



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

CARRERA DE BIOLOGÍA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de:

BIÓLOGA

Tema

**ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA EN CULTIVO DE LARVAS DE
CAMARÓN APLICANDO ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)**

Autor

Martha Carolina Muñoz Villón

Tutor:

Blga. Dennis Tomalá Solano, M. Sc

LIBERTAD - ECUADOR

2022

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

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de:

BIÓLOGA

Tema

**ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA EN CULTIVO DE LARVAS DE
CAMARÓN APLICANDO ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)**

Autor

Martha Carolina Muñoz Villón

Tutor:

Blga. Dennis Tomalá Solano, M. Sc

LIBERTAD - ECUADOR

2022

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad del contenido expuesto en este trabajo de Titulación me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.



Martha Carolina Muñoz Villón

CI. 2450017989

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación va dedicado a Dios, quien en tiempos de pandemia que aún no culmina, me ha brindado salud y vida, mientras otros amigos, seres queridos, continúan padeciendo los estragos de esta enfermedad, he podido gozar de buena salud, misma que me ha permitido poder esforzarme por culminar este objetivo de mi vida profesional.

A mis padres y familia en general quienes gracias a su apoyo constante y perseverancia me han demostrado que los sueños se pueden cumplir.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

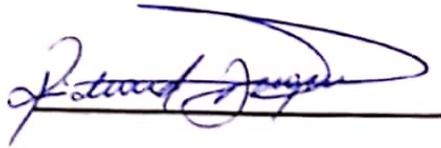
A mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida, en especial a mi hermana Karla Muñoz que siempre ha estado junto a mi brindándome su apoyo durante mi carrera.

A mis padres Henry Muñoz y Martha Villón, que me acompañaron en esta etapa con apoyo incondicional, amor y confianza, permitieron que logre culminar mi carrera profesional.

De manera especial a la Blga. Dennis Tomalá Solano, M. Sc, en calidad de tutor quien se ha tomado el arduo trabajo de impartirme sus conocimientos profesionales, también por la paciencia brindada, la confianza y apoyo, además de sus correcciones durante toda la inducción.

A los docentes de la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena por las enseñanzas brindadas y quienes aportaron a los conocimientos de mi preparación universitaria.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



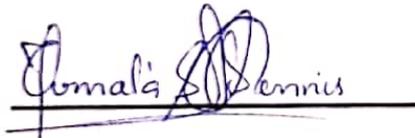
Blgo. Richard Duque Marin, Mgt.

DECANO



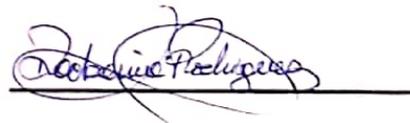
Ing. Jimmy Villón Moreno, M. Sc

DIRECTOR



Blga. Dennis Tomalá Solano, M. Sc

DOCENTE TUTOR



Blga. Dadsania Rodríguez Moreira, Mgt

DOCENTE DE ÁREA



Ab. Víctor Coronel Ortiz, M.Sc.

SECRETARIO GENERAL

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
2. JUSTIFICACIÓN	2
3. OBJETIVOS	3
3.1. Objetivo general	3
3.2. Objetivos específicos.....	3
4. HIPÓTESIS	4
5. MARCO TEÓRICO	5
5.1. Calidad de agua en la Acuicultura.....	5
5.2. Índice de calidad de agua	5
5.3. Parámetros utilizados en ICA.....	6
5.3.1. Oxígeno disuelto (OD).....	6
5.3.2. Temperatura	7
5.3.3. pH.....	8
5.3.4. Coliformes fecales.....	8
5.3.5. Fosfatos	9
5.3.6. Nitratos.....	9
5.3.8. Turbidez	10
5.3.9. Demanda Biológica de Oxígeno	11
6. METODOLOGÍA.....	12
6.1. Área de estudio.....	12
6.2. Fase de campo	12
6.3. Fase de Laboratorio	13
6.3.1. Coliformes fecales.....	13
6.3.2. Nitratos.....	14
6.3.3. Fosfato.....	14
6.4. Análisis de datos.....	15
7. ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	18
7.1. Parámetros físicos-químicos que fueron tomados durante el periodo de estudio.....	18

7.1.1. Concentración de oxígeno disuelto por tanques en los ciclos de producción	18
7.1.2. Concentración promedio de oxígeno disuelto por ciclos de producción	19
7.1.3. Concentración de temperatura por tanques en los ciclos de producción	20
7.1.4. Concentración promedio de temperatura por ciclos de producción	21
7.1.5. Concentración de pH por tanques en los ciclos de producción	22
7.1.6. Concentración promedio de temperatura por ciclos de producción	24
7.3. Análisis de coliformes fecales durante los dos ciclos de producción.	25
7.3.1. Análisis de coliformes fecales por tanques durante el ciclo 1	25
7.4. Concentración promedio de nitrato por ciclos de producción	29
7.5. Concentración promedio de fosfato por ciclos de producción	30
7.6. Concentración de sólidos disueltos totales por tanques en los ciclos de producción	31
7.6.1. Concentración promedio de sólidos disueltos totales por ciclos de producción	31
7.7. Nivel promedio de turbidez por ciclos de producción.....	32
7.8. Calidad de agua por tanques durante los ciclos de producción.....	33
8. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	36
9. CONCLUSIONES	39
10. RECOMENDACIONES	41
11. BIBLIOGRAFÍA.....	42
12. ANEXOS.....	49

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del laboratorio de larvas.....	12
Figura 2. Toma de parámetros físicos.....	49
Figura 3. Análisis de laboratorio.....	49
Figura 4. Tabla colores del kit de colorimetría de Nitrato.....	50
Figura 5. Tabla de colores del kit de colorimetría del Fosfato.	50

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros de calidad de agua de acuerdo al orden de importancia para la determinación de la fórmula ICA, en tanques de cultivos de post larvas de camarón.....	16
Tabla 2. Rangos para evaluar los resultados del índice de calidad de agua	16

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfica 1. Concentración de Oxígeno disuelto por tanques en los ciclos de producción.....	19
Gráfica 2. Concentración promedio de oxígeno disuelto por ciclos de producción	20
Gráfico 3. Concentración de temperatura por tanques en los ciclos de producción	21
Gráfico 4. Concentración promedio de temperatura por ciclos de producción....	22
Gráfico 5. Concentración de temperatura por tanques en los ciclos de producción	23
Gráfico 6. Concentración promedio de pH por ciclos de producción.....	24
Gráfico 7. Porcentaje de sobrevivencia por ciclos de producción.....	25
Gráfico 8. Muestra, parte superficial a 20 cm del tanque 14 (Inicio del ciclo de producción); (a) antes; (b) 24 horas después.....	26
Gráfico 9: Muestra 2, parte media a 50 cm del tanque 6 (fase media del ciclo de producción); (a) antes; (b) 24 horas después.....	26
Gráfico 10: Muestra 3 a 80 cm de profundidad, del tanque 17 (fase final del ciclo de producción); (a) antes; (b) 24 horas después.....	27
Gráfico 11: Muestra 1, parte superficial a 20 cm del tanque 6 (Inicio del ciclo de producción); (a) antes; (b) 24 horas después.....	28
Gráfico 12: Muestra 2, parte media a 50 cm del tanque 11 (fase media del ciclo de producción); (a) antes; (b) 24 horas después.....	28
Gráfico 13: Muestra 3 a 80 cm de profundidad, del tanque 14 (fase final del ciclo de producción); (a) antes; (b) 24 horas después.....	29
Gráfico 14. Concentración promedio de nitrato por ciclos de producción	30
Gráfico 15. Concentración promedio de fosfato por ciclos de producción.....	30
Gráfico 16. Concentración sólidos disueltos totales por ciclos de producción....	32
Gráfico 17. Concentración promedio de sólidos disueltos totales por ciclos de producción.....	32
Gráfico 18. Nivel promedio de turbidez por ciclos de producción	33
Gráfico 19. Variación de valores ICA durante los dos ciclos de producción.....	33
Gráfica 20. Comparación del análisis de calidad de agua ICA entre los dos ciclos de producción.....	35

GLOSARIO

Anaerobios facultativos: Son los organismos que pueden desarrollar tanto un metabolismo respiratorio usando el oxígeno, como fermentativo en ausencia de oxígeno. Suelen encontrarse en la piel o la vía aérea alta como parte de la flora normal.

Bacterias nitrificantes: son organismos que consiguen su energía por la oxidación de los compuestos inorgánicos del nitrógeno. Muchas especies de bacterias nitrificantes tienen sistemas complejos de membrana interna que son donde residen las enzimas clave en la nitrificación: amoníaco monooxigenasa que oxida amoníaco a hidroxilamina, y nitrito oxidirreductasa, que oxida nitrito a nitrato.

Disco Secchi: Es un instrumento de medición de la penetración luminosa, y por ello de la turbidez, en masas de agua como ríos, lagos y mares.

Eutrofización: Proceso natural en ecosistemas acuáticos, especialmente en lagos, caracterizado por un aumento en la concentración de nutrientes como nitratos y fosfatos, con los consiguientes cambios en la composición de la comunidad de seres vivos.

Floculación: es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado.

ABREVIATURAS

DBO: Demanda Biológica de Oxígeno

ICA: Índice de la calidad del agua

LMP: Límite máximo permisible

mg/l: miligramos por litro

NO₃: Nitrato

NMP/100 ml: Número más probable por 100 ml

OD: Oxígeno disuelto

P: Fósforo Total

pH: Potencial de hidrogeno

SDT: Sólidos Disueltos Totales

TULSMA: Texto Unificado de Legislación Secundaria y Medio Ambiente

UNT: Unidad Nefelométrica de Turbidez

RESUMEN

En Ecuador, la acuicultura se desarrolló desde los años 80, implementándose gran cantidad de laboratorios dedicados al cultivo de la especie *Litopennaeus vannamei* desde sus primeros estadios. Un cultivo de larvas de camarón va a depender exclusivamente de los parámetros de calidad agua, debido a que son organismos delicados y susceptibles de padecer estrés a causa de no mantener las condiciones ambientales, dando como resultado la disminución de la supervivencia, la conversión alimenticia y la producción del cultivo. El presente trabajo tiene como finalidad, analizar la calidad de agua de los tanques de producción de un laboratorio de larvas de camarón ubicado en la Vía Punta Carnero - Anconcito, mediante la aplicación del índice ICA determinando las condiciones que presenta el cultivo. Se recolectaron muestras de 5 tanques elegidos al azar por cada ciclo. La lectura de parámetros como Nitrato, Fosfato y Coliformes fecales se realizaron mediante kits de colorimetría; los demás parámetros se midieron con equipos portátiles. Para la determinación del ICA según Rubio-Arias et al. (2012), se asignó un peso específico (W_i) dentro del rango de 1-4; siendo de manera ascendente según el nivel de importancia de cada parámetro; se asignó un valor (P_i) donde el número 1 fue para los rangos deseables de calidad y el 2 para los parámetros que se encuentran fuera de los rangos deseables o límites establecidos. Los valores W_i y P_i fueron registrados de acuerdo a la importancia dentro de los diferentes factores de contaminación de agua, la suma total mostró valores entre 2.4 a 2.9; los cuales, al ser comparados con los rangos establecidos por el ICA determinó que la calidad de agua de los tanques del laboratorio se encontró en estado *Bueno*. Es importante determinar la calidad del agua de los estanques, porque es un punto crítico en el proceso de producción y debe ser controlada en los parámetros físicos, químicos y biológicos para mantener una buena producción de larvas de camarón.

