esta variación de temperatura puede ocasionar problemas significativos en otros parámetros que afectan la calidad del agua. Por ejemplo, a mayores temperaturas, se incrementa la concentración de amonio tóxico, un metal tóxico. Por otro lado, si la temperatura desciende a unos 25°C, los camarones entran en un estado de latencia y no logran asimilar adecuadamente los alimentos, lo que puede generar problemas en su crecimiento (Salazar, 2017). Para García et al. (2018) la temperatura del agua tiene un efecto en la viscosidad, densidad, solubilidad de los gases y en especial en la disponibilidad del oxígeno, también tiene un efecto en las reacciones químicas y bioquímicas de los estanques del cultivo.

El camarón blanco tolera un amplio rango de temperaturas en su proceso de cultivo, pero su óptimo crecimiento se encuentra en un rango de temperatura que va desde los 28°C a los 31°C. Actualmente, se utilizan sistemas de calefacción para mantener los niveles de temperatura dentro del rango deseado (Garcia, 2018). Sin embargo, esta variación de temperatura puede ocasionar problemas significativos en otros parámetros que afectan la calidad del agua. Por ejemplo, a mayores temperaturas, se incrementa la concentración de amonio tóxico, un metal tóxico. Por otro lado, si la temperatura desciende a unos 25°C, los camarones entran en un estado de latencia y no logran asimilar adecuadamente los alimentos, lo que puede generar problemas en su crecimiento (Salazar, 2017). Para García et al. (2018) la temperatura del agua tiene un efecto en la viscosidad, densidad, solubilidad de los gases y en especial en la disponibilidad del oxígeno, también tiene un efecto en las reacciones químicas y bioquímicas de los estanques del cultivo.

La temperatura es considerada como uno de los parámetros físicos más importantes en relación con la calidad del agua, pues por lo general influye directamente en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración (Ulloa, 2015). Se debe destacar, que el impacto en los procesos químicos y biológicos es muy alto. Asimismo, significa que el camarón crece dos veces más rápido y consume el doble de oxígeno a 30 °C que a 20 °C, por lo que el requerimiento de oxígeno disuelto es más crítico en temperaturas cálidas que en las frías (Boyd, 2018).

7.7. Oxígeno Disuelto

El oxígeno desempeña un papel fundamental en la acuicultura, ya que regula el metabolismo de los langostinos y tiene un impacto en su crecimiento y eficiencia en la conversión de alimentos, además influye en su susceptibilidad a enfermedades y en su apetito. (Garnica, 2016). La disminución de los niveles de oxígeno en un sistema de cultivo ocurre principalmente debido a la respiración de los organismos aeróbicos presentes en el estanque. Para un cultivo óptimo, los niveles de oxígeno deben estar en el rango de 3 mg/L a 6 mg/L (Palma, 2012; Muñoz, 2022).

El oxígeno desempeña un papel fundamental en la acuicultura, ya que regula el metabolismo de los langostinos y tiene un impacto en su crecimiento y eficiencia en la conversión de alimentos, además influye en su susceptibilidad a enfermedades y en su apetito. (Garnica, 2016). La disminución de los niveles de oxígeno en un sistema de cultivo ocurre principalmente debido a la respiración de los organismos aeróbicos presentes en el estanque. Para un cultivo óptimo, los niveles de oxígeno deben estar en el rango de 3 mg/L a 6 mg/L (Palma, 2012; Muñoz, 2022).

7.8. Potencial de Hidrogeno (pH)

El potencial de hidrógeno más conocido como pH, es un parámetro que indica si el medio en el que se encuentran los organismos es ácido o básico. El pH se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno (H^+), esto significa que el pH es un indicador de la alcalinidad o acidez que presenta el agua (Thakur, 2018). El

pH se mide en una escala de 0 a 14, cuando este valor es igual a 7 se dice que el pH es neutro. Para niveles menores a 7 el agua es ácida que representan la capacidad de neutralizar bases fuertes y para niveles mayores a 7 el agua en básica o alcalinidad representa la neutralización de ácidos fuertes (Hernández, 2016).

En los estanques de *Litopenaeus vannamei*, generalmente, por las mañanas, el pH tiene propensión a disminuir debido a los cambios en la fotosíntesis del fitoplancton. Dependiendo del valor del pH, puede afectar el metabolismo de los camarones. Los rangos inferiores a 4 se consideran letales para el cultivo, mientras que valores de 4 a 5 inhiben la reproducción de los individuos. En cambio, pH de 5 a 6 resultan en un crecimiento lento, mientras que pH de 6 a 9 favorecen un buen crecimiento. Sin embargo, el desarrollo se reduce en valores de 9 a 11, y pH superiores a 11 resultan letales. (García, 2018).

En los estanques de *Litopenaeus vannamei*, generalmente, por las mañanas, el pH tiene propensión a disminuir debido a los cambios en la fotosíntesis del fitoplancton. Dependiendo del valor del pH, puede afectar el metabolismo de los camarones. Los rangos inferiores a 4 se consideran letales para el cultivo, mientras que valores de 4 a 5 inhiben la reproducción de los individuos. En cambio, pH de 5 a 6 resultan en un crecimiento lento, mientras que pH de 6 a 9 favorecen un buen crecimiento. Sin embargo, el desarrollo se reduce en valores de 9 a 11, y pH superiores a 11 resultan letales. (García, 2018).

Un aumento mayor a 9 unidades de pH ocasiona que el amonio tóxico ionizado que no es tóxico pase a la forma de amonio no ionizado, el cual es tóxico para el camarón a concentraciones relativamente bajas. La degradación de materia orgánica debido a la actividad microbiana produce metabolitos ácidos como ácido sulfhídrico, metano y amonio que contribuyen a disminuir el pH. Valores muy bajos ocasionan problemas en branquias, lo cual interfiere con la respiración como se visualiza en la Tabla 4; y en la hemolinfa afectando la actividad enzimática (Martínez, 2008).

7.9. Salinidad (ppt)

Es una característica química del agua que se puede describir como la cantidad total de iones disueltos presentes en el agua la salinidad se expresa tradicionalmente como ppt “parts per thousand” por sus siglas en inglés (Moraga, 2015). El cloruro de sodio (NaCl) constituye aproximadamente el 80% de las sales que se encuentran en la composición del agua marina, mientras que el 20% restante corresponde a otros iones presentes en el agua (Moraga, 2015). La mayor parte de especies de camarones penaeidos son eurihalinos y en el caso de *Litopenaeus vannamei* ha sido cultivado en salinidades de entre 3 ppt a >50 ppt de forma exitosa. La salinidad está dada por los sólidos disueltos, principalmente como los fosfatos, bicarbonatos, sulfatos, nitratos entre otros (García, 2018).

Debido a la interacción iónica, el agua de mar presenta conductividad eléctrica que es directamente proporcional a la salinidad, es decir, a mayor salinidad mayor conductividad. La salinidad disminuye por dilución y puede aumentar por efecto de la

evaporación, a bajas salinidades los individuos utilizan mayor energía para realizar la osmorregulación y por ese motivo hay un menor crecimiento, además aumenta la excreción de amonio afectando la tasa de respiración y producción de CO₂, deteriorando la calidad de agua (Garcia, 2018).

7.10. Alcalinidad

La alcalinidad se expresa en miligramos por litro y representa la concentración total de bases presentes en el agua, como hidróxido, borato, fosfato, silicato, bicarbonato y carbonato (Ulloa, 2015). La alcalinidad, su importancia radica en la capacidad de mantener la estabilidad del pH del agua. Actúa como tampón o regulador, evitando que el pH descienda durante la noche y aumente durante el día. El H₂CO₃ es un ácido débil, por lo que rara vez el pH disminuirá debajo de 4.5 (Toro, 2022).

7.11. Calcio - Potasio - Magnesio

La unidad de medida utilizada para expresar este equilibrio es en miligramos por litro (mg/L) (Boyd, 2018). El equilibrio iónico, se refiere a la cantidad adecuada de elementos principales (como el calcio, el potasio y el magnesio) y elementos secundarios que el agua utilizada para el cultivo del camarón *Litopenaeus vannamei* debe contener (Boyd, 2018; Chavez, 2021). El potasio, el calcio y el magnesio son los iones más relevantes para el crecimiento del camarón ya que suelen proteger el aumento del pH. El magnesio es esencial ya que forma parte del exoesqueleto de los crustáceos como un mineral fundamental, el potasio desempeña un papel vital en las células y está presente

en la mayoría de los fluidos y tejidos blandos del organismo, además, participa en la regulación de la presión osmótica dentro de las células y el calcio es necesario para la formación del nuevo exoesqueleto después de la muda, contribuyendo a endurecer el caparazón del camarón (Holguín, 2020).

La unidad de medida utilizada para expresar este equilibrio es en miligramos por litro (mg/L) (Boyd, 2018). El equilibrio iónico, se refiere a la cantidad adecuada de elementos principales (como el calcio, el potasio y el magnesio) y elementos secundarios que el agua utilizada para el cultivo del camarón *Litopenaeus vannamei* debe contener (Boyd, 2018; Chavez, 2021). El potasio, el calcio y el magnesio son los iones más relevantes para el crecimiento del camarón ya que suelen proteger el aumento del pH. El magnesio es esencial ya que forma parte del exoesqueleto de los crustáceos como un mineral fundamental, el potasio desempeña un papel vital en las células y está presente en la mayoría de los fluidos y tejidos blandos del organismo, además, participa en la regulación de la presión osmótica dentro de las células y el calcio es necesario para la formación del nuevo exoesqueleto después de la muda, contribuyendo a endurecer el caparazón del camarón (Holguín, 2020).

7.12. Amonio y Nitritos

El amonio liberado por las branquias del camarón constituye la principal fuente de nitrógeno en el cultivo. Además, hay una contribución significativa de nitrógeno derivado de la degradación de proteínas presentes en la materia orgánica, el alimento y

los desechos presentes en los estanques de cultivo (Villegas Sandoval, 2023). Las concentraciones de nitritos en la acuicultura se consideran letales y peligrosas, ya que solo se detectan cuando el camarón está enfermo. En los cultivos, se consideran niveles seguros de nitritos en el rango de 0.4 a 0.8 mg/L, pero se vuelve tóxico si supera los 0.8 mg/L (Davila, 2022). El aumento de estos compuestos se debe al exceso de alimentación en los tanques de camarón, por lo que es necesario controlar el suministro de alimento.

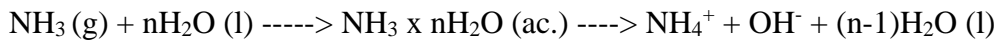
7.13. Nitrógeno amoniacal total

Nitrógeno amoniacal total (TAN) es una fuente de nitrógeno inorgánico que puede afectar el crecimiento de las plantas y la productividad de los ecosistemas acuáticos. En el agua, es una combinación de amonio (NH_4^+ o amoníaco ionizado) y amoníaco (NH_3 o amoníaco no ionizado). El TAN (nitrógeno amoniacal total) es una medida que engloba tanto el amonio como el amoníaco tóxico. El amonio puede convertirse instantáneamente en amoníaco tóxico y viceversa, y estas reacciones ocurren en ambas direcciones y dependen de la cantidad de protones presentes en el agua. Por lo tanto, el TAN es una medida combinada de la cantidad de amonio y amoníaco tóxico, el agua contiene protones (H^+) libres, y el valor del pH es precisamente una medida de la concentración de protones. Cuando el pH es bajo, indica que hay una mayor cantidad de protones en el agua, y viceversa (Zoppas, 2018).

7.14. Amonio tóxico

El amoníaco tóxico o amoníaco no ionizado (NH_3) se le ha atribuido como la forma tóxica del amonio en los organismos acuáticos, mientras que la forma química NH_4^+ (ion

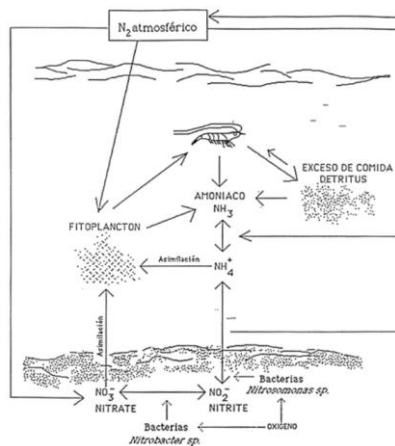
amonio o amonio ionizado) se considera no tóxica o significativamente menos tóxica (Emerson, 1975). En soluciones acuosas el amonio no ionizado existe en equilibrio con el ion amonio y el hidroxilo, la ecuación de este equilibrio ha sido descrita como sigue (Thurston, 1981):



7.15. Ciclo del Nitrógeno

El proceso de nitrificación implica el uso de oxígeno y consiste en convertir el amonio total (NH_4^+ y NH_3) en nitrato (NO_3^-) en dos etapas. En la primera etapa, las bacterias como las Nitrosomonas transforman el amonio total en nitrito (NO_2^-). En la segunda etapa, los nitritos (NO_2^-) se convierten en nitratos (NO_3^-) gracias a la acción de ciertos géneros de bacterias, como las Nitrobacter. Estas bacterias, que son quimioautótrofas y juegan un papel activo en el ciclo del nitrógeno, utilizan CO_2 y HCO_3^- como sustratos para su desarrollo bacteriano (Araujo Chévez, 2010).

Figura 2. Ciclo del nitrógeno en una piscina (dibujo simplificado) Fuente: (FAO, 2020)



7.16. Calidad de Agua datos referenciales

Para determinar si los resultados de este estudio se mantienen en los rangos establecidos se realizó una comparación con diferentes autores que tienen parámetros y rangos determinados entre ellos encontramos a una empresa global de venta de insumos como es Skretting la cual recomienda en sus visitas técnicas mantener los rangos descritos en la Tabla 2. También se hace referencia a las leyes de Ecuador como es el Acuerdo número 97, en el Estrategia Nacional de Calidad del Agua, Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, Sistema Nacional de Información Integrada de Calidad del Agua. También con consultores ambientales y estudios bibliográficos en los cuales reflejan valores estandarizados para calidad de agua.

Tabla 2 Rangos de parámetros de calidad de agua con diferentes autores

<i>Parámetros</i>	<i>Skretting, 2019</i>	<i>ENCA; TULSMA; SNIICA; AC#97</i>	<i>PROAL Consulting, 2022</i>	<i>García et al.,2018</i>
PPT	30 – 35	30 – 35	30 – 35	30 – 35
pH	7.2-7.8	6,5 -9,5	7,8 – 8,5	6,5 – 8,5
T°	31-33%	Condiciones naturales +5		27,9 -36,5
AT	100-180		100 – 400	160 – 220
Ca			21	
Mg		5		
K			1,4	
NH₃				0,01 – 0,41
NH₄		0,4		
NO₂⁻	<0.1	1	1	0,2 – 0,65
TAN	Dep.	Dep.	Dep.	Dep.