Palabras claves: larvas, laboratorio, ICA, parámetros

ABSTRACT

In Ecuador, aquaculture has been developed since the 1980s, with the implementation of a large number of laboratories dedicated to the culture of the species *Litopennaeus vannamei* from its early stages. A shrimp larvae culture will depend exclusively on water quality parameters, because they are delicate organisms and susceptible to stress due to not adequately maintaining environmental conditions, resulting in decreased survival, food conversion and crop production. The purpose of this study is to analyze the water quality of the production tanks of a shrimp larvae laboratory located on the Punta Carnero-Anconcito Road, by applying the ICA index to determine the conditions of the culture, comparing the water quality of the tanks analyzed. Samples were collected from 5 laboratory tanks chosen at random during two production cycles. Parameters such as nitrate, phosphate and fecal coliforms were measured using colorimetry kits; the other parameters were measured using portable equipment. The results obtained were assigned a specific weight (W_i) within the range of 1-4 in ascending order of importance for each parameter, and a value (P_i) was assigned, where the number 1 was for desirable quality ranges and 2 for parameters outside the desirable ranges or established limits. The values W_i and P_i were according to the importance within the different water contamination factors, the total sum gave values between 2.4 to 2.9 when compared with the ranges established by the ICA determined that the water quality of the laboratory tanks was found to be in *Good* condition. It is important to determine the quality of the water in the ponds, because it is a critical point in the production process and must be controlled in physical, chemical and biological parameters to maintain a good production of shrimp larvae.

Key words: larvae, laboratory, ICA, parameters.

1. INTRODUCCIÓN

El agua de mar es usada por los laboratorios dedicados al cultivo de camarón y también por las industrias pesqueras, miles de toneladas de agua son bombeadas diariamente, convirtiéndose en un insumo fundamental para realizar distintas operaciones, principalmente en el cultivo de especies que están bajo control (Lenntech, 2009). En Ecuador la acuicultura se desarrolló desde los años 80, implementándose gran cantidad de laboratorios dedicados al cultivo de la especie *Litopennaeus vannamei* desde sus primeros estadíos. A pocos metros de la playa en la Península de Santa Elena desde la zona norte y sur existen construcciones para la producción de nauplios y post larvas de esta especie.

En los años 1999 y 2000 la actividad industrial dedicados a la producción de larvas se vio fuertemente afectado por la aparición del virus de la mancha blanca. Actualmente, el sector camaronero ha mantenido excelentes resultados dando una estabilidad con el manejo de tanques y piscinas para llegar a las cosechas con un camarón sano y a su vez tenga una gran demanda en los mercados a nivel nacional e internacional (Roca, 2015). Brown et al, 1970 elaboraron por primera vez la metodología para determinar el índice de calidad de agua, que sea sensible a los químicos más contaminantes y que como resultado un aporte con los efectos negativos de la contaminación al hombre y a la vida acuática, además debía permitir evaluar los cambios en la calidad del agua. El manejo adecuado de la calidad de agua en los tanques juega un papel significativo para el éxito de las operaciones acuícolas. Cada parámetro que está dentro de la calidad del agua puede afectar de manera directa la salud del animal. La exposición de larvas de camarones a niveles impropios de oxígeno disuelto, nitritos y amoniacó lleva a que este se estrese y se enferme. Por eso es fundamental llevar un balance en los niveles de cada parámetro para que los organismos gocen de buena salud y tengan un buen crecimiento (Mayer, 2020). El presente trabajo se llevó a cabo con la finalidad de conocer la calidad de agua de los tanques que son utilizados para el desarrollo de las larvas durante el ciclo de producción, mediante el índice de la calidad de agua (ICA).

2. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, la contaminación de agua ha sido un tema de análisis debido a las actividades antropogénicas que son la causa de los cambios en la calidad de agua. La información que genera la calidad de agua se deduce con la evaluación de la naturaleza física, química y biológica con relación con la calidad natural y los diferentes efectos antrópicos (Roca, 2015). Durante las descargas de agua, estas contienen nutrientes, materia orgánica y sólidos en suspensión, estas poseen un grado de contaminación ya que pueden deteriorar la calidad en los cuerpos receptores; al incrementar los nutrientes, la materia orgánica y los sólidos suspendidos de los afluentes de los laboratorios que pueden causar efectos adversos. Sin embargo, cuando las condiciones de calidad de agua son manejadas adecuadamente los efectos son mínimos.

El Índice de Calidad del Agua (ICA) se ha convertido en una herramienta fundamental para transmitir información sobre el grado de contaminación del agua. Según Fernández & Solano (2005) el ICA incorpora en una ecuación matemática los datos de los parámetros químicos, físicos y biológicos con la finalidad de evaluar el estado del agua y a su vez realizar un análisis general de la calidad en diferentes niveles. Un cultivo de larvas de camarón va a depender exclusivamente de los parámetros de calidad agua, debido a que son organismos delicados y susceptibles de padecer estrés a causa de no mantener las condiciones ambientales, dando como resultado la disminución de la supervivencia, la conversión alimenticia y la producción del cultivo.

Por lo cual, este presente trabajo tiene como finalidad examinar el laboratorio de larvas de camarón ubicado en la Vía Punta Carnero - Anconcito, mediante la aplicación del índice ICA para determinar las condiciones que presenta el cultivo.

3. OBJETIVOS

3.1.Objetivo general

Analizar la calidad de agua en el cultivo de larvas de camarón *Litopenaeus vannamei* mediante la aplicación de ICA comparando dos ciclos de producción de postlarvas en los diferentes tanques de cultivo.

3.2.Objetivos específicos

- Determinar los parámetros físicos-químicos del agua de tanques de cultivos de *Litopenaeus vannamei* mediante monitoreo *in situ* comparando la calidad de agua y la supervivencia durante dos ciclos de producción.
- Identificar presencia o ausencia de coliformes fecales mediante análisis cualitativo por colorimetría en tres profundidades (20 cm, 50 cm, 80 cm) antes de la siembra, durante el periodo de cultivo y después de cosecha.
- Estimar el índice de calidad de agua (ICA) a través del análisis cuali y cuantitativo para determinar la calidad de agua de tanques de cultivo.

4. HIPÓTESIS

H1. El análisis mediante la metodología ICA permitió conocer el estado actual de la calidad de agua de los cultivos de larvas de camarón en el laboratorio ubicado en el sector Punta Carnero – Salinas.

H0. El análisis mediante la metodología ICA no permitió conocer el estado actual de la calidad de agua de los cultivos de larvas de camarón en el laboratorio ubicado en el sector Punta Carnero – Salinas.

5. MARCO TEORICO

5.1. Calidad de agua en la Acuicultura

La calidad de agua en la acuicultura está dada por la unión de las propiedades físicas, químicas y biológicas del medio y también por las interacciones de los organismos vivos que habitan en él (Alatorre, 2007). Se denomina variable de calidad de agua a cualquier característica del agua que se vea afectado de un modo u otro en el comportamiento, reproducción, crecimiento, rendimiento por unidad de área, productividad primaria y manejos de especies acuáticas (Rodríguez & Anzola, 2016).

5.2. Índice de calidad de agua

Horton (1965) y Liedman (1969) fueron los que crearon una metodología unificada de parámetros para el cálculo del índice de calidad (ICA), lo que solo fueron utilizados y aceptados por las agencias de monitoreo de calidad de agua en los años 70, donde en ese tiempo ICA alcanzó una gran importancia en la evaluación del recurso del agua.

Según Fernández y Solano (2005) sostiene que en el universo se puede encontrar hasta 30 índices de calidad de agua, algunos utilizados frecuentemente y con una cantidad de variables que van de 3 a 72. En la mayoría de los índices consideran al menos 3 del listado de parámetros siguiente: oxígeno disuelto, Demanda biológica de oxígeno (DBO) o demanda química de oxígeno (DQO), nitrógeno en forma amoniacal y de nitratos ($\text{NH}_4\text{-N}$ y $\text{NO}_3\text{-N}$), fósforo en forma de orto fosfato ($\text{PO}_4\text{-P}$), pH y sólidos totales (ST).

En agua es considerada un recurso esencial que requiere la atención de los estados porque es indispensable para la preservación de la vida. Según Castro et al, (2014) la calidad de agua es medida de acuerdo con los diferentes parámetros donde se cuantifican el grado de alteración de las cualidades naturales y se la clasifica para un uso determinado. El Índice de Calidad de Agua (ICA) muestra el grado de contaminación del agua en la fecha de muestreo y se expresa como porcentaje del

agua pura; el agua altamente contaminada tendrá un cercano o igual a 0%, el 50% para una buena condición del agua y el agua en excelentes condiciones tendrá un valor cercano al 100 % (Guillén et al, 2016).

El ICA se ha convertido en una herramienta fundamental para transmitir información a autoridades y público en general sobre los diferentes parámetros de calidad del agua, este índice es utilizado para convertir grandes cantidades de datos en una escala de medición única, a través de análisis generales en diferentes niveles y así determinar la vulnerabilidad del cuerpo de agua frente a amenazas potenciales (Soni & Tomas, 2014).

Actualmente, se encuentran varias metodologías para determinar la calidad de agua de un cuerpo, lo que le hace diferente entre una y otra es la manera de calcularse y los parámetros que se toman en cuenta al momento de formular el índice respectivo. Como por ejemplo tenemos a Pinilla, (2010) quien desarrolló un índice limnológico para diferentes humedales de Bogotá, empleó los parámetros y límites que establece la legislación colombiana para el agua potable. Castro & Pinilla (2014) utilizaron un índice similar, pero tenía una variación en los parámetros fisicoquímicos y biológicos.

5.3. Parámetros utilizados en ICA

Dentro del índice de calidad de agua se consideran 9 parámetros que fueron diseñados para realizar un análisis general de la calidad del agua en diferentes niveles, y determinar la vulnerabilidad del cultivo frente a posibles amenazas (Romero, 2002). Los parámetros que se analizaron en el presente trabajo de investigación se describen a continuación:

5.3.1. Oxígeno disuelto (OD)

Según Mayiri, Romero, & Espinoza (2000) el oxígeno disuelto (OD) se define como la cantidad de oxígeno gaseoso que esta disuelto en el agua; la concentración

de este elemento es resultado del oxígeno que entra en el sistema y el que se consume por los organismos vivos, siendo indispensable en la vida acuática y en ecosistemas compuestos por factores bióticos (Carranza, 2020). Este parámetro es de mayor importancia en la acuicultura, en los cultivos de camarones, una baja solubilidad de oxígeno afecta el crecimiento y la salud de los organismos (Carrillo, 2013). La disponibilidad del OD depende de la respiración del fondo del estanque, el fitoplancton y el cultivo (Beltrán, Ramírez, & Sánchez, 2012).

La temperatura es un factor importante ya que de este parámetro depende la solubilidad del oxígeno, porque a mayor temperatura es menor la disolución de oxígeno en el agua. Por otra parte, si se presenta contaminación en el agua, tiene numerosos microorganismos, alta materia orgánica, esto provoca que el oxígeno disuelto disminuya. Los organismos de los estanques de cultivo son vulnerables a enfermedades, parásitos o hasta llegar al punto de morir, cuando no hay buena concentración de oxígeno. También se ha comprobado que cuando presentan niveles bajos de oxígeno no aceptan el alimento, y esto afecta la tasa de conversión alimenticia en el crecimiento (Balnova 2014).

5.3.2. Temperatura

Este parámetro físico es uno de los más importantes en el agua de los estanques de cultivo, porque interviene en la absorción de oxígeno, aceleración de la actividad biológica, la formación de depósitos, la precipitación de compuestos y los procesos de mezcla, sedimentación, floculación y filtración (Ulloa 2015).

El crecimiento y la respiración de los distintos organismos que están en los tanques de cultivo, así también las reacciones químicas en el suelo y agua aumentan conforme se va incrementando la temperatura. Es importante destacar, que este parámetro posee alto impacto en los procesos biológicos y químicos. En cuanto a los procesos biológicos, el crecimiento y respiración se duplican por cada 10 °C que aumenta la temperatura. Esto significa que el camarón crece más rápido y consume el doble de oxígeno a los 30°C que a los 20 °C, por esta razón el

requerimiento de oxígeno es más crítico en las temperaturas cálidas que en las frías (Bermudes, y otros, 2017).

5.3.3. pH

El pH es un parámetro importante de calidad de agua porque indica si el agua se encuentra ácida o básica. Cuando el pH es de 7 se considera neutro, es decir, que no está ni básica ni ácida, el agua es ácida cuando el pH es inferior a 7, y básica es superior a 7 (Paredes & Rodríguez, 2020). Los rangos de estos valores pueden producir efectos letales para el equilibrio ecológico del cultivo (FAO 2011). El pH del agua del estanque es indicativo de su fertilidad o productividad potencial, con pH entre 7,5 y 9,0 generalmente se considera adecuada para la producción de larvas de camarón (Balnova 2014). El crecimiento de estos organismos se retarda si el pH cae por debajo de 5,0 (Miranda, Valles, Sánchez, & Álvarez, 2010).

Se considera un rango óptimo de pH cuando esta entre 6 y 9; pero se han demostrado no ser perjudiciales para los camarones valores de pH 5. Sin embargo, pueden causar consecuencias letales en el equilibrio de los tanques de camarones cuando se presenta una disminución o elevación en los valores de pH (FAO 2011).

5.3.4. Coliformes fecales

Coliformes fecales son un grupo de bacterias facultativamente anaeróbica, en forma de bastón, gramnegativa, no esporulante (Orozco, Muñoz, Delgadillo, & Segovia, 2001). Aunque frecuentemente su origen es fecal, organismos que dan positivo en este método de prueba pueden provenir de aguas enriquecidas, efluentes industriales, materia vegetal en descomposición y suelo (Marín et al., 2005), por lo que el término coliformes fecales no es siempre acertado, ya que las bacterias coliformes se encuentran posiblemente en agua contaminada, aguas negras, putrefactas u otro tipo de desechos en descomposición (Fernández, 2017). Permanentemente, las bacterias coliformes se hallan en mayor cantidad en la superficie del agua o en los sedimentos del fondo (Munn, 2004). La contaminación con coliformes fecales es el principal riesgo sanitario en el agua, la incorporación

de microorganismos patógenos trae consigo enfermedades a los organismos (Garay et al., 2002).

5.3.5. Fosfato

El Fósforo contribuye junto con el Nitrógeno a la eutrofización de lagos y otros cuerpos de agua (UNEP, 2005). Estos son los nutrientes más importantes en los estanques. Debido a que de su concentración depende el crecimiento óptimo de fitoplancton ya que, si hay poco fósforo y nitrógeno, habrá muy poco fitoplancton, y el agua estará clara y habrá escasez de comida para el organismo; si hay mucho fósforo y nitrógeno existirá exceso de fitoplancton, y durante la noche caerá el oxígeno disuelto (IDEAM, 2005). Además, el agua que ingresa en los estanques tiene fósforo en forma de fosfato inorgánico disuelto y en materia orgánica (Hernández, 2016). El fósforo debe de ser aplicado continuamente al estanque para mantener los brotes de fitoplancton (Yossa, y otros, 2014). Sin embargo, un exceso de alimento puede generar una excesiva concentración de fósforo en el cultivo y un exceso de fitoplancton (García, Alejandro, Olivier, & Rivas, 2018)

5.3.6. Nitratos

El nitrito es el compuesto intermedio en la nitrificación bacteriana de amoníaco a nitrato. Puede presentar alta toxicidad, dependiendo de su concentración en el ambiente y la etapa o estadio de desarrollo del organismo (larvas a adultos) (Martins, et. al., 2017). Debido a su naturaleza soluble, los nitratos pueden recorrer grandes distancias en la subsuperficie, específicamente en sedimentos altamente permeables o rocas fragmentadas (Frías & Páez, 2003). Dentro de los estanques el agua que llega contiene amonio, nitrato y nitrógeno orgánico, el nitrato es la principal fuente de nitrógeno para las plantas, el nitrógeno presente en la materia orgánica se convierte en amonio mientras las bacterias descomponen la materia orgánica. El amonio puede convertirse en nitrato al ser nitrificado por las bacterias (Bravo & Miele, 2013).

5.3.7. Sólidos disueltos

Jimeno (1998) afirma que los sólidos totales que contienen las aguas son residuos secos de productos disueltos que poseen las aguas al momento de tomarse la muestra para análisis como partículas de arcillas, limo y otras, arrastradas por el agua de dos maneras: en suspensión estable o en suspensión mientras el movimiento del agua las arrastra.

En la larvicultura los sólidos disueltos son coloides producto de la descomposición de alimento y polvo. En camarones puede causar daños a nivel de las branquias y también su presencia reduce la visibilidad y por esto afecta la conducta alimenticia de la especie (Quirola, 2008).

5.3.8. Turbidez

Según Briones et al, (2017) la turbidez se define como la ausencia de transparencia del agua, provocada por la presencia de materiales orgánicos o minerales. El grado que manifiesta depende de la cantidad de partículas suspendidas o el tamaño y naturaleza de dichas moléculas. La presencia de turbidez en los estanques limita la habilidad de los organismos para capturar el alimento, por lo que terminará en el fondo del estanque y esto provoca la pérdida de oxígeno disuelto. La turbidez es medida con el disco Secchi (Mayer 2012).

La turbidez producida por partículas suspendidas de arcilla que actúa como filtro de los rayos solares perturba la producción de oxígeno, la productividad primaria de los estanques y por consiguiente la actividad fotosintética del fitoplancton. Existe un vínculo entre la abundancia de plancton y la visibilidad del disco, cuando el plancton aumenta, se disminuye la visibilidad (Jara, 2015). Por esta razón se tiene que asegurar que la turbidez se debe al fitoplancton y no sea por otro tipo de materiales suspendidos en el agua tales como sedimentos, arcilla o detritus (Rojas et al. 2005). Uno de los problemas de la turbidez es que limita la habilidad de los camarones en cuanto a su alimentación porque no pueden capturar el alimento y por consiguiente se va al fondo del tanque y esto incrementa la cantidad de materia

orgánica en descomposición lo que va en detrimento del oxígeno disuelto (Limsuwan 2015).

5.3.9. Demanda Biológica de Oxígeno

Se define como DBO de un cuerpo de agua a la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aeróbicas o anaeróbicas facultativas: *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Aerobacter*, *Bacillus*), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra (Ingle, Villareal, & Arredondo, 2003). (Rosero, 2009).

Los tanques de cultivo tienen valores de 5 a 10 mg/L. Mientras se presente mayor cantidad de materia orgánica en el agua más alta es la DBO. Cuando este se sobrepasa los 20 mg/L, el agotamiento de oxígeno representa un peligro.

Este parámetro no es muy utilizado en el manejo de los tanques de cultivo, pero sí es importante para medir la contaminación de los efluentes de las piscinas. Por sus efectos, se ha convertido en un tema de gran importancia, por esta razón los acuicultores deben familiarizarse con la DBO para alcanzar una producción eficiente (Brañez, 2013).

6. METODOLOGÍA

6.1. Área de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en un laboratorio de larva de camarón, que se encuentra ubicado en la Vía Punta Carnero, Anconcito – Ecuador, bajo las coordenadas geográficas de $2^{\circ}17'56.5''S$ $80^{\circ}54'25.2''W$. El laboratorio cuenta con 19 tanques de producción; con una capacidad promedio de 30 toneladas. (Figura 1).



Figura 1. Ubicación del laboratorio de larvas.

Fuente: Google Earth, 2022.

6.2. Fase de campo

Para realizar el análisis de calidad de agua mediante ICA se eligieron 5 tanques al azar (2, 6, 11, 14 y 17), de los cuales los tanques (2,6 y 11) poseen una capacidad de 30 toneladas, y los tanques (14 y 17) de 22 toneladas, durante noviembre 2021 a enero del 2022 en dos ciclos de producción donde el primer ciclo estuvo comprendido entre el 25 de noviembre a mediados de diciembre 2021 y de diciembre 2021 a enero 2022.

Tanto para el primer ciclo como en el segundo ciclo se sembraron 40 millones de camarón blanco *Litopenues vannamei*, provenientes de la maduración de un laboratorio, ubicado en San Pablo.

Los parámetros físicos se tomaron dos veces al día (mañana y noche), con el equipo YSI 550^a instrumento portátil, se registró oxígeno disuelto y temperatura. Con el pHmetro o medidor de pH se determinó la acidez o alcalinidad de una solución.

Para la obtención de muestras respecto a Nitratos y Fosfatos se recolectó agua de la superficie a 20 cm al inicio del ciclo de producción, intermedio a 50 cm cuando ocurría el paso de estadio a Mysis 3 y se realizaba recambios de agua; finalmente se colectó muestras a 80 cm de profundidad, al momento de la cosecha en los 5 tanques. Las muestras fueron colectadas en recipientes de plástico de 10 ml. De la misma manera, se determinó coliformes fecales con muestras de 100 ml de agua. Estos datos se tomaron antes de la siembra, durante la corrida y cosecha. Con el disco Secchi se estimó la turbidez.

6.3. Fase de Laboratorio

6.3.1. Coliformes fecales

Para la determinación de la existencia de bacterias coliformes se utilizó el método rápido EC Blue 100P de análisis cualitativo. El agua se tiñe debido a la disociación del sustrato cromógeno azul X-gal. La preparación de la muestra se realizó con 100 ml de agua de los 5 tanques de forma independiente. En cada tubo de ensayo se agregó un paquete de EC Blue 100P que contiene 1.74 g, se agitó y finalmente se colocó en la incubadora durante 24 horas para la determinación de los resultados en función a los colores azul – verde. Después de las 24 horas se procedió a realizar la identificación cromática, si el color del medio de cultivo se mantiene o no refleja ninguna coloración, se determina el resultado como una prueba de “coliformes negativos”; por el contrario, si la muestra se presenta más oscura o se mantiene la

coloración bajo la luz natural, se determina como una prueba de “coliformes positivos”.

6.3.2. Nitratos

Para la determinación de nitratos se utilizó kits de colorimetría siguiendo las instrucciones del manual de la empresa HANNA instruments.

Para preparar la muestra se colectó 625 ml de agua de 5 tanques seleccionados al azar. Se agregó 10 ml de agua en cada tubo de ensayo y se adicionó 20 gotas del frasco n°1 de Nitrato (NO_3^-) Test Solutions. Posteriormente, se procedió a sellar los tubos de ensayo durante 30 segundos y se incorporó 20 gotas adicionales del frasco n°2 de Nitrato (NO_3^-) Teste Solutions. Los tubos de ensayo fueron agitados vigorosamente durante 1 minuto. Finalmente, se esperó 5 minutos para ver la reacción o resultado establecido y comprobar con la tabla de colorimetría. La tabla consta de 5 colores desde amarillo claro a rojo y cada uno de ellos tiene un valor asignado, como se observa en la Figura 3.

6.3.3. Fosfato

El fosfato se determinó por medio de kit de colorimetría que viene con un tubo de prueba de vidrio y una tarjeta para diferenciar el color. La preparación de la muestra se realizó con muestras de 10 ml de agua de los 5 tanques elegidos al azar. Antes de verter las gotas se agitaron durante 10 segundos. Luego se agregó 12 gotas del frasco n°1 de Fosfato (PO_4^{3-}) Test Solutions, en cada tubo de ensayo. Se procedió a colocar el tapón durante 30 segundos con el fin de mezclar bien la solución. Se agitó el frasco n°2 de Fosfato (PO_4^{3-}) Teste Solutions durante 30 segundos. Se añadió luego 12 gotas del frasco n°2 de Fosfato de Test Solutions, finalmente se colocó el tapón sobre el tubo de ensayo y se agitó vigorosamente durante 1 minuto. Se esperó 5 minutos para ver la reacción o resultado establecido y comprobar con

la tabla de colorimetría que consta de 7 colores que va desde amarillo a azul y cada uno de ellos tiene un valor asignado, como se observa en la Figura 4 del anexo.