Fuente: Skretting, 2019; ENCA; TULSMA; SNIICA; AC#97; PROAL Consulting, 2022; García et al.,2018

7.17. Balance iónico

Hace referencia a verificar que la cantidad total de miliequivalentes de aniones sea igual a la de cationes, aprovechando así la electroneutralidad del agua. También, en ciertas condiciones o fenómenos, puede ocurrir un desequilibrio de cargas que debe ser compensado (Knights, 2000). Ching C. (2014) menciona que la concentración de iones en estanques puede cambiar inicialmente debido a factores como la evaporación o factores ambientales. En el caso de cultivos de larvas de camarón en ambientes con alta salinidad, es importante mantener una proporción de iones similar a la del agua de mar, en lugar de enfocarse en la concentración específica de los mismos en el agua de mar de 35 PPT (Ching, 2014).

Indistintamente de otros parámetros, el principal y medular que sirve para referenciar los niveles óptimos y deficitarios de determinado elemento en la columna de agua, es la salinidad (ppt), aunque el calcio, magnesio y potasio son de los iones más importantes, no se deben pasar por alto los iones nitrogenados, ya que también son necesarios para el soporte de la presión osmótica generada por el agua. El ion calcio es primordial en la formación del exoesqueleto después de la muda considerando que en estadios larvarios el camarón muda en el transcurso de horas, el ion magnesio es uno de los componentes esenciales del exoesqueleto y el ion potasio participa en la regulación de la presión osmótica celular, en el caso de la alcalinidad ayuda a mantener una mínima fluctuación de pH y un balance iónico propicio (Boyd, 2018) (Loaiza P, 2022).

En el caso de los elementos nitrogenados estos aportan en diferentes procesos como por medio de la remoción fotoautotrófica por algas, en la cual el TAN es convertido en biomasa algal en el caso de las bacterias autotróficas que son responsables por la oxidación del amoníaco a nitrito y nitrato y por las bacterias heterotróficas, responsables por transformar el nitrógeno amoniacal total directamente en biomasa bacteriana.

Además, este tiene una relación fuerte con el Carbono, el aumento o adición de carbono provoca un aumento en la tasa de asimilación de amoníaco en las proteínas celulares de las bacterias heterótroficas, lo que resulta en un mayor crecimiento de estos microorganismos y las bacterias metabolizan el carbohidrato, retirando el nitrógeno inorgánico y produciendo proteínas. Acto seguido se presentan procesos involucrados en la eliminación (excreción) del amonio, la hemolinfa tiene la función de distribuir nutrientes y oxígeno a las células, pero también transporta los productos de desecho celulares, como el amonio, hacia las branquias, la excreción del amonio comienza en la membrana basolateral de las branquias, ya que la concentración de amonio en la hemolinfa es mayor que en el interior de las células branquiales (Páez, 2015).

8. MARCO METODOLÓGICO

8.1 Descripción de la Zona de estudio

La investigación se realizó en el laboratorio de larvas de camarón (*Litopenaeus vannamei*) ACUATECSA - TEXCUMAR S.A. En la provincia de Santa Elena en el cantón Santa Elena en la comuna San Pablo, localizado en la costa noroeste de la provincia de Santa Elena (Figura 2). Los laboratorios de larvas de camarón se extienden aproximadamente 16Km de sector de playa (2°06'22" S 80°44'54"W) en la provincia de Santa Elena (Google Earth®, 2023).



Figura 3. Referencia geográfica del área de estudio: Laboratorio ACUATECSA TEXCUMAR S.A. San Pablo (Google Earth®, 2022).

8.2 Trabajo de Campo

La evaluación de los parámetros físico-químicos se registraron en cuatro tanques de cultivo de larvas de camarones con código 22, 30, 32 y 40, los datos fisicoquímicos se realizaron diariamente, analizando 1.872 resultados de parámetros físicos-químicos. Estos datos se recopiló en el software Excel 365 para una comparación espacio temporal y visualizó la fluctuación de la temperatura y pH. Para evitar una dispersión y un falso positivo, las muestras se tomaron todos los días a las 8:00 de la mañana, esto ayudó a

tener uniformidad en los datos manteniendo los parámetros de calidad de agua sin fluctuaciones considerables. A demás se evidencio rangos óptimos para el cultivo de larvas de camarón. La investigación se realizó desde el mes de marzo 2023 hasta el mes de junio 2023 en un período de producción de larvas de *Litopenaeus vannamei*. Los datos recopilados fueron de cuatro tanques elegidos al azar al inicio de la investigación y se mantuvieron hasta finalizar la misma.

La metodología involucró el análisis en aguas de cultivo de larvas de iones para la toma de una muestra para valorar la calidad de agua para el análisis de los diferentes iones se ha adaptado del protocolo del espectrofotómetro YSI 9500, determinando un protocolo estándar para el laboratorio de larvas de camarón ACUATECSA - TEXCUMAR S.A., los datos obtenidos se registraron para el análisis de los iones (alcalinidad, Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} NH_4^+ y NH_3), el muestreo se realizó diariamente en los cuatro tanques de muestreo obteniendo un total 432 entre los iones analizados de las áreas de estudio.

Con la recopilación de todos los resultados obtenidos para parámetros ambientales y para los parámetros de calidad durante el periodo de cultivo de mayo y junio 2023, se analizó la comparación de calidad de agua entre los dos tanques de producción y se analizó la correlación que tienen estos valores con el amonio tóxico.

8.3 Muestreo de parámetros

8.3.1 Parámetros físicos y químicos

Monitoreo de los parámetros fisicoquímicos del agua (in situ), se realizó diariamente con 1 replica por cada tanque de cultivo investigado, y se determinó los parámetros de temperatura (°C) y el Oxígeno Disuelto OD (mg/L) con un oxigenómetro (YSI PROODO) y por medio de kits de monitoreo (Test & Adjuster Kit) se determinó el pH, además con la ayuda de un refractómetro se medirá la salinidad del cultivo. Dichas muestras se tomaron 12 veces al día (en horas de la mañana, tarde y noche) antes de cada alimentación de los organismos. Se debe considerar las condiciones óptimas para el desarrollo de la *Litopenaeus vannamei* que indican en la Tabla 1 y Tabla 3.

Tabla 3. Condiciones fisicoquímicas recomendadas para el cultivo de *Litopenaeus vannamei* (Camarón blanco) en estanques de larvicultura.

Elemento	Forma en agua	Concentración objetivo	Concentración Optima
Temperatura	T°	28 – 32 °C	31°C
Oxígeno	Oxigeno molecular (O2)	5-15 mg/L	10 mg/L
Salinidad	Total de todos los iones	0ppt-35ppt	35ppt
pH	Unidades de pH	6 a 9.1	8

Fuente: Boyd C. E., 1992

Los resultados de los parámetros ambientales se registraron de forma manual en la bitácora, posteriormente se transcribió al software Excel 365 para realizar el análisis de la variación de temperatura, oxígeno disuelto y pH en un periodo de producción con un total de 756 datos obtenidos para realizar la respectiva comparación entre los tanques de muestreo.

8.3.1.1 Temperatura

El registro de temperatura se realizó con el multiparámetro digital marca YSI PROODO, la sonda del equipo se introdujo hasta la mitad del estanque con precaución de no tocar las paredes del mismo y haciendo la lectura en un punto que no se tenga contacto con las mangueras de la calefacción, los resultados se registró en las tablas de datos de la libreta de campo para posteriormente trasladarlos a una bitácora, posterior a cada muestreo la sonda se lavó con agua destilada a temperatura ambiente para que los resultados en cada uno de los tanques no tenga fluctuaciones.

Los datos de temperatura se registraron cada hora de forma diaria durante todo el periodo de producción una vez registrados los datos de manera manual se procedió a guardar los resultados de manera digital compilándolos en el software Excel Office 365 donde se diferenció la temperatura por cada uno de los tanques de muestreo, con su respectivo registro diario y con el código por corrida.

8.3.1.2 POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)

El Potencial de Hidrogeno o pH se define como el coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución, la concentración de iones hidrogeno H^+ , es decir, si el agua es ácida o básica. La escala global de pH va de un rango de 0 a 14, siendo de 0 a 6.9 acida, 7 neutra y de 7.1 a 14 acida (Ulloa, 2015). El rango óptimo para cultivo de larvas de camarón de pH se encuentra entre 6 y 9; pero valores de pH 5 han demostrado no ser nocivos para los camarones (Balnova, 2014).

Tabla 4. Influencia del pH en el camarón

Efecto	pH
Punto de acidez letal	4
No reproducción	4.1 – 5
Crecimiento lento	4.1 – 5.9
Mejor crecimiento	6 – 9
Crecimiento lento	9.1 – 11
Punto letal de alcalinidad	11.1 - >

Fuente: Boyd C. E., 1992

El análisis del Potencial de Hidrogeno (pH) se analizó con la ayuda del Test & Adjuster Kit que por colorimetría marca el rango de pH en el que se encuentra el cultivo. La toma de la muestra de agua se realizó con un frasco de vidrio a cada hora en conjunto con la toma de datos de temperatura y oxígeno. En un tubo de ensayo limpio se adicionó 5 ml de agua del tanque, a continuación, se añadió 5 gotas de High Range pH Test Solution, manteniendo el frasco cuentagotas hacia abajo en posición vertical con el fin de que las gotas sean uniformes, luego se colocó el tapón sobre el tubo de ensayo y se homogenizó la muestra y finalmente se observó el resultado del análisis comparando el color de la solución con la carta High Range pH Color Card de agua salada. Posterior al muestreo se registró el resultado del pH, se lavó el tubo de ensayo y el frasco con el que se tomó la muestra con agua destilada, para no tener alteraciones entre los tanques de muestreo.

8.3.1.3 SALINIDAD

Es la concentración total de iones disueltos, cuyo valor promedio de concentración en el agua de mar es: sodio (10,500 mg/L), magnesio (1,450 mg/L), calcio (400 mg/L), potasio (370 mg/L), cloruro (19,000 mg/L), sulfato (2,700 mg/L) y bicarbonato (142 mg/L). En promedio el agua de mar tiene una salinidad de 34.5 ppt; el agua salobre de los

esteros puede variar su según las lluvias y escorrentías, disminuyendo o aumentando durante la época de sequias.

Tabla 5 Rangos óptimos y de tolerancia a salinidad para *P. vannamei*

Rangos óptimos	Rango de tolerancia
10 – 30 ppt	0.1 – 50 ppt

Fuente: Boyd C. E., 1992

8.4 TRABAJO DE LABORATORIO

Las muestras de agua para la determinación de la calidad de agua en el cultivo de camarón se realizaron por medio del espectrofotómetro (YSI -9500). El manejo y toma de muestras de los cuatro tanques de muestreos del laboratorio ACUATECSA TEXCUMAR S.A. es una adaptación del protocolo estándar del equipo espectrofotómetro YSI 9500. Las muestras tomadas para calidad de agua van a reflejar diferentes valores según el ion que se esté analizando, todas las muestras para el análisis de calidad de agua se tomaron a las 8am antes de alimentar para que no haya fluctuaciones ni falsos positivos en los resultados obtenidos. Cada uno de los tanques de muestreos tuvieron su respectivo frasco para el muestreo de agua y su respectivo análisis de los iones disueltos en el agua.

El espectrofotómetro es un equipo el cual a través de contrastes de luz y colores da un registro de los químicos disueltos o suspendidos en un cuerpo de agua muy útil en la medición de la calidad de agua. Este equipo con la ayuda de catalizadores o reactivos químicos con presentación en pastillas se disolvió en las diferentes muestras generando un cambio en el matiz óptico de la muestra, detectada en memoria electrónica del

multiparámetro mediante el cambio de color, con la ayuda de la muestra control, utilizada como referencia para la generación de la información de las muestras a analizar.

Pese a que se tenga un manual y un protocolo estándar para cada ion dicho protocolo es ajustable dependiendo las necesidades de análisis del investigador, los resultados obtenidos en el espectrofotómetro YSI-9500 se reflejó en la pantalla del equipo estos datos se registraron de forma manual y posteriormente se los llevó a formato Excel para realizar el respectivo análisis de la variación de los resultados obtenidos para los diferentes iones de calidad de agua y se determinó si dichos iones se encuentran en los parámetros óptimos por cada uno de los tanques.

Tabla 6 Rango de valores aceptables en una muestra de calidad de agua para el cultivo de *Litopenaeus vannamei*.

Elemento	Forma en agua	Concentración objetivo	Concentración Óptima
TAN mg/l	1.4 - 3.2	0ppt-35ppt	35ppt
Amonio	Amonio ionizado (NH ₄ ⁺)	0 – 2 mg/L	0.2 mg/L
Alcalinidad	Carbonato de calcio (CaCO ₃)	120 – 180	120 mg/L
Hidrógeno	H ₊ [-log (H ₊) – pH]	pH 7-8.5	7.5
Nitrógeno	Nitrógeno molecular (N ₂)	Saturación o menor	
	Amonio no ionizado (NH ₃)	<0.1 mg/L	0.1 mg/L
	Nitrato (NO ₃)	0.2 – 10 mg/L	4,5 - 6,5 mg/L
	Nitrito (NO ₂)	<0.23 mg/L	0.1mg/L
Carbono	Dióxido de carbono (CO ₂)	1 – 10 mg/L	
Calcio	Ion de calcio (Ca ₂ ⁺)	100 – 500 mg/L	100
Magnesio	Ion de magnesio (Mg ₂ ⁺)	1000 – 1,500 mg/L	1000
Potasio	Ion de Potasio (K ₊)	100 – 400 mg/L	300
Fósforo	Ion Fosfato (HPO ₄ ²⁻), (H ₂ PO ₄ ⁻)	9,6 – 1,9 mg/L	8,5 mg/L

Fuente: Boyd C. , 2001

La base para la metodología de iones es el uso de 10 ml de muestra de los estanques de cultivos, en la cual se añaden catalizadores o pastillas que harán reacción

según el ion a analizar. Estas pastillas son el complemento básico para que la muestra de calidad de agua y que esta se pueda analizar en el equipo espectrofotométrico (Xylem Brand-YSI, 2015). Cabe recalcar que las metodologías para la obtención de los iones que se mencionan a continuación se han adaptado a la metodología sugerida en el manual del equipo, siempre se mencionará 2 tubos de muestra, uno de ellos será la muestra control o Blanco.