6.4. Análisis de datos

Los datos obtenidos se registraron en una hoja de cálculo de Excel para analizar los parámetros físicos (temperatura, pH, OD, TDS) y químicos (fosfato, nitrato) y biológicos (coliformes fecales) que se mantuvieron durante el ciclo de producción.

Para calcular el índice de calidad de agua ICA se utilizó la fórmula de Rubio-Arias et al. (2012).

$$ICA = \sum \frac{W_i P_i}{P_i} (K)$$

Donde:

ICA = Índice de Calidad de Agua

W_i = Peso específico establecido a cada variable (1-4)

P_i = Valor asignado a cada variable en base con los resultados previos; es decir, si el resultado se encuentra dentro o fuera del rango deseable (1-2)

K = Es constante

Para la determinación de la constante se tomó los valores de turbidez del agua de 0.5, 0.75 y 1.0 de acuerdo a Rubio-Arias et al. (2012), los mismos que fueron establecidos en la presente investigación, en función a las circunstancias que se visualizaron en el agua, al momento de adquirir la muestra. Por tanto, el valor de 1.0 correspondió al agua clara con mínima presencia de sólidos suspendidos, el valor de 0.5 para altos niveles de sólidos suspendidos y; el 0.75 se tomó como un valor intermedio.

Los valores establecidos de W_i y P_i servirán para realizar la cuantificación del ICA.

Para el primer parámetro se asignó un peso específico (W_i) concordando a la calidad de agua, el rango que se estableció es de 1-4, donde el 4 se le asigna al parámetro de mayor importancia, considerando que la variable de Oxígeno disuelto es la más impactante en el ecosistema asignándole el máximo rango.

Para el segundo parámetro se estableció un valor P_i , en el cual el número 1 fue para los rangos deseables de calidad y el 2 para los parámetros que se encuentran fuera de los rangos deseables o límites establecidos (Tabla 2).

Tabla 1. Parámetros de calidad de agua de acuerdo al orden de importancia para la determinación de la fórmula ICA, en tanques de cultivos de post larvas de camarón.

N°	Parámetros	W	Pi	K
1	Oxígeno disuelto	4	1	0,75
2	Temperatura	4	1	0,75
3	pH	4	1	0,75
4	Coliformes fecales	4	1	0,75
5	Nitrato	3	1	0,75
6	Fosfato	3	1	0,75
7	Solidos totales disueltos	3	2	0,75
8	Turbidez	2	1	0,75

Elaborado por: Muñoz, 2022

Una vez obtenidos los valores de W_i y P_i , serán interpretados de acuerdo a la tabla de valores publicados por Rubio-Arias et al. 2012. Esta tabla se interpretará en función a las categorías de calidad de agua: *Excelente, Bueno, Regular y Malo* como se observa en la Tabla 3.

Tabla 2. Rangos para evaluar los resultados del índice de calidad de agua

Rangos para el análisis	Calidad de ICA
1.3 a 1.8	Malo
1.9 a 2.4	Regular
2.5 a 2.8	Bueno
2.9 a 3.3	Excelente

Fuente: (Rubio-Arias et al. 2012)

B. Para el análisis estadístico se utilizó el software MINITAB versión 19, para graficar y comparar los resultados de los parámetros del índice de calidad de agua con los valores de medición de los parámetros *in situ* de los tanques de producción, elegidos para el estudio.

C. Para analizar los parámetros físicos químicos que fueron tomados durante el período de investigación, se utilizó el programa Excel donde se ordenaron los datos mediante tablas por cada ciclo de producción.

7. ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La investigación se realizó desde el mes de noviembre 2021 hasta enero 2022 durante dos ciclos de producción.

7.1. Parámetros físicos-químicos que fueron tomados durante el periodo de estudio

7.1.1. Concentración de Oxígeno disuelto por tanques en los ciclos de producción

En el Gráfico 1 se representa la concentración de oxígeno disuelto en mg/l por tanques en los dos ciclos de producción. En el tanque 3 de ambos ciclos se presentó la menor concentración de oxígeno disuelto con 4.13 mg/l, la mayor concentración le conciernen al tanque 4 del segundo ciclo con 4.19 mg/l, estos valores estuvieron dentro del rango aceptable para el cultivo según Cuéllar, et al. (2010), quienes establecen que los valores óptimos son 4 mg/L a 12 mg/L de oxígeno disuelto para el desarrollo del camarón. Es importante destacar que, en la mayoría de los estanques camaronero el oxígeno disuelto, procede de la fotosíntesis que ejercen las algas microscópicas, que están dentro los cultivos, por esta razón, se debe mantener una buena vegetación (algas microscópicas) dentro de los tanques de cultivo (Paredes, 2020).

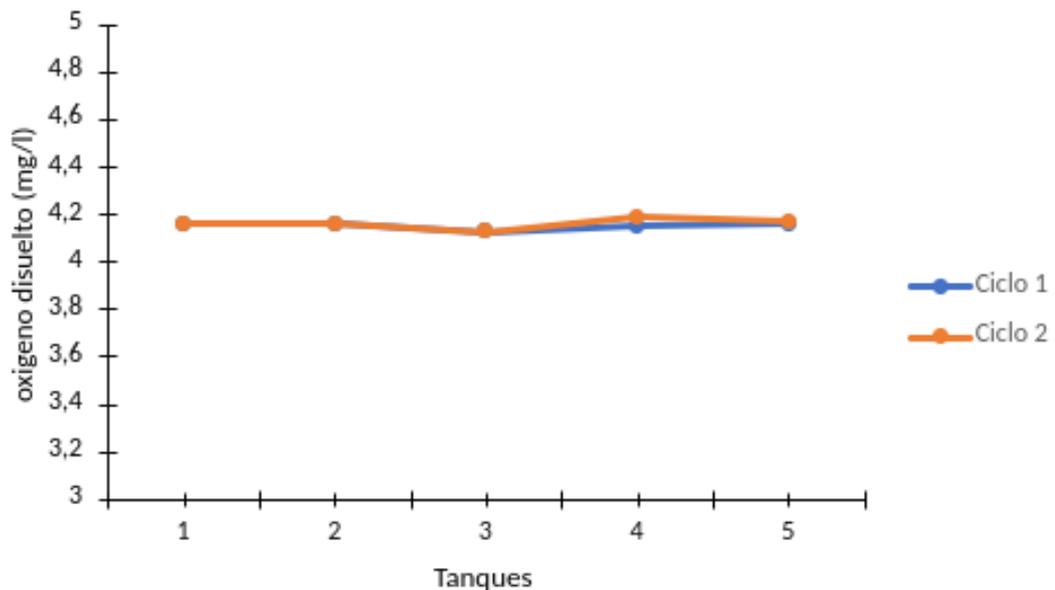


Gráfico 1. Concentración de Oxígeno disuelto por tanques en los ciclos de producción.

Elaborado: Muñoz, 2022.

Se realizó un promedio de los datos obtenidos durante los muestreos de día y noche por cada tanque de cultivo. Esto se realizó para los dos ciclos. Cabe recalcar que durante el día los niveles de oxígeno disuelto son mayores debido a que las microalgas realizan el proceso fotosintético generando oxígeno para la respiración de las larvas de camarón; mientras que, en la noche, la cantidad de oxígeno disuelto disminuye debido a que los fitoplancton, zooplancton y poblaciones bacterianas consumen grandes cantidades de oxígeno.

7.1.2. Concentración promedio de Oxígeno disuelto por ciclos de producción

En cuanto a la concentración promedio de oxígeno disuelto, en el primer ciclo se presentó un nivel de 4,16 mg/l valor superior y cercano al del segundo ciclo con 4,14 mg/l (Gráfico 2), estos valores estuvieron dentro del límite máximo permisible de entre 2 – 8 mg/l definido para la descarga a un cuerpo de agua marina de acuerdo a Martínez (2011). El investigador expresa que si la concentración de oxígeno disuelto es menor de 3 mg/l el efecto será un crecimiento lento si el valor se

prolonga, y cuando la concentración de oxígeno disuelto es mayor a 5 mg/l se presentan mejores condiciones para el crecimiento adecuado y la tasa metabólica de los organismos de cultivo. La tendencia que presentó el oxígeno fue similar en todos los tanques de cultivo, demostrando el incremento en el consumo de oxígeno determinado por el aumento de la biomasa de los organismos en los tanques.

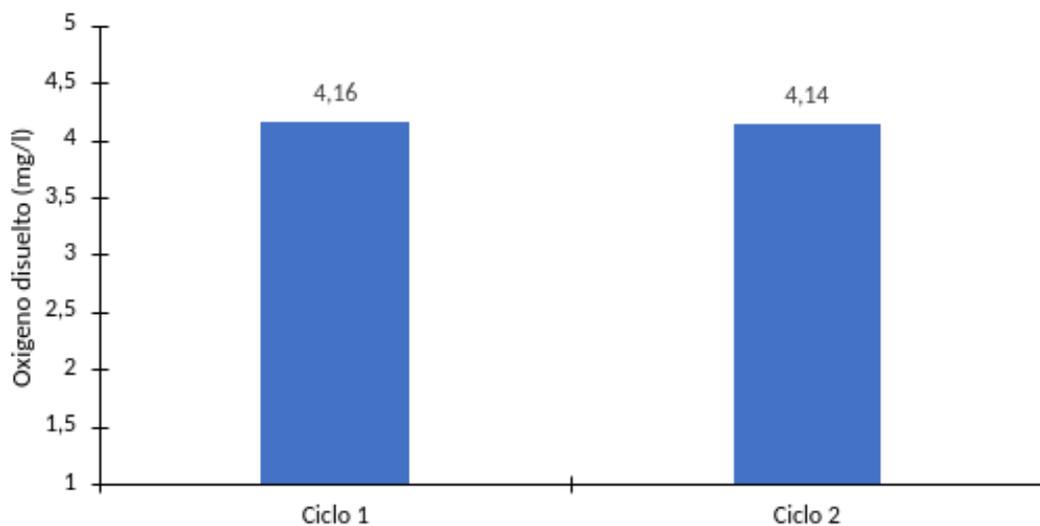


Gráfico 2. Concentración promedio de Oxígeno disuelto por ciclos de producción.

Elaborado: Muñoz, 2022.

7.1.3. Concentración de temperatura por tanques en los ciclos de producción

La concentración de temperatura por tanques en los dos ciclos, se refleja en el Gráfico 3, donde en los tanques 3 y 5 del segundo ciclo de producción se presentaron las mayores concentraciones de temperatura con 32.90 °C, las concentraciones mínimas y no tan lejanas les conciernen a los tanques 2 y 3 del primer ciclo con 32.78 y 32.71 respectivamente. La tendencia de los valores de temperatura fue creciente, esto coincide con lo señalado por Cuéllar et al. (2010), en el que indica que los valores adecuados de temperatura para el crecimiento de las larvas de camarón son de 23 °C a 33 °C. La temperatura es el factor ambiental más importante en la vida de cualquier organismo, los ajustes bioquímicos o fisiológicos que ocurran en cualquier adaptación, dependerán de reacciones

metabólicas que involucren enzimas dependientes totalmente de este factor para su desarrollo (Martínez, 2011).