Tabla 7 *Diseño experimental del muestreo de iones, parámetros químicos*

Tanques de Muestreo:		22 - 30- 32 - 40						
Hora de Muestreo:		8:00 a. m.						
Frecuencia		Diaria por 18 días						
Muestra								
Control	Muestra Normal	Dilución	Reactivó 1	Reactivo 2	Reactivo 3	Tiempo de Lectura	N° Total de Muestras	
Calcio	10ml	10ml	Calcicol No 1	Calcicol No 2		2 minutos	72	
Magnesio	10ml	10ml	Previa 99,5 ml de agua desionizada + 0,5 ml de muestra	Magnecol			5 minutos	72
Potasio	10ml	10ml	Previa 99 ml de agua desionizada y 1 ml de muestra	Potassium K			Inmediato	72
Nitrato	10ml	10ml		En Polvo NITRATES POWDER	NITRATES	Nitricol	10 minutos	72
Amonio	10ml	10ml		Catalizador en polvo según salinidad	Ammonia No 1	Ammonia No 2	10 minutos	72
Alcalinidad	10ml	10ml		Apkaphot			1 minuto	72
								432

Fuente: Modificado de varios autores TEXCUMAR, 2019,; Paola Lema, 2023

Tabla 8 *Diseño experimental de los parámetros físicos y químicos*

Tanques de Muestreo:		22 - 30- 32 - 40	
Frecuencia		Diaria por 18 días	
Parámetro	Frecuencia	Nº muestras	Nº Total de Muestras
Temperatura	Cada 2 Horas	48	864
Oxígeno Disuelto	Cada 2 Horas	48	864
Salinidad	1 vez al día	4	72
pH	1 vez al día	4	72
			1872

Fuente: Modificado de varios autores TEXCUMAR, 2019,; Paola Lema, 2023

8.4.1 Dureza de calcio

Para la preparación de la obtención de calcio se utilizó 90 ml de agua destilada en 2 vasos precipitados y se añadió 10 ml de la muestra de cada uno de los tanques y se procedió a homogenizar, se obtuvo dos muestras de cada vaso precipitado y se procedió a la lectura del espectrofotómetro; de las dos muestras obtenidas una de ellas será el blanco y en la otra se procedió a analizar. En un tubo de cada muestra se colocó una pastilla (Calcicol No 1), y con la ayuda de un pequeño mortero se procedió a disolver la pastilla hasta que no quede rastros de esta, posteriormente se colocó una segunda pastilla (Calcicol No 2) en cada tubo, y se disolvió hasta tener una película de agua sin sólidos suspendidos. Se dejó reposar durante dos minutos. Para la lectura en el espectrofotómetro se colocó primero el blanco en el equipo configurando la opción Phot 2 donde la lectura se registró como blanco y posterior a esto se colocó el segundo tubo y se puso a correr el resultado y esto dará como resultado los valores de CaCO₃ y de Ca.

8.4.2 Magnesio

Para la obtención del ion magnesio se realizó una dilución en donde se colocaron 9,5 ml de agua destilada más 0,5 ml de muestra obtenida de cada tanque; la muestra se homogenizó en 1 vaso precipitado y la muestra de esta dilución se pasó a dos tubos de análisis de 10 ml cada uno. Un tubo se utilizó el control y en el otro tubo se colocó una pastilla (Magnecol), la cual se trituró y disolvió dentro del tubo de muestra, este reposo durante 5 minutos. Se colocó el tubo de control en el equipo YSI en la opción Phot 21, se realizó el análisis y posteriormente se colocó el tubo de muestra y se obtuvo el resultado de Mg en el agua (Carranza R., 2005).

8.4.3 Potasio

Se debió realizar una dilución con 99 ml de agua destilada y 1 ml de muestra de cada tanque en un vaso precipitado para su posterior traslado a dos tubos de 10 ml cada uno, en un tubo se colocará una pastilla (Potassium K) la misma se disolvió y se llevó el tubo inmediatamente a la lectura con la opción Phot 30 en el equipo con una lectura previa del tubo de control para que el equipo marque los valores de potasio disuelto en el agua (Araujo Chévez, 2010).

Se realizó una dilución con 99 ml de agua destilada y 1 ml de muestra de cada tanque en un vaso precipitado para su posterior traslado a dos tubos de 10 ml cada uno, en un tubo se colocó una pastilla (Potassium K) la misma se disolvió y se le llevo el tubo inmediatamente a la lectura con la opción Phot 30 en el equipo con una lectura previa del

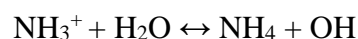
tubo de control para que el equipo marque los valores de potasio disuelto en el agua (Araujo Chévez, 2010).

8.4.4 Nitrato

Para este ion se colocó 10 ml de muestra en el tubo de control y 10 ml en el otro tubo para análisis, se agregará una cucharada de NITRATES POWDER y se procedió a disolver, se adiciona una tableta de NITRATES, se tapó el tubo y se dejó reposar por un minuto, luego se homogenizó de 3 a 4 veces el tubo sellado para su posterior reposo durante 3 minutos, se libera la tapa del tubo y se decantó 10 ml en otro tubo, y se agregó una pastilla de Nitricol la cual se disolvió y se dejó reposar durante 10 minutos para su análisis en el YSI en la opción Phot 23, dando así el valor de NO₃⁻ y N, antes de esto siempre se debe considerarse primero el blanco (Delgado-Díaz, 2020).

8.4.5 Amonio

El amonio se presenta en el agua en dos formas, amonio no ionizado (NH₃) e ion amonio (NH₄⁺), en un equilibrio que depende del pH y la temperatura:



Para el cálculo del amonio se colocó en dos tubos 10 ml de muestra en cada uno, en uno de ellos se colocó un catalizador en polvo (una o dos cucharadas de ser necesario según la salinidad del cultivo) disolviendo hasta que el cuerpo de agua se tornó

completamente transparente luego se agregará dos pastillas simultáneamente (Ammonia No 1 y 2) se disolvió y se reposó por 10 minutos y en la opción del YSI Phot 4, se analizó el blanco y posteriormente la muestra y se obtuvo los valores de NH_4 y N (Johnny M. Delgado Mera, 2020).

8.4.6 Alcalinidad

Para la alcalinidad se colocó 10 ml en dos tubos de muestra en cada uno, y una pastilla (Apkaphot), donde se disolvió y reposo durante 1 minuto para su análisis en el YSI en la opción Phot 2 después de analizar el blanco, dando así el registro de CaCO_3 (Encalada Dávila, 2021).

Para la alcalinidad se colocará 10 ml en dos tubos de muestra en cada uno, y colocará una pastilla (Apkaphot), donde se disolvió y reposo durante 1 minuto para su análisis en el YSI en la opción Phot 2 después de analizar el blanco, dando así el registro de CaCO_3 (Encalada Dávila, 2021).

8.5 Análisis de datos

8.5.1 Relación temperatura, pH y salinidad

Se realizó un análisis de los datos obtenidos para temperatura, salinidad y pH en los cuatro tanques de muestreos, para determinación de si existe una correlación entre los parámetros fisicoquímicos.

8.6 Calidad de agua

8.6.1 Relación de calcio – magnesio - potasio

La relación entre los tres iones es una de las más importantes en la acuicultura de camarones blancos, para una buena calidad de agua deben tener valores que se relacionen entre si dando un rango mínimo de relación denominado (1-3-1) y máximo (1-7-1) en donde por cada ion de calcio debe existir 3 iones de magnesio y un ion de potasio respectivamente, dichos rangos son usados en protocolos de cultivo de penaeidos (Boyd C. , 2001).

La relación entre los tres iones es una de las más importantes en la acuicultura de camarones blancos, para una buena calidad de agua deben tener valores que se relacionen entre si dando un rango mínimo de relación denominado (1-3-1) y máximo (1-7-1) en donde por cada ion de calcio debe existir 3 iones de magnesio y un ion de potasio respectivamente, dichos rangos son usados en protocolos de cultivo de penaeidos (Boyd C. , 2001).

Debido a que se realizaron diluciones en la metodología, al tabular los datos es necesario multiplicar por un factor para poder obtener el valor real del ion analizado. Por lo tanto, para la dilución de Calcio se multiplicó por un factor de 10, para Magnesio se multiplicó por un factor de 20 y para Potasio por un factor de 100. Ejemplo:

Tabla 9 Relación de los iones Ca, Mg y K.

	# YSI	Factor	Real	Relación
Ca	37	X10	370	1
Mg	90	X20	1800	4,9
K	5	X100	510	1,4

Fuente: Boyd C. , 2001

8.6.2 Relación con nitrógeno

La relación más importante en la acuicultura de camarón es la relación del nitrógeno, el control de los valores de nitrógeno dependiendo de su origen si es de nitrato, nitrito o amonio, ya que se debe mantener niveles bajos de nitritos y valores óptimos de nitratos y amonio, en calidad de agua se toma en cuenta el valor de nitrito como tóxico para el cuerpo de agua. Los rangos óptimos en relación de nitrógeno dependieron del cultivo y el sitio donde se realice, pero se debe tener una media de relación mínima de (15 – 1) o máxima de (20-1), entendiendo así que por cada 15 iones de nitrógeno debe haber un ion de fósforo.

Tabla 10. Ejemplo de resultados de Calidad de Agua

Muestras	Resultado	Rango Aceptable	Observaciones
TAN mg/L	2.88	0.2 – 1 mg/L	No permisible
AMONIO (NH ₃) mg/L	0.116	<0.1 mg/L	No permisible
NITRITO (NO ₂) mg/L	0.329	0 – 0.660 mg/L	Aceptable
NITRATOS (NO ₃) mg/L	4.10	1.7 – 3.10 mg/L	No permisible
FOSFATO (PO ₄) mg/L	0.80	0.1 – 0.3 mg/L	No permisible

SULFURO mg/L	0.06	0 – 0.1 mg/L	Aceptable
ALCALINIDAD TOTAL mg/L	215	70 – 100 mg/L	Valor > al rango aceptable
HIERRO mg/L	0.08	0.05 – 0.5 mg/L	Aceptable
SALINIDAD	2	-	-
pH	7.9	7.5 – 8.5	Aceptable

SILICIO (SiO₂) mg/L	
MUESTRAS	RESULTADO
Reservorio 3	4.49

Muestras	Resultado (mg/L)			Relación Ca: Mg: K			Relación N:P
	Ca	Mg	K	Ca	Mg	K	
Reservorio 3	74	240	33	1	3.24	0.44	27.68

Fuente: Paola Lema, 2017

Es necesario recalcar que los valores de nitrógeno para su relación con el fosforo son los acumulados por los resultados de nitrito, nitrato y amonio dando así un valor de nitrógenos totales también denominado TAN. Considerando los parámetros ambientales de las muestras. Un ejemplo se observa en la Tabla 8.

8.6.3 Determinar el nitrógeno amoniacal total

El amoníaco existe en dos formas: amoníaco no ionizado (NH₃-N) y amoníaco ionizado (NH₄⁺-N), la suma de estos dos se llama Nitrógeno amoniacal total (TAN). La concentración relativa de amoníaco es principalmente una función del pH, la salinidad y la temperatura del agua (Pillay, 2005). TAN es la acumulación de elementos nutritivos que necesita el plancton para crecer en estanques de cultivos de camarones. En acuicultura, la concentración de TAN debe ser inferior a 0,5 mg/L, de manera que el TAN

en realidad, es la medida conjunta de la cantidad de amonio y amoníaco. El agua contiene protones (H⁺) libres y la medida de la concentración de protones es precisamente el valor de pH. Cuando un valor de pH es bajo significa que hay muchos protones en el agua y cuando el valor del pH es alto significa que tenemos pocos protones presentes en el agua (Molleda., 2023).

La mayoría de las pruebas comerciales se basan en el método del indofenol o de Nessler. El amonio (NH₄⁺) existente en el agua pasa a amonio tóxico (NH₃) y luego mediante un reactivo que colorea el amonio tóxico se mide este último, tanto el que ya estaba presente en el agua, como el que se convirtió a amonio tóxico a partir de amonio mediante al subir el pH. De esta manera se puede decir que como todo el nitrógeno del agua en esas condiciones alcalinas está en forma de amonio tóxico y se mide como tal, la concentración de TAN es igual a la concentración de amonio tóxico. En nuestro caso de muestreo se utilizará una metodología adaptada de Emerson, 1975:

Con el análisis del amonio se obtienen tres valores que nos marca el espectrofotómetro de los cuales nosotros utilizaremos dos:

NH₃ =Amonio tóxico.

NH₄= Amonio.

Utilizaremos la fórmula para determinar el TAN:

$$TAN = NH_3 + NH_4$$

Donde:

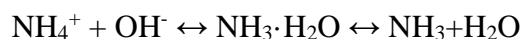
NH_3 = Amonio toxico total por muestreo.

NH_4 = Amonio total por muestreo.

8.7 Cálculo del amonio tóxico

Conforme aumenta el pH, el amonio no ionizado crece en comparación con el ion de amonio. La temperatura del agua también incrementa el amonio no ionizado, pero su efecto es menor que el del pH. La toxicidad del amonio en organismos acuáticos generalmente se relaciona con el amonio no ionizado. La concentración de amonio en los estanques pocas veces llega a ser letal, sin embargo, es común que exista un estrés en los camarones a causa de altas concentraciones de amonio. El agua de un estanque generalmente tiene un pH de 8 y con este pH una concentración de nitrógeno de amonio de 10 mg/L probablemente no va a matar a los camarones, pero para evitar el estrés en el camarón es mejor no pasar de 2 mg/L, por ello se considera que el pH del agua modula el riesgo de toxicidad del amoníaco (Boyd C. , 2001).

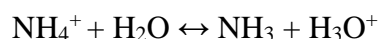
El amonio ionizado (NH_4^+) y el amonio toxico no ionizado (NH_3) se encuentran altamente relacionados por el equilibrio químico:



Estos dependen del pH y la temperatura del agua. A medida que estos valores aumentan la concentración de NH₃ también aumenta y disminuye la concentración de NH₄⁺ (Boyd C. , 2001). Emerson et al. (1975) establecieron la siguiente ecuación para el cálculo de la fracción no ionizada del amoníaco total (f) en función de la temperatura y del pH del agua:

$$f = \frac{1}{[10^{(pKa-pH)} + 1]}$$

donde Ka es la constante que describe el equilibrio:



siendo pKa calculable, para temperaturas comprendidas en el rango 0 °C < T < 49.85 °C, mediante la siguiente ecuación:

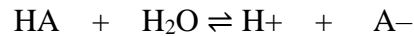
$$pKa = \frac{0.090018 + 2729.92}{T} \text{ (Emerson, 1975)}$$

Se debe considerar que la ecuación para el cálculo de f es válida para la mayoría de las aguas dulces, en nuestro caso el agua que se utiliza agua marina para el cultivo de larvas de camarón y agua salobres en el caso de camaroneras por lo que se utilizará el cálculo para aguamarina o para aguas dulces de elevada dureza, que corresponden a una condición de fuerzas iónicas mayores, la expresión de cálculo de f responde a:

$$f = \frac{1}{[10^{(pKa - pH + 0,221)} + 1]} \text{ (API, 1981)}$$

Según las respectivas expresiones de cálculo de 30 °C a 32 °C (pKa = 9,1) y pH = 7 el f = 6,38 % para agua dulce, mientras que, para agua de mar se debe utilizar el f = 3,31 %.

A medida que aumentan la temperatura del agua y el pH, se incrementa la fracción no ionizada del amoníaco total. Las concentraciones típicas de amoníaco total de las aguas naturales, en términos de nitrógeno, son menores que 0,1 mg/l. Concentraciones superiores podrían ser indicativas de contaminación debida a aportes antropogénicos y desechos animales (RASRH, 2004). Un ácido débil en una solución acuosa se disocia de acuerdo con la Ley de acción de masas, según el siguiente esquema:



Donde:

HA= Ácido débil

A⁻ = La base conjugada

Esta reacción es reversible y posee una constante de equilibrio (Ka):

$$Ka = \frac{[H^+] * [A^-]}{[HA]}$$

Tomando logaritmos:

$$\log Ka = \log [H^+] + \log [A^-] - \log [HA]$$

Si se multiplica cada término de la ecuación por (-1), esta queda expresada en la forma siguiente:

$$-\log K_a = -\log [H^+] - \log [A^-] + \log [HA]$$

El $-\log K_a$ es definido como pK_a y el $-\log [H^+]$ es definido como pH . Después de hacer la debida sustitución, la expresión matemática se reduce a la ecuación de Henderson-Hasselbalch:

$$pK_a = pH - \log [A^-] + \log [HA] \quad (\text{Millero, 1996; Sánchez-Díaz, 2017})$$

El $-\log K_a$ es definido como pK_a y el $-\log [H^+]$ es definido como pH . Después de hacer la debida sustitución, la expresión matemática se reduce a:

$$pK_a = pH - \log [A^-] + \log [HA]$$

Despejando el pH y reagrupando términos, la ecuación se expresa en la forma siguiente:

$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]} \quad (\text{Millero, 1996; Sánchez-Díaz, 2017})$$

Mediante el análisis mencionado con anterioridad determinaremos si en nuestro cultivo tenemos presencia del amonio tóxico. Para determinar el valor final de nuestro cultivo utilizaremos la adaptación de (Emerson, 1975) con la siguiente formula: Mediante el análisis mencionado con anterioridad determinaremos si en nuestro cultivo tenemos presencia del amonio tóxico. Para determinar el valor final de nuestro cultivo utilizaremos la adaptación de (Emerson, 1975) con la siguiente formula:

$$TAN_t = T^\circ + S + pH + TAN$$

Donde:

T°= Temperatura total calculada.

S= Salinidad total calculada.

pH=Potencial de Hidrogeno total calculado.

TAN= Nitrógeno amoniacal total

Con estos valores determinaremos el Amonio tóxico total que se encuentra presente en nuestro cultivo, posterior a esto analizaremos la fluctuación que se ha visualizado durante todo el periodo de producción y se determinará los valores actualizados del TAN en nuestra área de investigación.

8.8 Supervivencia

Para evaluar el rendimiento se calculará el índice de supervivencia de las larvas de camarón durante las corridas efectuadas en el periodo comprendido de estudio, empleando la siguiente fórmula matemática que nos dará el siguiente indicador:

Supervivencia = Cantidad cosecha / Cantidad sembrada × 100.

$$Supervivencia = \frac{Cantidad\ cosecha}{Cantidad\ sembrada} \times 100$$

Así mismo, se empleó la estadística descriptiva a través del programa estadístico IBM SPSS, el cual nos permitió el análisis de la media y la elaboración de representaciones gráficas de acuerdo con nuestras variables de estudio. Posterior a ello, se analizó dichos indicadores a través de gráficos demostrativos que permitieron interpretar dichos resultados. Así mismo, se empleó la estadística descriptiva a través del programa estadístico IBM SPSS, el cual nos permitió el análisis de la media y la elaboración de representaciones gráficas de acuerdo con nuestras variables de estudio. Posterior a ello, se analizó dichos indicadores a través de gráficos demostrativos que permitirán interpretar dichos resultados.

8.9 Análisis estadístico

Los resultados se recopilaron en una matriz de Microsoft Excel para posterior a ello llevarlos al programa estadístico IBM SPSS con el fin de realizar los análisis de normalidad, estadística paramétrica con la correlación de Pearson y su p valor. Además de identificar los mapas de relación con las variables de calidad de agua establecidas mediante figuras en el segundo objetivo específico e identificar los valores de calidad de agua reales en comparación con los teóricos. El análisis estadístico que se utilizará en este estudio es la Correlación de Spearman para determinar la correlación significativa entre las dos variables de calidad de agua y el amonio tóxico (Anderson, 1999) (Barrera, 2014).

La fórmula de este coeficiente es:

$$r_s = 1 - \frac{6\sum d_1^2}{n(n^2 - 1)}$$

Donde:

n= la cantidad de sujetos que se clasifican

xi= el rango de sujetos i con respecto a una variable

yi= el rango de sujetos i con respecto a una segunda variable

di= xi – yi

Es decir que di, es la diferencia entre los rangos de X e Y (Anderson, 1999) (Barrera, 2014). El coeficiente de correlación de rangos de Spearman va desde -1.0 hasta +1.0 donde indica que los valores cercanos a -1.0 tiene una fuerte asociación negativa entre las clasificaciones, es decir que, al aumentar un rango, el otro decrece, por el contrario con los valores cercanos a +1.0, indican una fuerte asociación positiva entre las clasificaciones, a medida que aumenta un rango el otro también aumenta y cuando el valor es 0.0, no hay correlación (Anderson, 1999) (Barrera, 2014). Una de las interpretaciones de los valores más utilizadas es la de Hernández & Fernández (1998):

Tabla 11 Grado de relación según coeficiente de correlación.

RANGO	RELACIÓN
-0.91 a 1.00	Correlación negativa perfecta
-0.76 a -0.90	Correlación negativa muy fuerte
-0.51 a -0.75	Correlación negativa considerable
-0.11 a -0.50	Correlación negativa media
-0.01 a -0.10	Correlación negativa débil
0.00	No existe correlación
+0.01 a +0.10	Correlación positiva débil
+0.11 a +0.50	Correlación positiva media
+0.51 a +0.75	Correlación positiva considerable
+0.76 a +0.90	Correlación positiva muy fuerte
+0.91 a +1.00	Correlación positiva muy fuerte

Fuente: Barrera, 2014

8.9.1 Prueba de Shapiro-Wilks

Es utilizada cuando los datos resultan de un proceso de conteo. Se necesita comprobar antes de cualquier análisis estadístico si la variable aleatoria sigue el modelo normal de distribución normal y si es así se aplicarán los métodos estadísticos denominados paramétricos (Flores, P., Muñoz, L., Sanchez, T., 201). El tamaño de la muestra para utilizar la prueba Shapiro-Wilks debe ser igual o menor a 50.

En donde la hipótesis nula no posee una distribución normal y la otra hipótesis posee una distribución normal. La fórmula por utilizar es la siguiente:

$$W_c = \frac{b^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

Acompañado de las siguientes dos fórmulas:

$$b = \sum_{i=1}^n a_i [X_{(n-i-1)} - X_i]$$

$$a_i = m'V^{-1}(m'V^{-1}m)^{-1/2}$$

Donde, $[X_{(n-i-1)} - X_i]$ son las diferentes sucesivas que se obtiene al restar el primer valor con el último. El segundo con el antepenúltimo y así sucesivamente. Donde a_i son los coeficientes tabulados en la tabla de Shapiro, $m=(m_1, \dots, m_m)$ son valores medios del estadístico ordenado de las variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas que son muestreadas de distribuciones normales. V es la matriz de covarianzas del estadístico de orden. No hay que olvidar que se rechazará la hipótesis nula si W es igual o menor a $W_{\alpha, n}$, donde $W_{\alpha, n}$ son los puntos críticos tabulados.

8.9.2 IBM SPSS Statics

Se utilizó esta potente plataforma como lo describe su página oficial (IBM). En donde es una aplicación pensada para estudiantes por lo que es ofertada a través de su página oficial de forma gratuita que posee una interfaz bastante fácil de manejar ya que posee un conjunto de características que permite obtener información de forma rápida y sencilla. Estos resultados ayudan a garantizar una alta precisión y toma de resultados de calidad.

8.9.3 Mapas de relaciones SPSS

Su aplicación es muy útil para determinar cómo es su relación con variables entre sí que proporcionan una representación visual de las conexiones e influencias a través de nodos y enlaces. En donde estos representan variables y categorías de variables; enlaces que representan fuerza de la influencia entre los nodos. Para su creación se necesitó dos

o más variables cuantitativas y luego se procedió a identificar el tamaño, las etiquetas y configuraciones faltantes para luego aceptar.

9. ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Se obtuvo un total de 180 datos de cada uno de los tanques de investigación, estos se recopilaban a partir de la siembra en Nauplio 5 hasta PostLarva 10, el día de cosecha. El análisis de calidad de agua inicio un día antes a la siembra debido a que se requiere realizar un balance iónico del agua previamente, por lo cual estos datos se discriminaron en este estudio. Los parámetros de calidad de agua se mantuvieron en los rangos típicos para la producción de larvas de camarón durante todo el ciclo productivo (Tabla 5).

9.1 Prueba de normalidad

Tabla 12 Prueba de Normalidad de Shapiro - Wilk

	Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	P
Temperatura	0,954	17	0,526
Salinidad	0,908	17	0,093
Alcalinidad	0,914	17	0,118
pH	0,957	17	0,569
Calcio	0,916	17	0,128
Potasio	0,949	17	0,446
Magnesio	0,926	17	0,188
Amonio	0,728	17	0,094
Amonio toxico	0,952	17	0,489
Nitritos	0,897	17	0,060
TAN	0,726	17	0,100

Se determinó que los datos cumplían con las predisposiciones de un análisis estadístico paramétrico, los datos son variables independientes y se los relacionó con la variable dependiente numérica que es el amonio tóxico. La variable dependiente mostró una distribución normal, al igual que sus datos validando homogeneidad de varianzas. El análisis de normalidad de Shapiro Wilk determinó la normalidad estadística con un nivel de significancia del 95%, no hay evidencia para rechazar la hipótesis nula y nuestro $p > 0.05$.

9.2 Correlación del amonio con las variables físico - químicas

El coeficiente de correlación de Pearson para el amonio tóxico y temperatura tiene un valor estadístico r de Pearson de $-0,37$, por lo que se puede confirmar con un 99% de confianza que hay una correlación negativa considerable, mientras una variable aumenta la otra disminuye, el Sig. es de 0.01 que se encuentra en el valor requerido. La correlación entre amonio tóxico y salinidad tiene un valor de $r=0,16$, al igual que el parámetro anterior se afirma que tiene un 95% de confianza demostrando una correlación negativa débil con un valor de Sig. 0.05 se encuentra en el requerido.

El amonio tóxico y pH tienen un r de 0.94 que refleja una correlación positiva significativa, con un Sig. 0.04 , este valor es inferior al nivel de significancia requerido por lo cual tiene un nivel de confianza del 96% determinando una correlación positiva muy fuerte. De igual manera, se mantiene una relación significativa con el valor de correlación de Pearson de -0.5 entre amonio tóxico y alcalinidad, con un 95% de confianza validando una correlación negativa media, el valor de Sig, es de 0.02 .

Dentro de la correlación de amonio tóxico en relación con el calcio, potasio y magnesio se observó que el coeficiente de relación de Pearson es de -0.14, -0.25 y -0.63 respectivamente, en todos los casos se observa que mantienen una correlación negativa débil y muy débil, sin embargo, el valor de significancia bilateral es de 0.07, 0.08 y 0.08 respectivamente, por lo que se puede inferir con más del 92% de confianza que el calcio, potasio y magnesio tienen una relación muy baja con el amonio tóxico.

Por otro lado, la correlación de amonio y amonio tóxico es muy significativa con un valor de r de -0.79. y afirma con un 99% de confianza que existe una relación negativa considerable, es decir, que cuando el amoníaco aumenta, el amonio disminuye, con estos datos se cumple el ciclo químico del nitrógeno con un valor de Sig. 0.01 valor igual al 0.01 requerido.

En general, la correlación de Pearson se validó con los diferentes parámetros de calidad de agua en los cuales están inmersos la temperatura, salinidad, pH, alcalinidad, calcio, potasio, magnesio, amonio, nitritos y TAN, por ende, también se adicionó la correlación de dichos valores en los cuales se evidenció que existe generalmente una correlación significativa con un 95% de confianza en la mayoría de los casos, lo que nos completa confianza estadística de las correlaciones obtenidas. Entre los datos más importantes se evidenció que la alcalinidad, el calcio, el potasio y magnesio tienen una

correlación negativa considerable si los relacionamos con parámetros como la temperatura y el pH.

Tabla 13. Resultados estadísticos de correlación simplificados de las variables de calidad de agua y amonio toxico

	Amonio toxico	T°	PPT	pH	AT	Ca	K	Mg	NH ₄	NO ₂ ⁻	TAN
Temperatura	-0,37**	-	0,59*	-0,51*	0,41*	0,67*	-0,16***	-0,20***	0,45**	0,70*	0,44*
Salinidad	-0,16*	0,59*	-	-0,24***	0,24*	0,33*	-0,37***	-0,60***	,717**	0,36**	,716**
pH	0,94*	-0,51*	-0,24***	-	-0,70*	-0,62***	0,13*	0,41**	-0,75**	0,78**	0,54*
Alcalinidad	,537*	0,41*	0,24*	-0,70*	-	-0,84*	-0,23***	-0,13***	0,78*	0,81*	0,69*
Calcio	-0,14***	0,67*	0,33*	-0,62***	-0,84*	-	0,22*	0,16*	0,22*	0,70*	0,21*
Potasio	-0,25***	-0,16***	-0,37***	0,13*	-0,23***	0,22*	-	0,48*	-0,23***	-0,20***	-0,30***
Magnesio	-0,63***	-0,20***	-0,60***	0,41**	-0,13***	0,16*	0,48*	-	-0,28***	-0,03***	-0,29***
Amonio	-0,79**	0,45*	,0717**	-0,75**	0,78*	0,22*	-0,23***	-0,28***	-	0,72**	1,000**
Nitritos	0,23*	0,70*	0,36*	0,78**	0,81**	0,70*	-0,30***	-0,30***	0,72*	-	0,30*
TAN	-0,63*	0,44**	,0716**	0,54*	0,69*	0,21*	-0,30***	-0,29***	1,000**	0,30**	-

Nota: T°= Temperatura; PPT= Salinidad; pH= Potencial de Hidrogeno; AT= Alcalinidad; Ca= Calcio; K= Potasio; Mg= Magnesio; NH₄= Amonio; NO₂⁻; TAN: Nitrogeno Amoniacal Total; *p<.05; **p>.01; *** p>.05;

Fuente: Paola Lema, 2023

9.3 Relación entre variables

Los resultados de las relaciones entre las variables se visualizan en los siguientes mapas de relaciones de SPSS, en los cuales se evidenció la relación entre Salinidad, pH y temperatura con el amonio toxico.