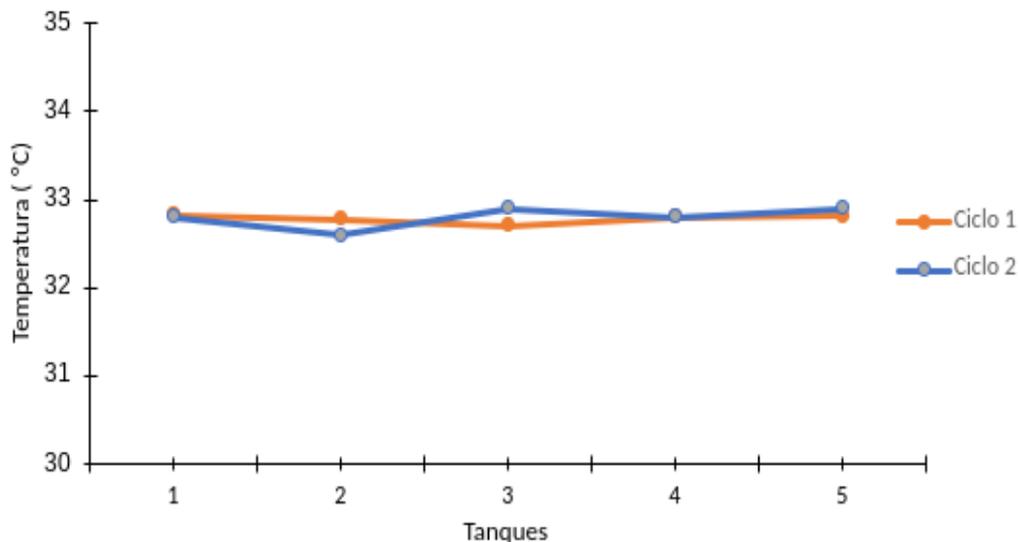


Gráfico 3. Concentración de temperatura por tanques en los ciclos de producción.

Elaborado: Muñoz, 2022.

7.1.4. Concentración promedio de temperatura por ciclos de producción

Durante ambos ciclos se analizó las concentraciones promedio de los parámetros de calidad de agua. La Gráfica 4 describe la concentración promedio de temperatura, donde en el primer ciclo de producción se reportó la mayor concentración promedio con 32.86 °C valor no tan lejano del segundo ciclo con 32.82 °C. Los valores analizados estuvieron dentro del rango establecido por el límite máximo permisible menor a 35 °C definido para la descarga a un cuerpo de agua marina y de acuerdo a lo establecido por el laboratorio. Esto concuerda con los valores que son coincidentes con la recomendación técnica de Ching (2014) y Vanoni (2014) quienes indican que entre 29 °C a 33 °C es el rango de temperatura más recomendable para este tipo de cultivo. La temperatura influye en los procesos biológicos, debido a que por cada 10 °C que incrementa la temperatura se duplica

el crecimiento y la respiración. Esto representa que la post larva crece más rápido y el doble de oxígeno a 30 °C que a 20 °C, por esta razón el oxígeno disuelto se presenta más crítico en las temperaturas cálidas que en frías (Paredes, 2020).

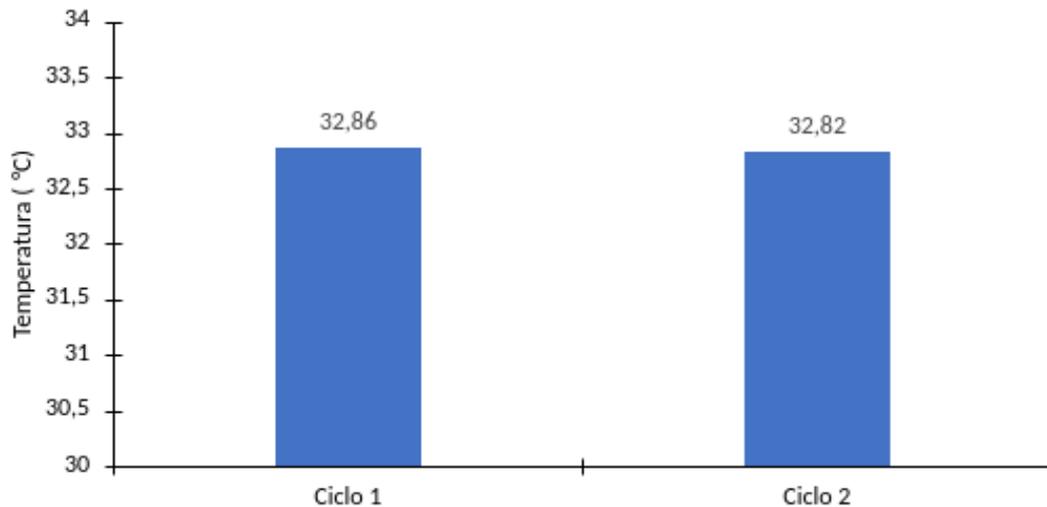


Gráfico 4. Concentración promedio de temperatura por ciclos de producción.

Elaborado: Muñoz, 2022.

7.1.5. Concentración de pH por tanques en los ciclos de producción

El gráfico 5, describe la concentración de pH por tanques en los ciclos de producción analizados en el presente estudio, en el segundo ciclo de producción el tanque 5 presentó la mayor concentración de pH con 8.41, mientras tanto, el tanque 4 del primer ciclo presentó la menor concentración de pH con 8.31. Los valores mencionados muestran que el pH fue un factor físico químico, que se mantuvo en los valores óptimos presentados, entre 6.5 y 8.5 según Ching (2014) de acuerdo a los datos el agua se mantiene con un pH neutro lo cual facilita el crecimiento de los organismos.

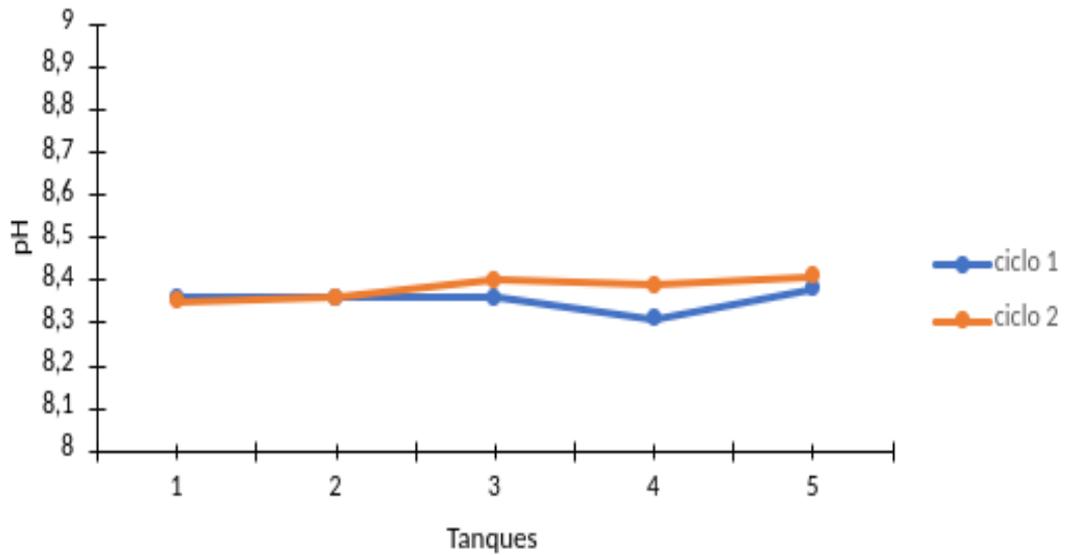


Gráfico 5. Concentración de pH por tanques en los ciclos de producción.

Elaborado: Muñoz, 2022.

Los niveles de pH en los tanques de cultivos de las post larvas de camarón *L. vannamei* oscila diariamente entre 7.8 a 8.5 durante ambos ciclos producción. Durante los primeros días los niveles de pH son superiores a 7 mientras que a partir del tercer día los niveles de pH ascienden debido a la incorporación de alimentos balanceados, probióticos, bacterias, microalgas. También existen ascensos descensos de pH por los recambios de agua que se realizan en el laboratorio.

Según Anaya (2005) indica que el dióxido de carbono producido por los organismos acuáticos cuando respiran tiene una reacción ácida en el agua. Además, estudios científicos demuestran que, si el pH cambia significativamente, puede hacer que los organismos, se debiliten y dejen de comer, por ende, crecerán lentamente, y serán susceptibles a las enfermedades causando estrés, menos sobrevivencia y una baja producción.

7.1.6. Concentración promedio de pH por ciclos de producción

En el Gráfico 6 se puede apreciar la concentración promedio de pH por los ciclos de producción, en el segundo ciclo se reportó la menor concentración de pH con 8.35 a diferencia del primer ciclo que se obtuvo la mayor concentración con 8.38. De este modo, según FAO (2008) indica que los resultados del pH se mantuvieron dentro de los intervalos normales, y no perturbó el crecimiento de las larvas. En los tanques de producción este parámetro es de suma importancia, se debe mantener un monitoreo constante para no provocar estrés o discontinuidad metabólica en los organismos.

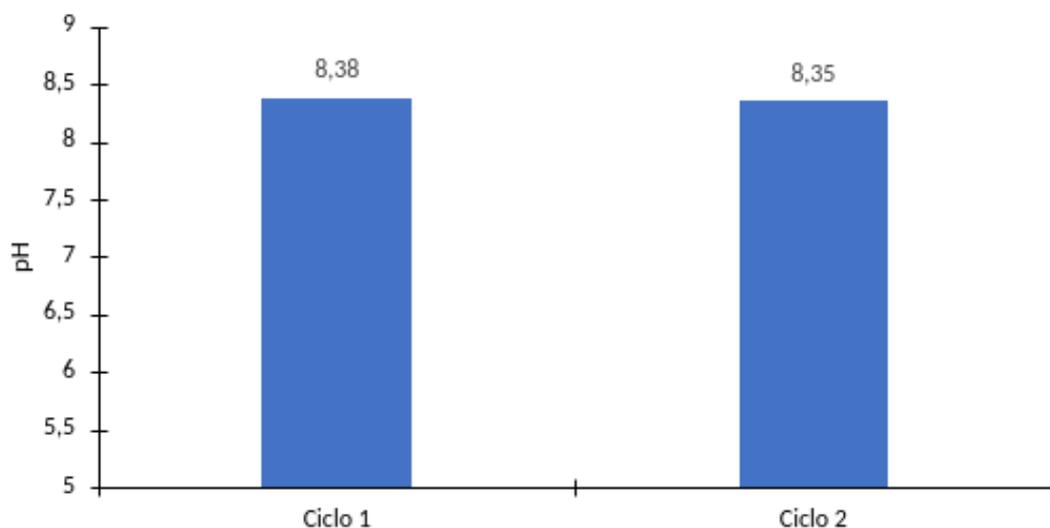


Gráfico 6. Concentración promedio de pH por ciclos de producción

Elaborado: Muñoz, 2022.

7.2. Porcentaje de sobrevivencia por ciclo de producción.

Respecto a la sobrevivencia de las post larvas de camarón *L. vannamei* se obtuvo una sobrevivencia del 75% representando la cosecha de 30.000.000 de post larvas para el ciclo 1; mientras que se reportó el 70% de sobrevivencia para el ciclo 2 con la cosecha de 28.000.000 de post larvas. Estos porcentajes representaron un nivel alto de rendimiento en la producción, tal como se observa en el Grafico 7.

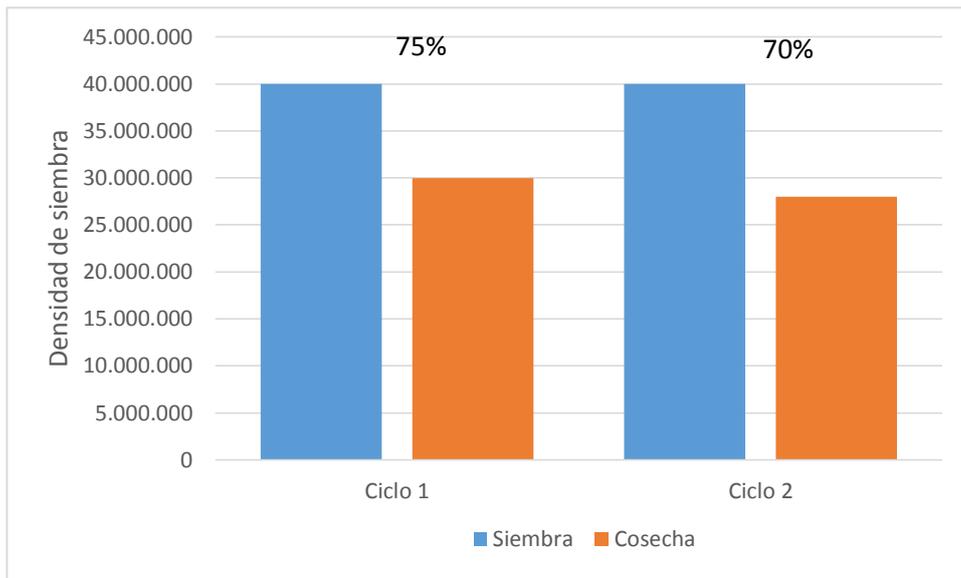


Gráfico 7. Porcentaje de supervivencia por ciclos de producción.