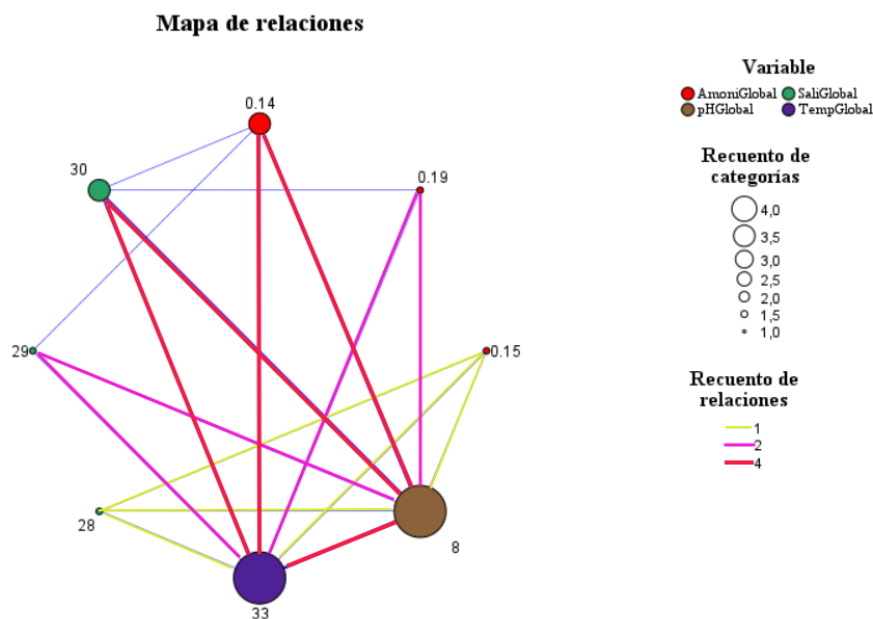


Figura 4 Mapa de relación global entre los cuatro tanques de muestreo

En la Figura 4 se visualiza la relación global entre la media de las variables de los cuatro tanques de muestreo en los cuales se determinó dos nodos principales, uno de temperatura a 33 °C y otro de pH de 8, además de 5 enlaces de relaciones fuertes. La relación más débil se visualiza que es a una temperatura constante de 33°C con un pH de 8 y una salinidad de 28 ppt relacionada con un amonio toxico de 0.15 y la relación más fuerte se da entre las variables es a 33°C, pH de 8 con una salinidad de 30 ppt que mantienen una fuerte relación con el amonio toxico a 0.14, es decir, los datos mencionados con anterioridad tienen la relación más fuerte entre los diferentes rangos de las variables y nos permite determinar una media de estudio en relación con el amonio toxico. Tenemos además una relación media en la cual se visualiza que, a una temperatura de 33°C, un pH de 8.1 y una salinidad de 29 ppt existe una fuerte relación con el amonio toxico de 0,19. Los datos en el mapa de relación de las medias confirma la relación entre los diferentes parámetros de la investigación.

En el mapa de relación del tanque1 se visualiza que tenemos tres relaciones principales. La relación más fuerte se da a una temperatura de 33°C, un pH de 8 y una salinidad de 27 ppt con un amonio toxico de 0.1, el cual se observa como una relación muy fuerte.

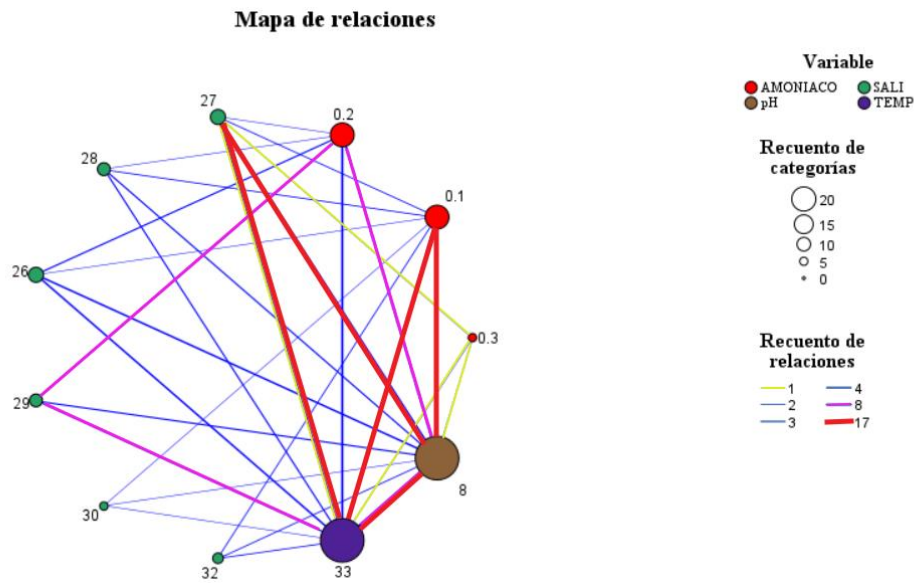


Figura 5 Mapa de relación del Tanque 22

En el mapa de relación del tanque 2 se puede visualizar que tenemos la mayor fluctuación de datos, por lo cual se visualizan varios nodos débiles en la gráfica y una gran cantidad de enlaces débiles. La relación más fuerte es a una temperatura de 33°C, un

pH de 8 y una salinidad de 28 ppt, las cuales mantienen una fuerte relación con un amonio toxico de 0,2.

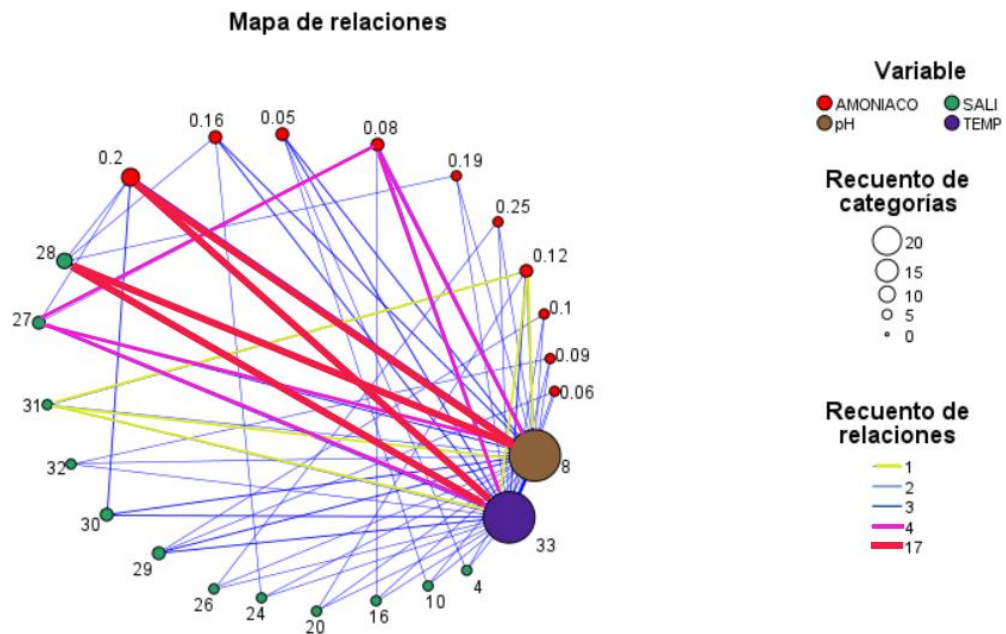


Figura 6 Mapa de relación de Tanque 30

En el tanque 3 se visualiza que existe una gran variabilidad en los datos de la salinidad, la relación más fuerte entre nodos y enlaces es a un amonio toxico de 0.01 relacionándolo con una temperatura de 33°C, un pH de 8 y una salinidad de 28 ppt. No obstante, con un amonio toxico inferior a 0.001 se observa una relación débil a pesar de que este es el rango ideal en el cultivo de larvas de *Litopenaeus vannamei*, es complejo llegar a estos valores ideales considerando que por simples actividades metabólicas de los organismos como es la excreción de desechos se añade amonio toxico al medio.

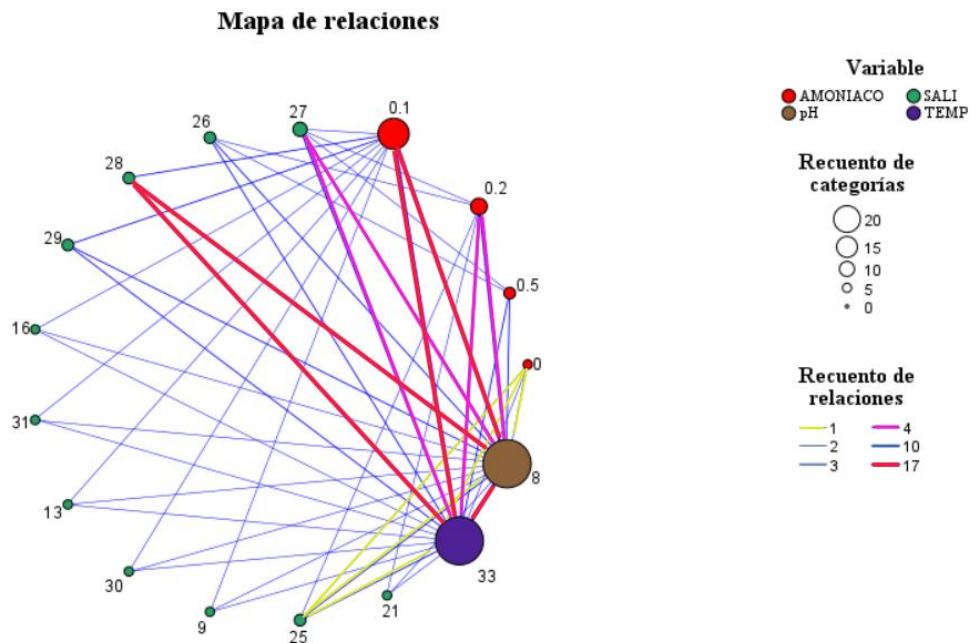


Figura 7 Mapa de relación del Tanque 32

En el mapa de relación del tanque 4 se evidencia una fluctuación diferente en los rangos de pH, en este se visualizó 2 rangos: pH de 8 con el nodo más grande que expresa relaciones fuertes y el pH de 9 se visualiza un nodo pequeño con 1 sola muestra con una relación débil. Los parámetros de análisis en el cual se visualiza que, a una temperatura de 33°C, un pH de 9 y a una salinidad 26 ppt está relacionado de forma débil con un amonio toxico de 0,6. La relación más fuerte que podemos visualizar es la conexión entre nodos y enlaces a una temperatura de 33°C, un pH de 8 y una salinidad de 26, mismas que están fuertemente relacionados con un valor de amonio toxico de 0.2. Además, podemos visualizar una relación media en la cual se visualiza que un amonio toxico de

0.1 esta medianamente relacionados con la temperatura, pH y salinidad con los valores de 33, 8 y 31 respectivamente.

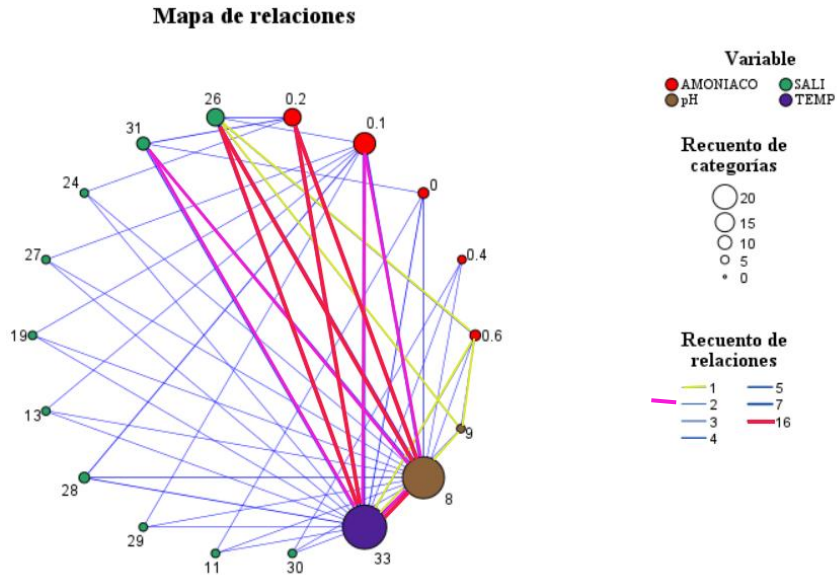


Figura 8 Mapa de relación del Tanque 40

En los cuatro tanques de muestreo se pudo determinar que existe una fuerte relación a una temperatura de 33°C con un pH de 8 y a una salinidad de 28.5 ppt, y estos valores están fuertemente relacionados con el amonio tóxico entre 0.1 y 0.2, esto nos ayuda a determinar que la relación entre los parámetros, temperatura, PH, salinidad y amonio tóxico están altamente relacionadas y nos ayudan a determinar que la supervivencia de los tanques de investigación se mantiene en los rangos establecidos por ACUATECSA TEXCUMAR S.A. manteniendo una muy baja fluctuación de los diferentes parámetros de calidad de agua.

Tabla 14. Rango de parámetros de calidad de agua en relación con la salinidad.

PPT	Datos de esta investigación												Skretting, 2019	ENCA; TULSMA; SNIICA; AC#97	PROAL Consulting, 2022	Garcia et al.,2018	
	35	34-30	29-25	24-20	19-15	14 - 10	9 - 6	5	4	3	2	1					
pH	7 - 8	7 - 8	7 - 8	7 - 8	7 - 8	7 - 8	7 - 8	7 - 8	7 - 8	7 - 8	7 - 8	7 - 8	7 - 8	7.2-7.8	6,5 -9,5	7,8 – 8,5	6,5 - 8,5
T°	28 - 33	28 - 33	28 - 33	28 - 33	28 - 33	28 - 33	28 - 33	28 - 33	28 - 33	28 - 33	28 - 33	28 - 33	28 - 33	31-33%	Condiciones naturales +5	100 - 400	27,9 - 36,5
AT	>340	>340	>340	>340	>340	>340	>340	>340	>340	>340	>340	>340	>340	100-180			
Ca	160	137	115	92	69	46	27	23	18	14	9	5					
Mg	1350	1157	964	771	579	386	231	193	154	116	77	39		5			
K	380	326	271	217	163	109	65	54	43	33	22	11			1,4		
NH ₃	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 10					0,01 - 0,41
NH ₄	0 - 0,2	0 - 0,2	0 - 0,2	0 - 0,2	0 - 0,2	0 - 0,2	0 - 0,2	0 - 0,2	0 - 0,2	0 - 0,2	0 - 0,2	0 - 0,2		0,4			
NO ₂ ⁻	0 - 0,15	0 - 0,15	0 - 0,15	0 - 0,15	0 - 0,15	0 - 0,15	0 - 0,15	0 - 0,15	0 - 0,15	0 - 0,15	0 - 0,15	0 - 0,15	<0.1	1	1		0,2 - 0,65
TAN	Dep.	Dep.	Dep.	Dep.	Dep.	Dep.	Dep.	Dep.	Dep.	Dep.	Dep.	Dep.	Dep.	Dep.	Dep.	Dep.	Dep.

Dep. =Dependencia

Fuente: Paola Lema, 2023

9.4 Rangos de parámetros de calidad de agua.

Los parámetros de calidad de agua ideales para el cultivo de camarón se han establecido por Boyd C. (2001) según la tabla 5 en la cual se puede visualizar un rango de una concentración objetivo y una concentración óptima de los parámetros generales del cultivo de camarón. Los resultados obtenidos en esta investigación se los relacionó según la salinidad del cultivo, por ello, los rangos presentaron diferentes fluctuaciones, el rango más importante en un laboratorio de larvas de camarón se da en una salinidad de 34 a 30 ppt. Los rangos deben de tener una concentración aproximada de calcio, 137, potasio 326, magnesio, 1157 en los cuales se evidencia una relación de 1:2:3.

En los elementos nitrogenados tenemos uno de los principales, el amonio, este puede llegar en un rango de 0 a 10 siempre y cuando el pH se mantenga en el rango de 7 o máximo 8, esto para evitar que este elemento se deje de ionizar y se transforme a su forma tóxica, que es el amonio no ionizado o amoníaco. El amonio tóxico afecta gravemente al cultivo de larvas de camarón, en casos extremos este puede provocar la muerte, pérdida total o parcial del cultivo. En cuanto a la temperatura y la alcalinidad, estos son rangos constantes que se los va a mantener durante el periodo de producción, la alcalinidad es mayor a 340 y la temperatura puede estar en un rango de 28 a 33 °C, considerando que se habla de valores controlados no se puede aumentar o disminuir la temperatura de forma precipitada, debido a que puede ocasionar estrés y un shock térmico a la larva provocando la disminución considerable de la supervivencia. Los rangos establecidos en este estudio son una guía de rangos óptimos exclusivamente para el cultivo de camarón se determinaron a partir de todos los datos obtenidos en la

investigación y los mismos se relacionaron con los datos establecidos en el área de microbiología de ACUATECSA teniendo una similitud del 90% en los rangos.

La salinidad es una variable primordial y por lo general se la encuentra en un rango de 30ppt a 33ppt, pero este puede presentar fluctuaciones hasta 0 ppt, esto se debe a que las larvas de camarón en los últimos días del periodo de producción antes de la cosecha se las adapta según la salinidad requerida en camaronera de las piscinas de engorde. Esto es lo que se visualiza en la tabla 12 donde los valores se determinan según los rangos de salinidad en función a esto determinar los rangos óptimos para el cultivo de larvas de camarón que se adapte a dicho factor.

9.5. Porcentajes de supervivencia

Con la fórmula aplicada para determinar el porcentaje de supervivencia de la postlarva sembradas se obtuvo los siguientes resultados: el tanque 1 culminó las cosechas con un 60% de supervivencia, el tanque 2 un 70% de supervivencia, el tanque 3 una supervivencia del 90%, y, de igual manera que el anterior tanque 4 obtuvo una supervivencia de postlarvas cosechadas del 90%.

En las diferencias encontradas dentro de los parámetros analizados en cada uno de los cultivos se encontró que el tanque 1 presentó la menor cantidad de amonio conforme avanzaban los estadios de postlarva, y, el tanque 2 presentó las cantidades más elevadas de magnesio. De igual manera, los tanques 3 y 4 presentaron los datos de los iones y factores físico - químicos más similares entre los cuatro tanques monitoreados.

10. DISCUSIONES, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1 Discusión

Diferentes autores hacen referencia a los cultivos larvarios de camarón y han demostrado el potencial de mejoras significativas en el crecimiento y supervivencia de manera general en el cultivo en tanques, estas mejoras significativas abordan puntos específicos como la estandarización de los rangos óptimos de los diferentes parámetros físico - químicos del agua utilizada durante el cultivo y el cumplimiento de estas para asegurar un porcentaje alto de supervivencia.

La correlación presentada entre el amonio tóxico y el TAN es perfecta, a nivel estadístico esto refleja que los datos tienen una relación muy fuerte. Según varios autores entre los más importantes (Páez, 2015; Kubitza, 2017; Boyd C, 2019) mencionan que el TAN es la suma de $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$, por lo que el amonio tóxico en un ambiente idóneo iniciará el ciclo del Nitrogeno este comienza con la degradación de la materia orgánica, por medio de la descomposición y amonificación las bacterias oxidarán el nitrógeno del amoníaco y le permite convertirse en amonio ionizado y este a su vez pasa a nitrato y finalmente se transforma en nitrógeno etapa finaliza con la fijación del nitrógeno atmosférico (N_2) con la ayuda de bacterias fijadoras de nitrógeno convirtiendo el nitrógeno gaseoso en amonio (NH_4^+) o nitrato (NO_3^-), que son formas asimilables para producir aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos y ADN.

A pesar de la importante actividad económica que representa la larvicultura existen actuales problemas dentro del ciclo de cultivo como el desbalance iónico mencionado por autores como (Ricardo, 2022) el cual en su estudio investigó como incide el desbalance iónico en los índices de producción (supervivencia) de *Litopenaeus*

vannamei encontrando la existencia de una relación entre variables de los niveles de iones en los cultivos con la supervivencia debido a que las bajas supervivencias se veían ligadas a las variaciones de los iones de calcio y magnesio, los cuales se encontraban debajo del rango óptimo estandarizado, hecho que se confirma con los datos obtenidos en el presente estudio donde los tanques que presentaron bajos niveles de calcio y magnesio fueron aquellas que presentaron bajos porcentajes de producción, lo cual reafirma la importancia del análisis iónico del agua debido a que son los elementos que se encuentran en menores proporciones las que delimitan el éxito de producción a pesar de que los iones que se encuentran en mayor cantidad se encuentren dentro del rango óptimo, tal como explica (Boyd, 2018) en su trabajo donde determinó la cantidad de cationes importantes necesarios para contrarrestar el desequilibrio iónico.

Referente a la alcalinidad, parámetro que presento una relación positiva muy fuerte con el amonio tóxico el cual aumentaba conforme lo hacía el amonio y el organismo avanzaba en estadios, el autor Quimis (2019) en su estudio sobre la calidad de agua en un sistema intensivo de cultivo de *Litopenaeus vannamei* destaca la importancia que desempeña la alcalinidad en el cultivo larvario de camarón indicando que si los valores son inferiores a 74 mg/l el organismo no podrá llevar a cabo el proceso natural de muda y por ende otras funciones biológicas que se desencadenan con la muda, dato que se confirma en el presente estudio donde los valores de alcalinidad que se obtuvieron de los 4 tanques eran superiores al valor antes mencionado relacionándolo directamente con el amonio tóxico presente en el agua y la supervivencia de los individuos.

En relación con la salinidad con el amonio toxico el cual presentó una correlación considerable positiva al aumentar uno cuando la otra variable lo hacía es contrastado con la información obtenida de los autores Valdez et al, (2008) los cuales en su investigación acerca de los efectos de la salinidad sobre la fisiología energética del camarón blanco obtuvieron que a menores gradientes de salinidad (20 ppt) existió mayor excreción de amonio y a mayor salinidad (32 ppt) existió menor excreción de amonio, sin embargo, esto puede ser explicado por el aumento en el catabolismo para regular la presión osmótica de la hemolinfa debido a las bajas salinidades, también porque el estudio antes mencionado estudió al camarón blanco en estadios juveniles mientras que la presente investigación lo enfoca en estadios larvarios los cuales presentan una actividad metabólica y catabólica diferente.

En el estudio de Páez, 2015 determinaron que las glándulas antenales son órganos para la regulación iónica y que cantidades muy pequeñas de sustancias nitrogenadas son incluidas en su secreción, además encontraron que el amonio es excretado vía branquias, pero todavía no ha sido resuelto si es por simple difusión o por un mecanismo activo de intercambio de $\text{NH}_4^+/\text{Na}^+$ a través del epitelio permeable de las branquias. En la Fig.

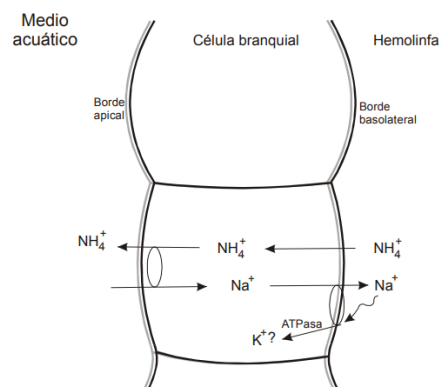


Figura 9 Procesos incluidos en la excreción de amonio en las células de las branquias de los crustáceos (Energía).

12.1 se presentan los procesos incluidos en la eliminación (excreción) del amonio. La hemolinfa, además de distribuir nutrientes y oxígeno a las células, es la encargada de transportar los productos de desecho celulares (amonio) a las branquias; y es en la membrana basolateral de esta última, donde inicia la excreción del amonio.

Por otro lado, la excreción de amonio en crustáceos depende de varios factores que incluye a la salinidad, temperatura, el ciclo de muda, el nivel nutricional, potencial de hidrogeno y el control endocrino, lo que se corrobora con nuestro estudio en el cual se determina que la expresión de amonio toxico en relación con la calidad de agua se ve fuertemente relacionada con Temperatura y pH, además la salinidad también refleja una relación media. El NH_3 liberado desde la hemolinfa o el que se genera a partir de la producción metabólica, es convertido a NH_4^+ con la liberación de OH^- , puede provocar un aumento del pH intracelular afectando las reacciones enzimáticas y la estabilidad de la membrana (Páez, 2015). Además, altas concentraciones de NH_4^+ provocan una reacción inversa de la enzima glutamato-deshidrogenasa, retirando cetoglutarato del ciclo de Krebs, decreciendo la cantidad de NADH disponible para la oxidación (Páez, 2015). Por lo tanto, el aumento en la concentración de glutamato puede disminuir la concentración celular de ATP debido al incremento en la conversión de glutamato a glutamina y disminuir la cantidad de energía para cualquier proceso fisiológico de las larvas de camarón como son la reproducción, crecimiento, osmorregulación y supervivencia esto se corrobora con nuestro estudio según los datos obtenidos en los T1 y T2 donde se pudo evidenciar una baja tasa de supervivencia.

Siguiendo con las variables que presentaron relación, en este caso de nivel medio refiriendo a los nitritos, estos aumentaban conforme al amonio, mismo panorama que se refleja en el estudio de Saud (2022) durante el análisis de la calidad del agua en cultivo simbiótico de larvas de camarón donde indica que altos niveles de nitrito y la larga exposición de las larvas de camarón a estos niveles reduce la tasa de crecimiento como el sistema inmunológico de los mismos, mientras que al mantener los valores de nitritos debajo del 0.1 se garantiza que el nitrito no reduzca la capacidad de transporte de oxígeno que afecta a los individuos, escenario que se fundamenta con los datos obtenidos donde el valor del nitrito se mantuvo entre el 0.037 y 0.081 y la supervivencia no se vio disminuida.

No obstante, existieron factores que se encontraban en completo contraste entre ellos y el amonio tóxico, tal es el caso del potasio y magnesio, esto puede explicarse bajo el concepto de antagonismo entre nutrientes, el cual en múltiples estudios como indica Cakmak (2015) se ha descrito y confirmado el antagonismo presente entre el amonio tóxico y el potasio, y, a su vez, entre el amonio tóxico y el magnesio, mismos que al presentarse en el medio una elevada cantidad de amonio existe una menor absorción del potasio y magnesio.

En cuanto a la estandarización de los rangos óptimos, los autores García et al, (2018) en su investigación compararon los rangos obtenidos de los parámetros estudiados con los rangos óptimos establecidos por diferentes autores concluyendo que las variables

físico – químicas del agua para el cultivo de camarón no están relacionadas al período de estiaje o lluvia, sino que estas van a depender del manejo de los tanques, y, a su vez, el control de las mismas dependerá únicamente de las buenas prácticas acuícolas, referente a los datos de los rangos óptimos que recopilaron, estos valores fueron diferentes a los establecidos por autores antes de ellos, hecho que se asevera con los datos de rangos óptimos obtenidos en el presente estudio, los cuales varían de manera significativa sin interferir en la supervivencia de los organismos, lo que determina que los rangos de las variables físico – químicas se encuentran en constante cambio en adaptación al organismo y las condiciones climáticas del lugar donde se cultiva, proporcionando de este modo datos de rangos alejados entre sí por las diferencias externas del cultivo. En resumen, los resultados obtenidos durante esta investigación acerca de la relación entre la calidad de agua y amonio tóxico en el cultivo de camarón presentan una alta similitud con lo reportado en investigaciones del mismo interés.

10.2 Conclusiones

Este estudio indica una clara ventaja en el crecimiento y supervivencia del *Litopenaeus vannamei* en estadios larvarios basados en el control de calidad del agua y el mantenimiento de este dentro de los rangos establecidos como óptimos para el crecimiento de este organismo.

En relación de los parámetros analizados en la calidad del agua con el amonio presente y la supervivencia de los organismos se concluyó que el amonio tóxico presentó una relación considerada perfecta con el TAN ($r=1.000$, $p>.01$), del mismo modo, presentó una relación positiva considerable con la alcalinidad ($r= 0.78$, $p<.05$) seguido del pH ($r= 0.75$, $p>.01$), también presentó una relación positiva media con la salinidad ($r= 0.71$, $p>.01$) y los nitritos ($r= 0.72$, $p<.05$), y, de manera contraria, el calcio ($r= 0.22$, $p<.05$), potasio ($r= 0.23$, $p>.05$) y magnesio ($r= 0.28$, $p>.05$) presentaron las correlaciones más bajas, establecidas según el rango de relación como relaciones medias. A su vez, los tanques 3 y 4 representaron el mayor porcentaje de supervivencia con un 90% cada uno, mientras que los tanques 1 y 2 presentaron valores del porcentaje de supervivencia del 60% y 70% respectivamente, relacionándose directamente con los valores de los iones evaluados en el control de calidad del agua.

Referente a la relación de los parámetros físico – químicos con el amonio presente en los tanques de estudio se determinó una fuerte relación en los puntos que convergen en una temperatura de 33°C, salinidad de 28 ppt, pH de 8.0 y un amonio de 0.1, relacionándolo a su vez con la supervivencia de estos.