Elaborado: Muñoz, 2022.

7.3. Análisis de coliformes fecales durante los dos ciclos de producción.

7.3.1. Análisis de coliformes fecales por tanques durante el ciclo 1

De acuerdo a los resultados de coliformes fecales, en la Gráfica 8 se observa la muestra 1 recolectada en la parte superficial del medio de cultivo, donde se aprecia que pasada las 24 horas no refleja ninguna coloración, determinando el resultado como una prueba de coliformes negativos, al igual que la muestra 2 recolectada a una profundidad de 50 cm (Gráfico 9); finalmente en la muestra 3 recolectada a 80 cm de profundidad, se observó un color verde a una baja intensidad, dando como resultado la presencia mínima de Coliformes fecales debido que a los 50 cm se baja el nivel de agua, se encuentran las larvas de cultivos, residuos de alimentos y heces; y sólidos suspendidos concentrados (Gráfico 10).

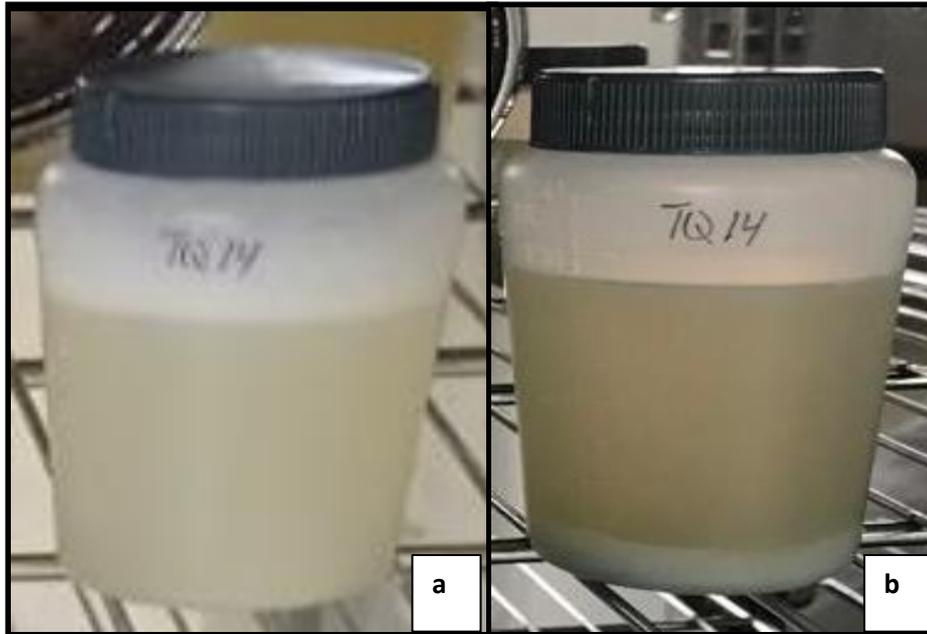


Gráfico 8: muestra, parte superficial a 20 cm del tanque 14 (Inicio del ciclo de producción); (a) antes; (b) 24 horas después.

Elaborado: Muñoz, 2022.



Gráfico 9: muestra 2, parte media a 50 cm del tanque 6 (fase media del ciclo de producción); (a) antes; (b) 24 horas después.

Elaborado: Muñoz, 2022.

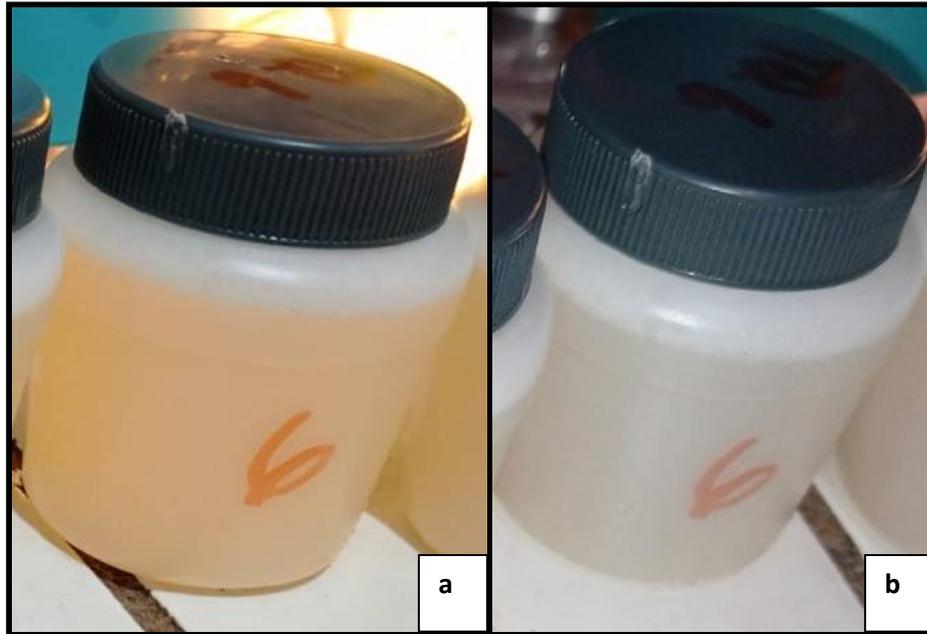


Gráfico 10: muestra 3 a 80 cm de profundidad, del tanque 17 (fase final del ciclo de producción); (a) antes; (b) 24 horas después.

Elaborado: Muñoz, 2022.

6.3.2. Análisis de Coliformes fecales por tanques durante el ciclo 2

Para el ciclo 2 se constató la mínima presencia de coliformes fecales en la muestra 3 recolectada a 80 cm de profundidad, debido a que se observó una coloración verde a una baja intensidad (Gráfico 13), a diferencia de la muestra 1 (Gráfico 11) recolectada en la parte superficial del medio de cultivo y muestra 2 recolectada a una profundidad de 50 cm (Gráfico 12) en donde no refleja ninguna coloración, determinando el resultado como una prueba de coliformes negativos.



Gráfica 11: muestra 1, parte superficial a 20 cm del tanque 6 (Inicio del ciclo de producción); (a) antes; (b) 24 horas después.

Elaborado: Muñoz, 2022.

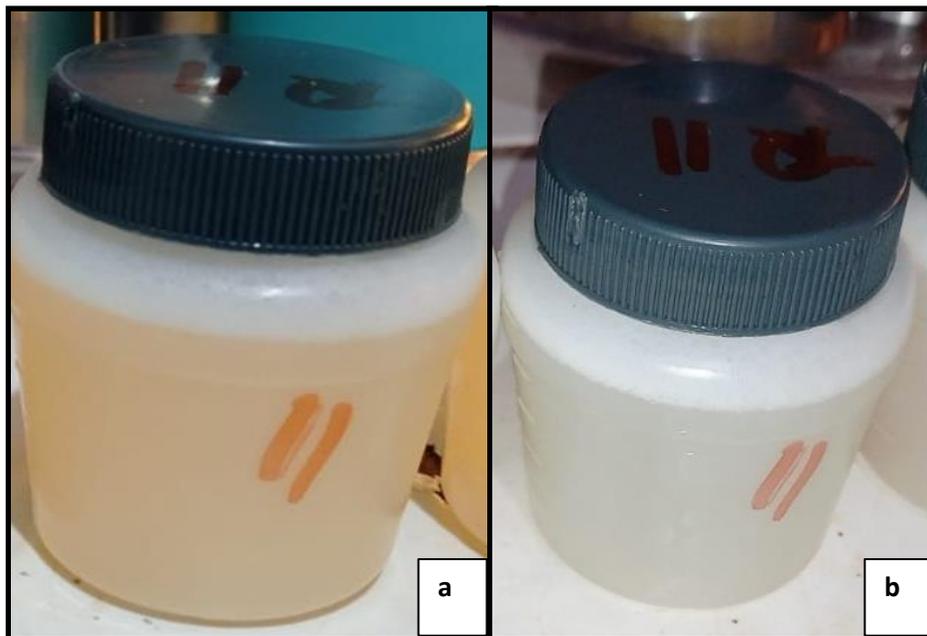


Gráfico 12: muestra 2, parte media a 50 cm del tanque 11 (fase media del ciclo de producción); (a) antes; (b) 24 horas después.

Elaborado: Muñoz, 2022.

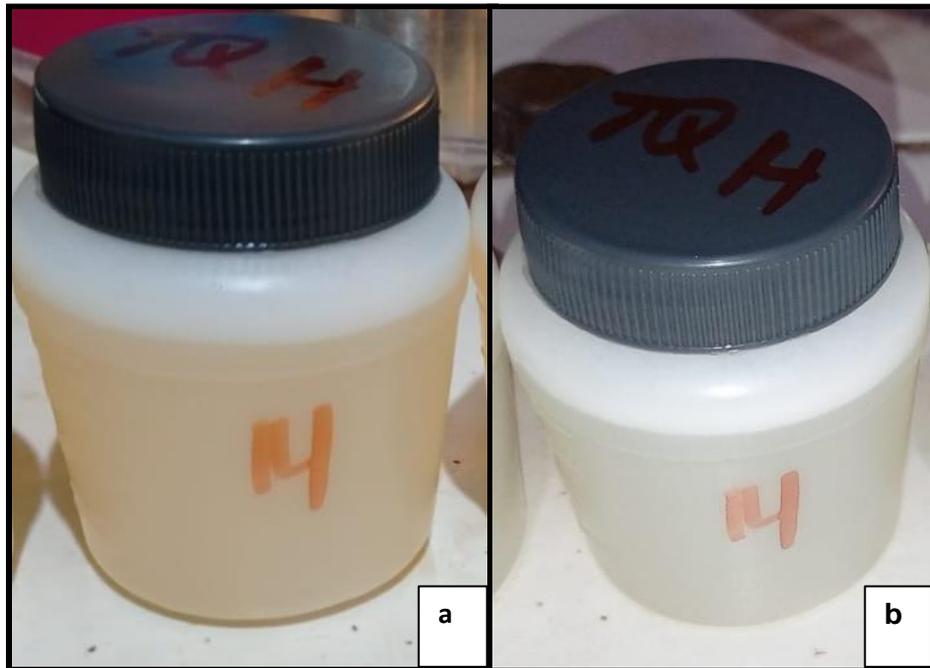


Gráfico 13: muestra 3 a 80 cm de profundidad, del tanque 14 (fase final del ciclo de producción); (a) antes; (b) 24 horas después.

Elaborado: Muñoz, 2022.

7.4. Concentración promedio de nitrato por ciclos de producción

Este parámetro fue tomado antes de la siembra, durante el ciclo de producción y después de cosecha, a nivel superficial, medio y fondo de cada tanque de cultivo. En la Gráfico 14 se observa los resultados de la concentración de nitrato durante los ciclos de producción, en los ciclos 1 y 2 se visualiza que antes de la siembra presento 0 mg/l de nitrato, a diferencia de durante el ciclo presento 5 mg/l para ambos ciclos y después del ciclo de producción (cosecha) hubo una variaron dando como resultado un nitrato de 10 mg/l.