En la comparación de los intervalos permisibles con los obtenidos en el actual estudio se obtuvo que para los cuatro tanques la salinidad, pH y nitritos se encontraban dentro de los intervalos permisibles, mientras que la temperatura, alcalinidad y amonio se mantuvieron fuera de los rangos estandarizados, pero a su vez, existieron pequeñas fluctuaciones que permitieron una reestandarización donde a pesar de los cambios la supervivencia de estos no disminuye debido al balance iónico correcto de los otros iones complementarios.

10.3 Recomendaciones

- Extender el número de monitoreos analizando a la par más de una producción con el fin de obtener correlaciones más estables al incorporar mayor número de datos.
- Relacionar los valores obtenidos del amonio tóxico con otras variables como el tipo de alimentación suministrada a las larvas de camarón con el fin de comprender de manera completa las correlaciones obtenidas en el presente estudio.
- Realizar nuevos estudios sobre los rangos de iones actuales que maneja el agua de mar, debido al calentamiento global estos a lo mejor presenten fluctuaciones anteriormente no monitoreadas.
- Estudiar a nivel biológico en las larvas de *Litopenaeus vannamei* la hemolinfa, hepatopáncreas y branquias para determinar osmorregulación de esos iones y su importancia con la respuesta fisiológica desde un enfoque netamente biológico.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, H. &. (1999). *Estadística para las ciencias sociales y del comportamiento*. México: Oxford University.
- APHA, A. a. (2005). “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*”, 21st ed. American Public Health Association, Washington.
- Araujo Chévez, C. I. (2010). Cuantificación de plomo, mercurio y cadmio en agua de consumo humano de cinco comunidades de El Salvador por espectrofotometría de absorción atómica. *Universidad de El Salvador*, http://ri.ues.edu.sv/2370/1/Cuantificaci%C3%B3n_de_plomo%2C_mercurio_y_cadmio_en_agua_de_consumo_humano_de_cinco_comunidades_de_El_Salvador_por_espectrofotometr%C3%ADa_de_absorci%C3%B3n_at%C3%B3mica.pdf.
- Arias Araya, M. F. (2018). Variación temporal de la calidad de agua del manglar y sistemas de cultivo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en el Distrito de Colorado, Abangares. *Universidad Técnica Nacional*, <https://hdl.handle.net/20.500.13077/153>.
- Astudillo. (2021). *Causas y efectos de condiciones anóxicas en estanques de cultivo de Litopenaeus vannamei*. UTMACH, 3Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16576/1/ECUACA-2021-IAC-DE00001.pdf>.
- Balnova. (2014). *pH en estanques de camarón (en línea, sitio web)*. Consultado el 14 de mayo de 2022. Disponible en: <https://www.balnova.com/ph-enestanques-de-camaron/>. Guayaquil – Ecuador.
- Barrera, M. A. (2014). *Uso de la correlación de Spearman en un estudio de intervención en fisioterapia*. *Movimiento científico*, 8(1), 98-104.
- Boy, A. &. (2004). *Acclimating Pacific White Shrimp, Litopenaeus vannamei to Inland Low-Salinity Waters*. SRAC Publication No. 2601.
- Boyd. (2018). *Revisando el desequilibrio iónico en el cultivo de camarón a baja salinidad* <https://www.globalseafood.org/advocate/revisando-el-desequilibrio-ionico-en-el-cultivo-de-camaron-a-baja-salinidad/>.
- Boyd C. (2019). *Una revision de los productos de mejora de la calidad del agua*.
- Boyd, C. (2001). *Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón en; Haws, MC., Boys, C.E. (eds). Métodos para mejorar la camarónicultura en Centroamerica*. Editorial-Imprenta UCA, Managua, Nicara 24-25p.
- Boyd, C. E. (1992). *Water Quality and Pond Soil Analyses for Aquaculture*. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama, USA. 183 pp.
- Brown, R. M. (1970). *A Water Quality Index - Do We Dare, Proceedings of the National Symposium on Data and Instrumentation for Water Quality Management, Conference of State Sanitary Engineers and Wisconsin University, July 21-23-1970, Madison, WIS, p. 364-383*.

- Cakmak, I. (2015). *Sinergismos y Antagonismos entre Nutrientes Minerales Durante la Absorción y Transporte en las Plantas. Curso Internacional sobre Nutrición de Cultivos. Intagri.*
- Carranza. (2020). Carranza, É. O. (2020). *Evaluación de la tasa de consumo de oxígeno del Penaeus vannamei con relación a la salinidad, temperatura y peso corporal. Revista Ciencia y Tecnología, (25), 55-65.*
- Carranza R., J. J. (2005). *Evaluación de cuatro tipos de cal sobre la calidad del agua en una finca camaronera en Choluteca, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana, CPA-2005-T016.pdf (185.44 KB).*
- Chavez. (2021). *Balance iónico en cultivo de camarón blanco Litopenaeus vannamei. Framacua S.A. Obtenido de: <https://es.linkedin.com/pulse/balance-i%C3%B3nico-en-cultivo-de-camar%C3%B3n-blanco-vannamei-ch%C3%A1vez-garcia>.*
- Chávez, J. (2022). *Calidad de aguas en la producción acuícola. PROAL Consulting.*
- Chica, D. (2019). *Comparación del crecimiento y supervivencia en etapa de engorde de Litopenaeus vannamei con tres frecuencias de alimentación (Tesis de Postgrado) Universidad Nacional De Tumbes. TUMBES, PERU.*
- Ching, C. (2014). *Manejo del cultivo de camarón en agua de baja salinidad. Nicovita.*
- Crespin, Á. N. (2021). *Análisis de la producción de camarón en el Ecuador para su exportación a la Unión Europea en el período 2015-2020. Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional, 6(9), 1040-1058.*
- Davila. (2022). *Relación entre los niveles de oxígeno y la turbidez del agua en cultivos de camarón blanco (Litopenaeus vannamei).UTMACH.*
- Delgado-Díaz, L. M. (2020). *Incorporación de bacterias ácido lácticas nativas como probióticos en el cultivo de camarón blanco Litopenaeus vannamei (Boone 1931) en la camaronera Las Ánimas, El Salvador. Revista Minera, <https://doi.org/10.5281/rm-ues.v3i1.66>.*
- Ecuador, (. B. (2021). *Información Económica - Banco Central del Ecuador.*
- Emerson, K. R. (1975). *Emerson, K., Russo, R. C., Lund, R. E., & Thurston, R. V. (1975). Aqueous ammonia equilibrium calculations: effect of pH and temperature. Journal of the Fisheries Board of Canada, 32(12), 2379-2383.*
- Encalada Dávila, A. E. (2021). *Determinación de metales Cu, Cd, Pb y Zn, en músculo de camarón (Penaeus vannamei), agua y sedimento de piscinas camaroneras de la zona sur del país. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana . Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20131>*
- FAO. (2020). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción . Roma.*
- FAO. (2009). *Penaeus vannamei. In Cultured aquatic species fact sheets. Text by Briggs, M. Edited and compiled by Valerio Crespi and Michael New. CD-ROM (multilingual).*
- Fuentes, F. &. (2002). *Manual de Ecología Microbiana. Universidad de Puerto Rico.*

- García, S. J. (2018). *Variables fisicoquímicas ambientales que inciden en el cultivo de camarón Litopenaeus vannamei, en Coyuca de Benítez, Guerrero, México. Revista Mexicana de Agroecosistemas, 5(2). 21- 3.*
- Garnica, F. (2016). *Rediseño del sistema térmico para la producción de nauplios de camarón (Bachelor's thesis).*
- Gucic. (2008). *Digestibilidad in vivo de alimentos comerciales y experimentales para camarón blanco (Litopenaeus vannamei) cultivado a diferentes salinidades.*
- Hernández Sampieri, R. &. (1998). *Metodología de la investigación. México: McGraw-Hill.*
- Hernández, J. (2016). *Caracterización de la calidad de agua en un sistema intensivo de cultivo de camarón blanco Litopenaeus vannamei, en condiciones de alta salinidad con recambio de agua limitado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, 119. Obtenido de <http://dsp>.*
- Holguín, C. E. (2020). *Evaluación de parámetros físico-químicos de aguas de pozo para cultivo intensivo de camarón blanco del Pacífico Penaeus vannamei con baja tasa de recambio (Doctoral dissertation, ESPOL. FIMCM).*
- Jiménez, A. y. (2000). *Determinación de los parámetros físico-químicos de las aguas [en línea]. Recuperado mayo 20, 2014, de <http://ocw.uc3m.es/ingenieriaquimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>.*
- Johnny M. Delgado Mera, R. R. (2020). Variación de la calidad de agua en el estuario del río Chone, Manabí, Ecuador. *Universidad Técnica de Manabí., Foro Iberoam. Rec. Mar. Acui. 9 (2020):512-521.*
- Knights, A. (2000). *El rol de los equilibrios iónicos en el examen de la fiabilidad de los datos analíticos: un estudio de caso de la corriente Mendip. Universidad Bristol .*
- Kubitza, F. (2017). *Global Seafood Alliance_ Obtenido de:<https://www.globalseafood.org/advocate/el-parametro-de-calidad-del-agua-a-menudo-ignorado-ph/>.*
- Loaiza P. (2022). *Evaluación del crecimiento y supervivencia de camarón blanco (Litopenaeus vannamei) cultivados a diferentes salinidades y densidades de siembra.*
- Lucas D. (2014). *“Estudio de la calidad de agua de la represa San Vicente – Colonche, mediante el uso de índices de calidad de agua (ICA) y macroinvertebrados acuáticos indicadores (MAIA) de enero a septiembre del 2013”. La Libertad-Ecuador. .*
- Mancheno, M. (2016). *“Evaluación de la calidad del estado ecológico de la Reserva Manglares Churute por medio del análisis de calidad de agua, sedimentos e índices bióticos” Proyecto de Graduación previo a la obtención del Título de: Magíster en Ciencias Ambientales ESPOL.*
- Martínez, F. A. (2008). *Parámetros importantes a controlar en un sistema de cultivo de peces [en línea]. Recuperado julio 18, 2014, de*

<https://industriadepisicicultura.wikispaces.com/file/view/PISCICULTURA+PARAMETROS+IMPORTANTES.pps>.

- Merizalde M, A. B. (2018). "Tecnificación en la producción del camarón para su exportación". Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, (marzo 2018). En línea: <https://www.eumed.net/rev/oel/2018/03/produccion-camaron-exportacion.html/hdl.handle.net/20.500.11763/oel1803produccion-camaron-exportacion>.
- Meza, M. C. (2017). *Innovación en el sector acuícola. Ra Ximhai*, 13(3), 351-364.
- Millero, F. J. (1996). *Chemical oceanography. CRC press*.
- Molleda., M. I. (2023). *Calidad del agua en sistemas acuícolas de recirculación (ras) para el cultivo de salvelino (salvelinus alpinus L.)*.
- Moraga. (2015). *Salinidad y temperatura óptimas para reproducción ovípara y desarrollo de Artemia franciscana. Scielo*.
- Muños, N. (2018). *Estudio de factibilidad del cultivo híper-intensivo de camarón. http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/11562/1/T-UCSG-PRE-ECO-GES505.pdf*.
- Muñoz, M. (2022). *Análisis de la calidad de agua en cultivo de larvas de camarón aplicando índice de calidad de agua ICA (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena. 2022)*.
- N. Prat. (1998). "Bioindicadores de calidad de las aguas," *Memorias del curso de bioindicadores de Calidad del Agua., Medellín: Universidad de Antioquia, 1998*.
- Olivo-Gutiérrez, M. V.-R.-D.-G.-G. (2018). *Prototipo para el monitoreo automatizado de parámetros de calidad del agua en una granja de camarón. Científica*, 22(2), 87-95.
- Páez, F. y. (2015). *Toxicidad de los Compuestos del Nitrógeno en camarones. Laboratorio de Estudios Ambientales, Facultad de Ciencias del Mar, Unidad Académica Mazatlán, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*.
- Palma, G. y. (2012). *Crecimiento de camarones Litopenaeus vannamei en etapa de postlarvas cultivados en dos densidades de siembra 100 y 150 pls/m2 (tesis de postgrado). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. León, Nicaragua*.
- Peluso, M. L. (2021). *Bioensayos de toxicidad. Libros de Cátedra*.
- Pérez, J. A. (2019). *Condiciones ambientales y su relación con el rendimiento productivo en sistemas de producción camaronera de camandul s.a durante el período 2018-2020. repositorio digital de la universidad de especialidades espíritu santo, http://repositorio.uees.edu.ec/123456789/3428*.
- Piedrahita, Y. (2018). *Global Aquaculture. Obtenido de https://www.globalseafood.org/advocate/la-industria-de-cultivo-de-camaron-en-ecuador-parte-1/*.

- Pillay, T. y. (2005). *Acuicultura, Principios y Prácticas*, 2^a Edición. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, Reino Unido. 630 págs.
- Quimis. (2019). *Calidad de agua en un sistema intensivo de cultivo de camarón blanco *Penaeus vannamei* en condiciones de baja salinidad [Ingeniero en acuicultura, Escuela Superior Politécnica del Litoral]*. [Hhttp://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/51424](http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/51424).
- RASRH. (2004). *República Argentina Subsecretaria de Recursos Hídricos de la Nación, Desarrollos de niveles guía nacionales de calidad de agua ambiente correspondientes a amoniaco*.
- Ricardo, M. K. (2022). *Incidencia de los niveles de calcio, magnesio, potasio y su impacto en el desarrollo larvario del *litopenaeus vannamei* en los meses de marzo a junio en la zona de chanduy-provincia de santa elena (Doctoral dissertation, ESPOL. FCNM)*.
- Rivera. (2017). *Influencia de la concentración de amonio y su relación con las comunidades bacterianas en piscinas camaroneras*.
- Rojas, A. H. (2005). *Buenas Prácticas de Manejo Para el Cultivo de Camarón. The David and Lucile Packard Foundation. United States Agency for International Development (Cooperative Agreement No. PCE-A-00-95- 0030-05)*.
- Roma., F. (2022). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción* . .
- Salazar, V. (2017). *Cultivo Intensivo de Camarón Blanco *Litopenaeus vannamei* en sistemas cerrados de recirculación. Guayaquil, Guayas, Ecuador*.
- Sánchez-Díaz, J. S.-R.-R.-M.-P.-G.-S. (2017). *Equilibrio ácido-base. Puesta al día. Teoría de Henderson-Hasselbalch. Medicina Interna de México, 32(6), 646-660*.
- Saud. (2022). *Calidad del agua en cultivo simbiótico de larvas de camarón (Doctoral dissertation, Ecuador-PUCESE-Escuela de Gestión Ambiental)*.
- Srivastava. (2013). *Water Quality Index with missing parameters, HBTI Kanpur, India*.
- TEXCUMAR. (2019). *TEXCUMAR Centro de Reproducción y Mejoramiento Genético de Camarón. Obtenido de <http://www.textcumar.com/Productos.aspx>*.
- Thakur, K. (2018). *Production characteristics of intensive whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farming in four Vietnam Provinces. Charlottetown, Canada: Aquaculture Research*.
- Thurston, R. R. (1981). *Ammonia toxicity to fishes. Effect of pH on the toxicity of the un-ionized ammonia species. Environmental Science & Technology, 15: 837-840*.
- Toro. (2022). *Influencia del pH sobre los parámetros abióticos en estanques de cultivo de camarón blanco del pacífico (*Litopenaeus vannamei*)*.
- Ulloa, T. R. (2015). *El efecto de dos porcentajes de recirculación de agua en el cultivo de camarón (*Litopenaeus vannamei*)*. Tesis Ing. Machala. Ecuador. 74 p.
- Valdez, G. D. (2008). *Effect of salinity on physiological energetics of white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone). Hidrobiologica, 18(2), 105-115*.

- Villegas Sandoval, K. J. (2023). *Calidad de agua en el engorde del “camarón blanco” Litopenaeus vannamei Boone, 1931, en Ecoacuícola SAC Chapairá, Piura, Perú.*
- WoRMS, C. e. (2023). *Registro Mundial de Especies Marinas. Disponible en <https://www.marinespecies.org> en VLIZ. Consultado el 29 de junio de 2023. doi:10.14284/170.*
- Xylem Brand-YSI. (2015). *YSI 9300 and 9500 Photometers User Manual. USA: Z1NST7500YSI.*
- Zoppas, F. M. (2018). *Purificação de água: eliminação de nitratos, nitritos e compostos orgânicos utilizando catalisadores em pó e estruturados.*

12. ANEXOS

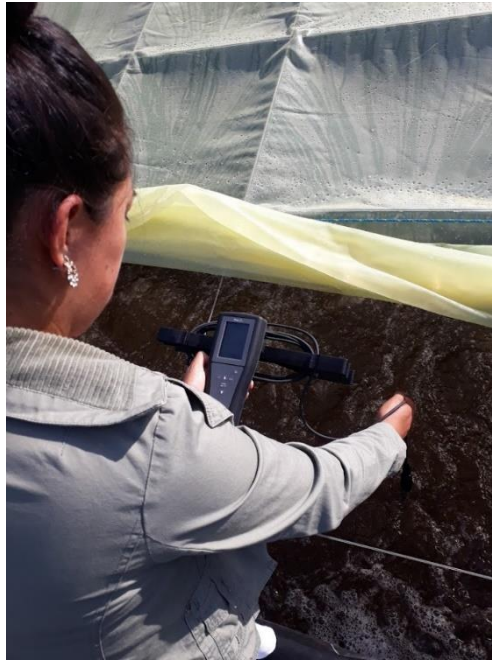
FOTOGRAFÍAS



Fotografía 1. Laboratorio ACUATEXA área de larvicultura de camarón donde se realizaron la toma de los parámetros físico-químicos y toma de muestras para calidad de agua de Paola Lema. (Laboratorio ACUATEXA,2023)



Fotografía 2. Recolecta de muestras para realizar el análisis de iones de calidad de agua en el laboratorio de larvicultura de camarón de Paola Lema. (Laboratorio ACUATEXA,2023)



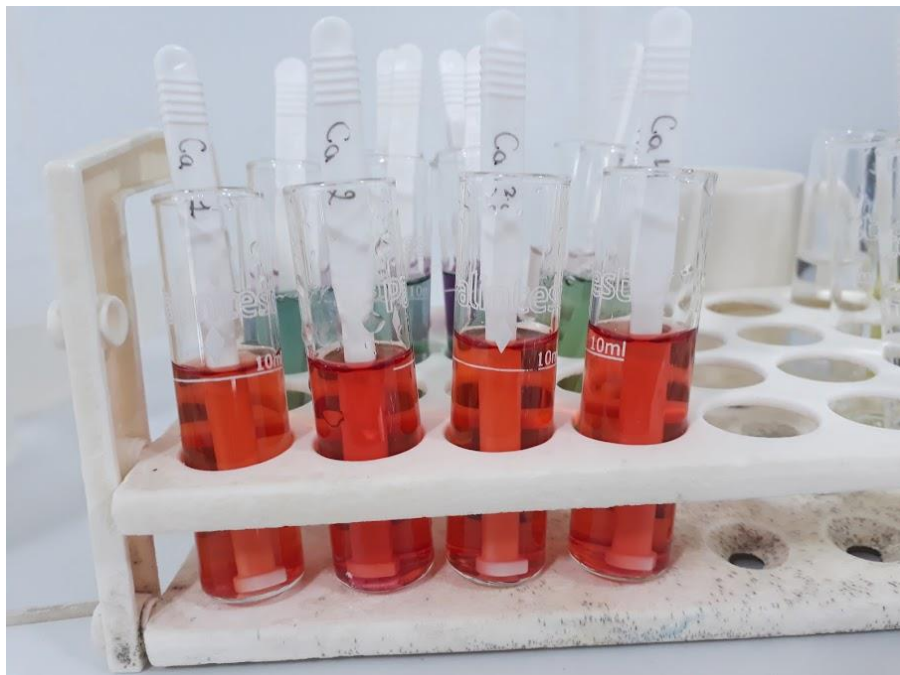
Fotografía 3 Toma de parámetros de Temperatura y Oxígeno Disuelto en el laboratorio de larvicultura de larvas de Paola Lema. (Laboratorio ACUATEXA,2023)



Fotografía 4 Materiales y muestras de agua para el análisis de iones de calidad de agua que se utilizaron en la metodología de Paola Lema. (Laboratorio ACUATEXA,2023)



Fotografía 5 Toma de muestras para realizar las diferentes diluciones para el análisis de calidad de agua que se utilizaron en la metodología de Paola Lema. (Laboratorio ACUATEXA,2023)



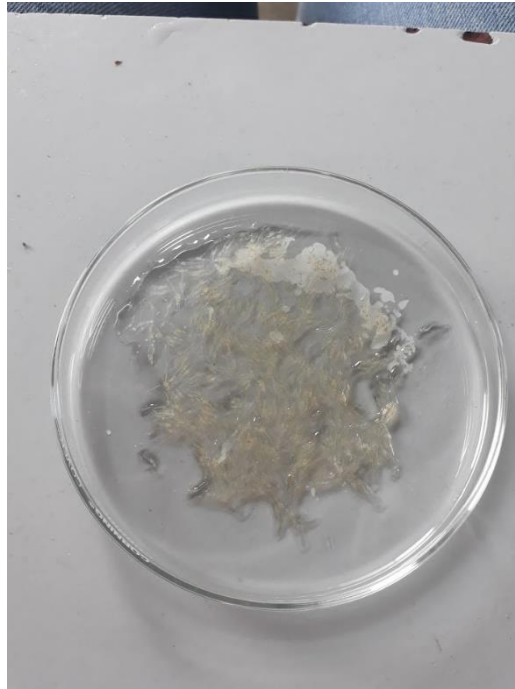
Fotografía 6 Ejemplo de color del análisis del ion calcio para determinar la calidad de agua de Paola Lema. (Laboratorio ACUATEXA,2023)



Fotografía 7 Materiales del laboratorio de Microbiología donde se realizó el análisis de calidad de agua de Paola Lema. (Laboratorio ACUATEXA,2023)



Fotografía 8 Observación microscópica de las larvas de camarón en estadio de P13 del área de Larvicultura de Paola Lema. (Laboratorio ACUATEXA,2023)



Fotografía 9 . *Observación macroscópica de las larvas de camarón para determinar el Pelegrano del área de Larvicultura de Paola Lema. (Laboratorio ACUATEXA,2023)*



Fotografía 10 *Toma de parámetros de Temperatura y Oxígeno Disuelto en el laboratorio de larvicultura de larvas de Paola Lema. (Laboratorio ACUATEXA,2023)*

Fecha	Alcaldía	Horario	Muestra	Muestro	Latitud	Longitud	U.C.
13	120	20	45	150			
14	120	20	45	150			
15	120	20	45	150			
16	120	20	45	150			
17	120	20	45	150			
18	120	20	45	150			
19	120	20	45	150			
20	110	20	45	150			
21	110	20	45	150			
22	110	20	45	150			
23	110	20	45	150			
24	110	20	45	150			
25	110	20	45	150			
26	110	20	45	150			
27	110	20	45	150			
28	110	20	45	150			
29	110	20	45	150			
30	110	20	45	150			
31	120	20	45	150			
32	120	20	45	150			
33	120	20	45	150			
34	120	20	45	150			
35	120	20	45	150			
36	120	20	45	150			
37	120	20	45	150			

08:00 - Orzocoima - 200g. Yu.
 10:00 - Orzocoima - 200g. Yu.
 14:00 - Chiboyac - 100g. Yu.
 16:00 - F. D. T. A. - 150g. Yu.
 19:00 - F. D. T. A. - 90g. Yu.
 21:00 - Orzocoima - 200 ml. Yu.
 23:00 - Hidrocarb. - 10g. Yu.
 02:00 - Chiboyac - 80g. Yu.
 Temp. 33.00 C.
 18:00 - Orzocoima - 10g. Yu.
 19:00 - Orzocoima - 10g. Yu.

Fotografía 12 De la tabla de alimentación y la frecuencia de esta en todo el periodo de muestreo de Paola Lema. (Laboratorio ACUATEXA, 2023).

	A	B	C	D
T ₀	33	36	32	38
PH	8.2	8.04	8.00	8.05
PH	86.1	27.3	27.4	25.7
ORP	113	133	133	133
Cl ₂	70	75	65	60
CO ₂	115	120	105	100
HCO ₃	740	750	730	725
CaCO ₃	229	242	222	209
Ca	92	97	89	84
Mg	2100	1700	1500	1200
CaCO ₃	84	70	62	70
K	7000	690	580	720
N	0.08	0.07	0.07	0.07
N ₂	0.10	0.08	0.08	0.08
NO ₃	0.0	0.09	0.09	0.09
N ₂	0.055	0.035	0.055	0.040
NO ₂	0.184	0.247	0.280	0.197

Ministerio del Ambiente

Fotografía 11 Recolección de los parámetros de físico-químicos y de los resultados de los iones de Paola Lema. (Laboratorio ACUATEXA, 2023).

Tabla 15 Resultados completos (expandidos) de la correlación de Pearson de todos los parámetros de calidad de agua con el amonio tóxico.

Correlación de PEARSON

		T°	PPT	pH	AT	Ca	K	Mg	NH ₄ ⁺	Amonio tóxico	NO ₂ ⁻	TAN
Temperatura	Correlación de Pearson	1,00	0,59	-0,51	0,41	0,67	-0,16	-0,20	0,45	-0,37	0,70	0,44
	Sig. (bilateral)		0,054	0,045	0,027	0,036	0,088	0,073	0,013	0,014	0,026	0,014
	N	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
SALI	Correlación de Pearson	0,59	1,00	-0,24	0,24	0,33	-0,37	-0,60	,717	-0,16	0,36	,716
	Sig. (bilateral)	0,054		0,063	0,034	0,023	0,089	0,082	0,001	0,053	0,014	0,001
	N	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
pH	Correlación de Pearson	-0,51	-0,24	1,00	-0,70	-0,62	0,13	0,41	-0,75	0,94	0,78	0,54
	Sig. (bilateral)	0,045	0,063		0,057	0,081	0,057	0,011	0,011	0,044	0,014	0,056
	N	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Alcalinidad	Correlación de Pearson	0,41	0,24	-0,70	1,00	-0,84	-0,23	-0,13	0,78	,537	0,81	0,69
	Sig. (bilateral)	0,027	0,034	0,057		0,050	0,068	0,087	0,028	0,026	0,045	0,030
	N	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
CA	Correlación de Pearson	0,67	0,33	-0,62	-0,84	1,00	0,22	0,16	0,22	-0,14	0,70	0,21

	Sig. (bilateral)	0,036	0,023	0,081	0,050		0,034	0,054	0,040	0,077	0,022	0,039
	N	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Potasio	Correlación de Pearson	-0,16	-0,37	0,13	-0,23	0,22	1,00	0,48	-0,23	-0,25	-0,20	-0,30
	Sig. (bilateral)	0,088	0,089	0,057	0,068	0,034		0,051	0,075	0,082	0,079	0,075
	N	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Magnesio	Correlación de Pearson	-0,20	-0,60	0,41	-0,13	0,16	0,48	1,00	-0,28	-0,63	-0,03	-0,29
	Sig. (bilateral)	0,073	0,082	0,011	0,087	0,054	0,051		0,070	0,081	0,068	0,067
	N	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Amonio	Correlación de Pearson	0,45	,0717	-0,75	0,78	0,22	-0,23	-0,28	1,00	-0,79	0,72	1,000
	Sig. (bilateral)	0,013	0,001	0,011	0,028	0,040	0,075	0,070		0,014	0,024	0,000
	N	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Amonio toxico	Correlación de Pearson	-0,037	-0,162	0,052	0,537	-0,141	-0,025	-0,063	-0,079	1,000	1,000	0,023
	Sig. (bilateral)	0,014	0,053	0,044	0,026	0,077	0,082	0,081	0,018		0,029	0,047
	N	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Nitritos	Correlación de Pearson	0,70	0,36	0,78	0,81	0,70	-0,30	-0,30	0,72	0,23	1,00	0,30

	Sig. (bilateral)	0,026	0,016	0,014	0,045	0,022	0,079	0,068	0,024	0,029		0,024
	N	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
TAN	Correlación de Pearson	0,44	,0716	0,54	0,69	0,21	-0,30	-0,29	1,000	-0,63	0,30	1,00
	Sig. (bilateral)	0,014	0,001	0,056	0,030	0,039	0,075	0,067	0,000	0,047	0,024	
	N	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17



CARTA AVAL

Verificado el contenido correspondiente del trabajo de Tesis previo a la obtención del título de Bióloga de la Srta. **JÉSSICA PAOLA LEMA NAVARRO** portador de C.I. 1725165011 cuya propuesta se titula: “**RELACIÓN ENTRE CALIDAD DE AGUA Y AMONIO TÓXICO EN UN PERÍODO DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE CAMARÓN *LITOPENAEUS VANNAMEI* EN SANTA ELENA-SANTA ELENA**”, el que acoge las observaciones citadas por los revisores, se determinó que cumple con los requisitos establecidos por lo que otorgo el Aval respectivo que le permita la continuidad del proceso académico.

La Libertad, 27 de julio del 2023

Atentamente



Firmado digitalmente por:
**MERY ROSARIO
RAMIREZ MUNOZ**

Q.F Mery Ramírez Muñoz, MSc.

Docente

Universidad Estatal Península de Santa Elena UPSE

Archivo