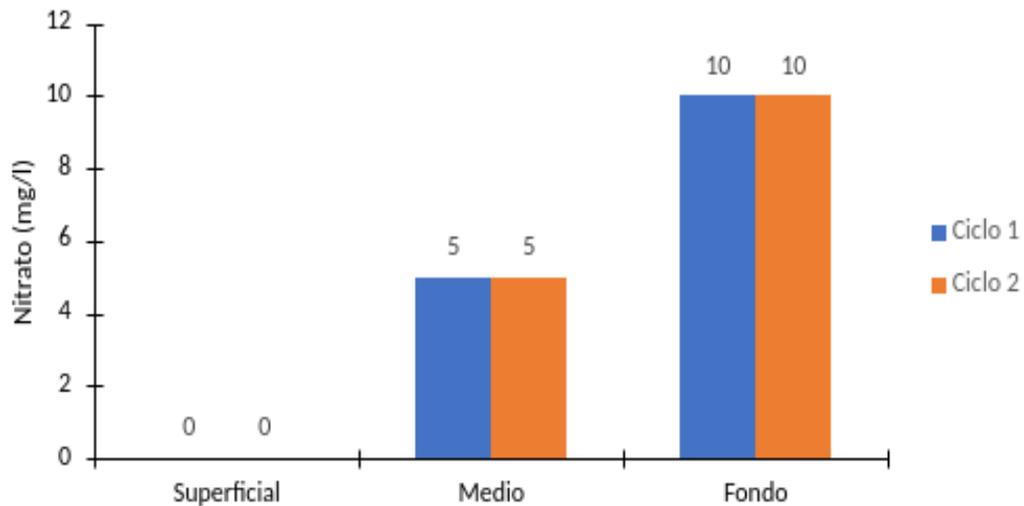


Gráfico 14. Concentración promedio de nitrato por ciclos de producción.

Elaborado: Muñoz, 2022.

7.5. Concentración promedio de fosfato por ciclos de producción

Este parámetro también fue tomado a nivel superficial, medio y fondo de cada tanque de cultivo. En el Gráfico 15 se observa los resultados de la concentración de fosfato durante los ciclos de producción, en los ciclos 1 y 2 se visualiza que en la parte superior del tanque presento 0.5 mg/l de fosfato, a diferencia del medio del tanque que presento 0.5 mg/l para el ciclo1 y para el ciclo 2 fue de 1 mg/l de fosfato, y en el fondo del tanque dio un resultado de fosfato de 2 mg/l.

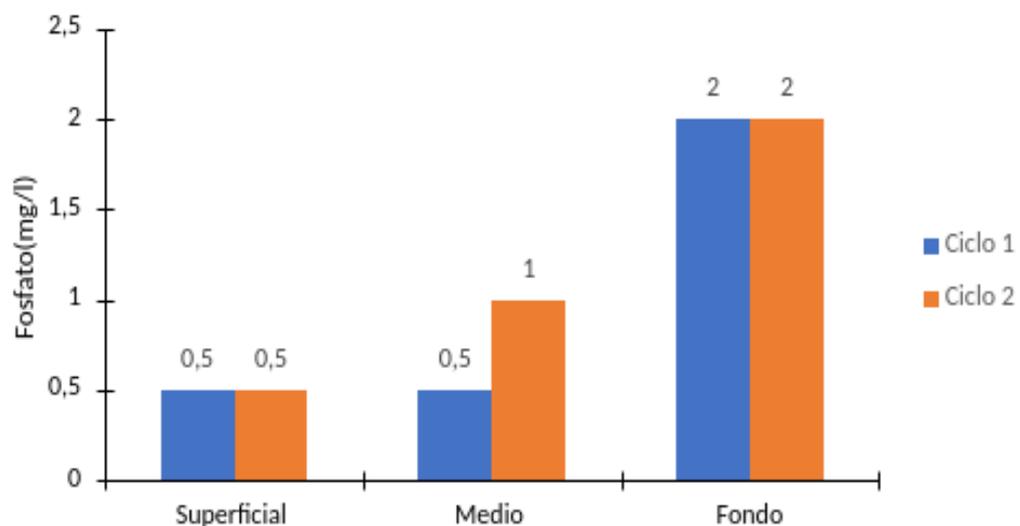


Gráfico 15. Concentración promedio de fosfato por ciclos de producción.

Elaborado: Muñoz, 2022.

7.6. Concentración de sólidos disueltos totales por tanques en los ciclos de producción

El Gráfico 16, describe la concentración de sólidos disueltos totales por tanques en los ciclos producción analizados en el presente estudio, en el primer ciclo de producción el tanque 2 presentó la mayor concentración con 0.58 mg/l, mientras tanto, el tanque 1 del primer ciclo presentó la menor concentración de SDT con 0.48 mg/l.

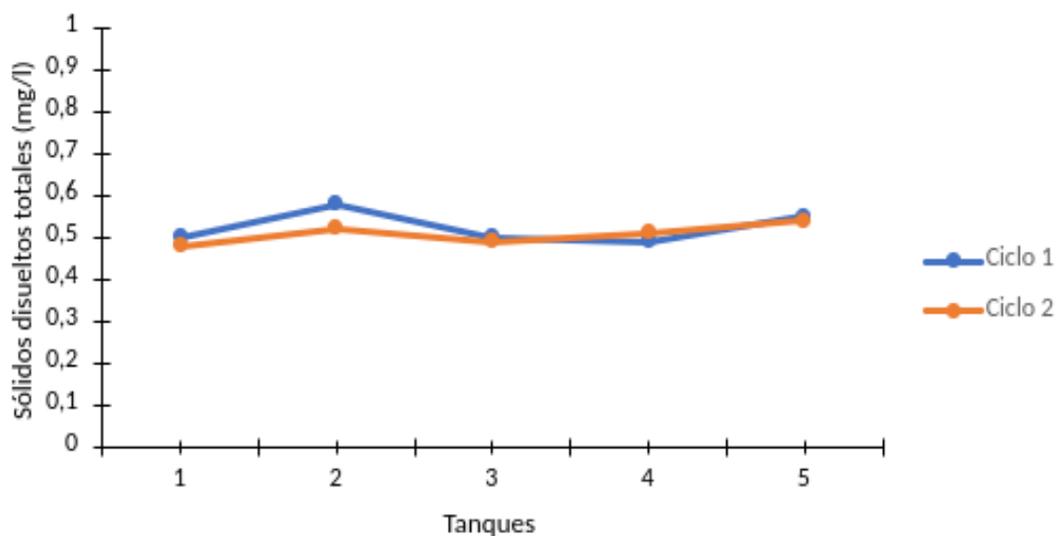


Gráfico 16. Concentración sólidos disueltos totales por ciclos de producción.

Elaborado: Muñoz, 2022.

7.6.1. Concentración promedio de sólidos disueltos totales por ciclos de producción

El Gráfico 17 describe la concentración promedio de sólidos disueltos totales, donde en el primer ciclo de producción se presentó un nivel mayor de 0.55 mg/l en comparación con el segundo ciclo que obtuvo la menor concentración con 0.54 mg/l, representando una mínima diferencia en centésimas.

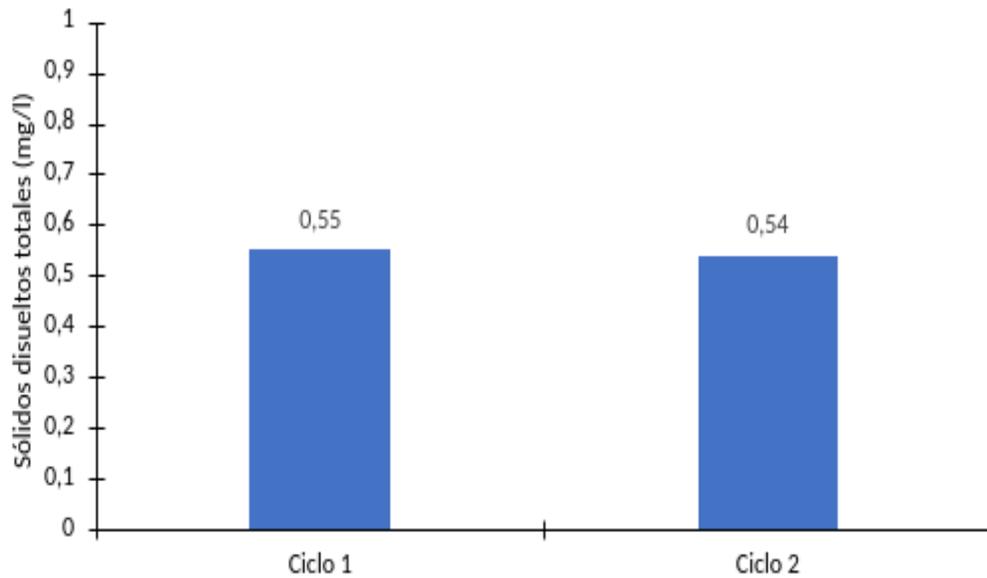


Gráfico 17. Concentración promedio de sólidos disueltos totales por ciclos de producción

Elaborado: Muñoz, 2022.

7.7. Nivel promedio de turbidez por ciclos de producción

Este parámetro fue tomado antes de la siembra y durante el ciclo de producción. En el Gráfico 18 se observa los resultados de los niveles de turbidez, en ciclo 1 antes de la siembra, la turbidez fue de 55 cm y después de la siembra fue de 40 cm. Para el ciclo 2 se presentó la misma turbidez que el ciclo 1. Faillace et al, (2016) atribuyen que para que un cultivo se encuentre en buenas condiciones debe permanecer en un rango entre 30-45 cm de profundidad. Estos datos demuestran la presencia natural y normal del fitoplancton en los cultivos. Las algas y las partículas en suspensión hacen que el agua se enturbie y disminuyan la transparencia del disco Secchi. Es necesario indicar que el incremento acelerado del fitoplancton en un estanque de cultivo puede repercutir en el crecimiento y la supervivencia de los organismos, llegando a obstruir las branquias, incrementar el estrés de los camarones, reducir la tasa de crecimiento e incrementar la susceptibilidad a las enfermedades.

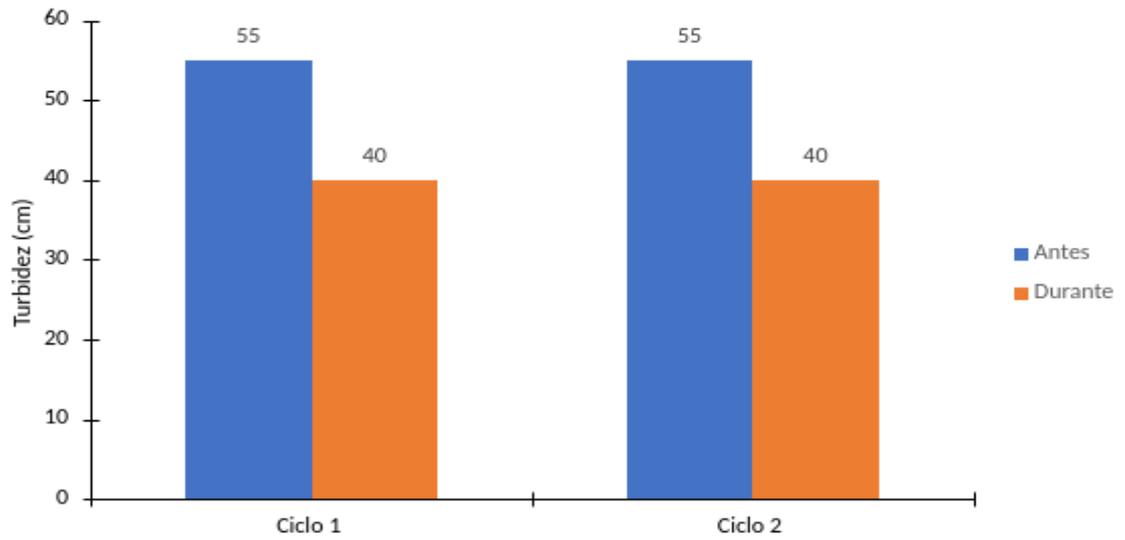


Gráfico 18. Nivel promedio de turbidez por ciclos de producción.

Elaborado: Muñoz, 2022.

7.8. Calidad de agua por tanques durante los ciclos de producción

Con los resultados obtenidos se procedió a tabular los datos y comparar con los rangos establecidos por el ICA.

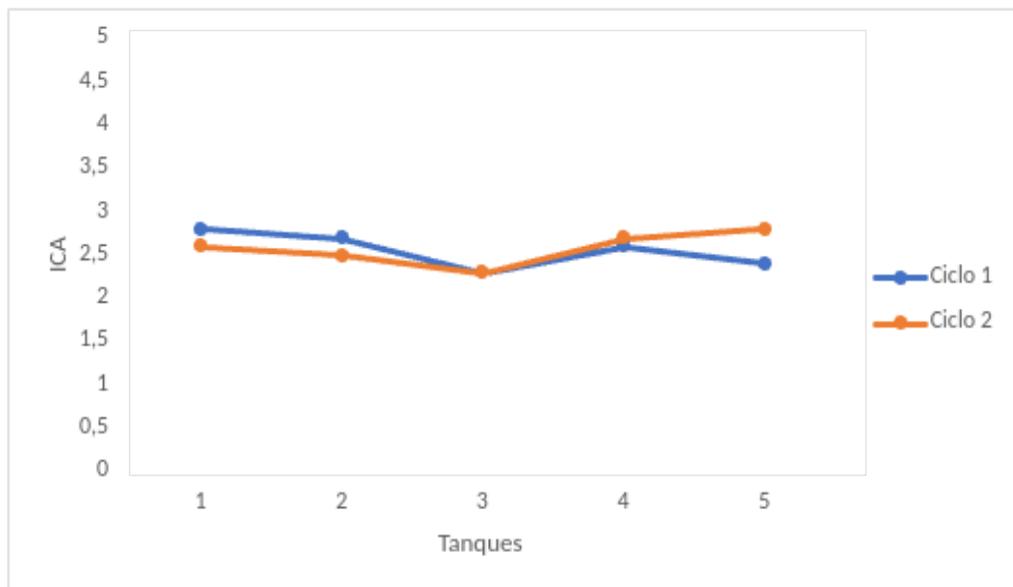


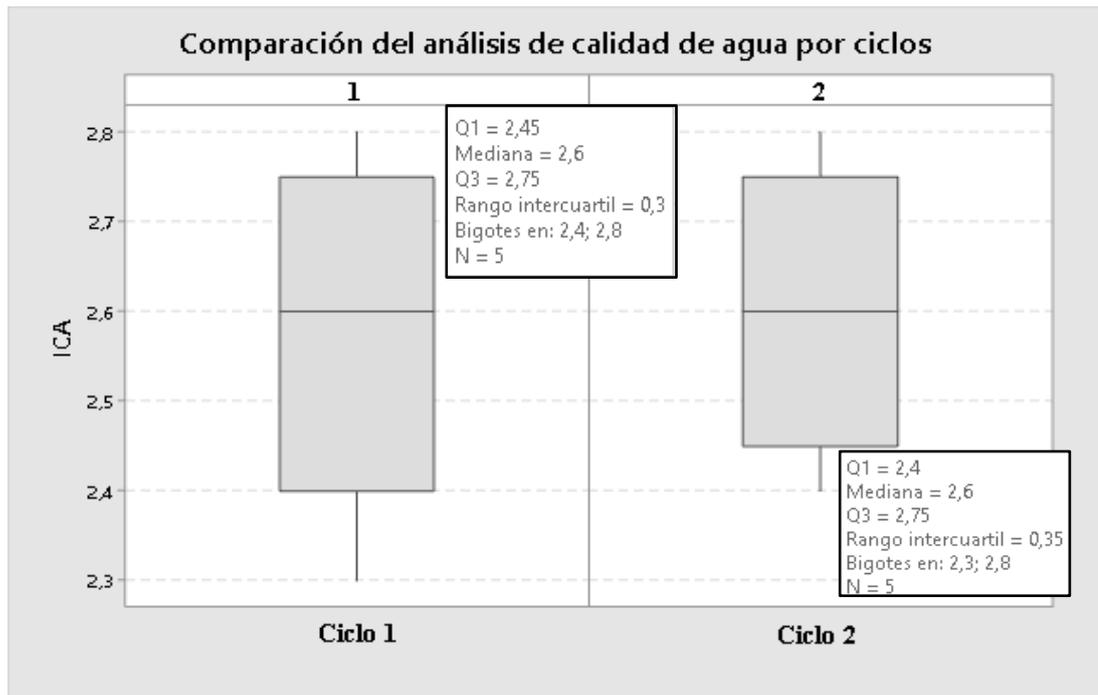
Gráfico 19. Variación de valores ICA durante los dos ciclos de producción

Elaborado: Muñoz, 2022.

Mediante la tabla de cálculo del ICA y en referencia a los rangos establecidos por esta técnica, en el ciclo 1 en el primer tanque se obtuvo un valor de 2.6 lo que significa que el estado del agua fue de calidad *Buena*, en el tanque dos se obtuvo 2.5 representando a calidad agua *Buena*, mientras que en el tercer tanque se presentó una pequeña variación que descendió a 2.3 categorizándose en calidad de agua *Regular*. Posteriormente, se evidencia un valor de 2.7 para el cuarto tanque con una calidad de agua *Buena*. Finalmente, en el quinto tanque se presentó un valor de 2.8 que representa a una calidad de agua *Buena* (Gráfico 19). De acuerdo a los rangos establecidos por el ICA, en el ciclo 1 y considerando la media entre los tanques, se confirma que el estado del agua fue de calidad *Buena*.

En cuanto al ciclo 2 se evidenció similar comportamiento que el ciclo 1, los dos primeros tanques con calidad de agua *Buena* de acuerdo al índice ICA, seguido del tercer tanque que recayó en una calidad de agua *Regular* y en los tanques 4 y 5 la presencia de calidad de agua *Buena* (Gráfico 19). El tercer tanque correspondiente al número 11 presentó un descenso en su calidad de agua debido a que no se realizó un recambio y presenta problemas en las líneas de aireación. Los dos ciclos de producción mantuvieron una calidad de agua categorizada como *Buena* (Gráfico 19).

En cuanto a la calidad de agua de los sistemas de cultivo de camarones Saldarriaga (2013), señala que en este cultivo, la densidad de siembra y la intensidad de alimentación balanceada, son los factores con mayor influencia en los niveles de sólidos disueltos y metabolitos tóxicos hallados en los efluentes y del acúmulo de materia orgánica en el fondo; al aumentar las densidades de siembra, el aporte alimenticio balanceado también aumenta, en consecuencia el alimento no consumido y las heces de los camarones contribuyen directamente en la polución del estanque bajo la forma de materia orgánica. Además, los nutrientes provenientes de las heces, mudas y materia orgánica en descomposición estimulan la producción adicional de materia orgánica como al fitoplancton.



Gráfica 20. Comparación del análisis de calidad de agua ICA entre los dos ciclos de producción.

Elaborado: Muñoz, 2022.

La comparación del análisis de calidad de agua por los dos ciclos de producción, representada en la caja y bigotes se refleja en la gráfica 20, en el que se comparan dos categorías de una variable en este caso ICA; mostrando la calidad de agua en los dos ciclos de estudio. Es decir, las distribuciones corresponden a la variable ICA y cada serie corresponde a una categoría de la variable ciclos de producción. Para el ciclo 1, hay pequeña variabilidad de los datos, considerándose asimetría negativa, porque la parte más larga es la inferior a la mediana. Por ende, los datos se concentran en la parte superior de la distribución y la media es menor que la mediana. En el ciclo 2, la mediana se sitúa en el centro de la caja siendo la distribución simétrica y la media, mediana y moda coinciden.

8. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La concentración de oxígeno disuelto, uno de los gases más importantes para la vida acuática, fue un factor controlado e incorporado a través de la difusión de aire constante en todos los tanques de cultivo. Los valores obtenidos fueron similares durante los dos ciclos de producción, y se mantuvieron dentro del rango de 4 a 4.5 mg/l, esto concuerda con los reportes de Cuéllar, et al. 2010, donde establece que los valores adecuados de oxígeno para el crecimiento del camarón son de 4 mg/L a 12 mg/L. Herrera (2009) reporta valores promedio de 7.07 mg L⁻¹ de OD donde representa que los cuerpos de agua con esta concentración de oxígeno son idóneos de mantener organismos vivos. La concentración de OD, se ve perjudicado por cambios de temperatura dentro del cuerpo de agua (Bellingham, 2009). Ching (2014), sugiere que, entre las condiciones de calidad de agua, el oxígeno disuelto debe ser mayor a 5 ppm y la temperatura de manejo preferentemente está entre 29 °C a 32 °C lo que refuerzan a las post-larvas contra la vibriosis y ataques virales como mancha blanca.

Los resultados de temperatura se mantuvieron en un rango de 32 °C a 33 °C, valores que coinciden con la recomendación técnica de Ching (2014) y Varoni (2014) quienes indican que el rango de temperatura más recomendable para este tipo de cultivo es de 29 °C a 33° C. Esto es coincidente con lo obtenido por Hill et al. (2015) donde hallaron diferencias entre las temperaturas de sus muestras conseguidas del fondo del cuerpo de agua y las muestras de agua superficial. También, de la relación entre la temperatura y la profundidad del agua, en el cual encontraron diferencias entre las temperaturas como resultado de la variación en las condiciones ambientales durante el año.

La concentración de pH del agua, los resultados obtenidos en el estudio están entre 8 a 8.5 durante los dos ciclos de producción analizados, según Balakrishnan et al. (2011) recomiendan que el rango favorable de pH en los cultivos de postlarvas es 7.6 a 8.6, los resultados manifiestan que esta variable tiende a disminuir en la medida en que aumenta la profundidad, a causa de que a mayor profundidad existe una menor actividad fotosintética, donde, el pH disminuye (Rosemond et al. 2008).

Para el agua natural el pH por lo general está entre 6.5 y 8.5, no obstante, se pueden mostrar ligeras variaciones. Valores extremadamente altos o bajos, por ejemplo, mayor de 9.6 o menor que 4.5, puede producir estrés a los organismos o inclusive la muerte (Crites y Tchobanoglous 2010).

En cuanto al parámetro de sólidos disueltos totales, los resultados muestran que esta variable tiende a mantenerse en un rango de 0.48 a 0.58 mg/l dentro de los dos ciclos de producción. Los valores hallados para la variable de SDT se visualizan por debajo de los citados por Rubio-Arias et al. (2012) donde analizaron el agua de la presa Luis L. León, de la cual se obtuvieron valores de 770.58 mg L⁻¹. Por otra parte, Hill et al. (2005) reportaron valores de SDT más bajos en la parte alta de la cuenca y la concentración mayor se consiguió en el embalse que se ubica en la parte final de la cuenca. Estas diferencias se deben a que, en las presas de agua, el arrastre es predominante en suelos y otros contenidos de desechos agrícolas e industriales públicos (Quiroz, García, Molina, Díaz, & Trujillo, 2010), a diferencia de los cultivos de postlarva de camarón donde el agua que es proveniente de un cuerpo de agua marina pasa por filtros y tratamientos siendo mínima la concentración de SDT.

La presencia de nitrato y fosfato en los cultivos está relacionada con los residuos de fertilizantes siendo indicativa de una posible contaminación fecal por parte de microorganismos como Coliformes (Bolaños, Cordero, & Segura, 2017). En el caso de nitrato en los cultivos de postlarva del presente estudio la concentración fue mayor en el fondo de los tanques con 10 mg/l en la parte media hubo una variación de 5 mg/l y en la superficie no se visualizó nitrato. Para el parámetro de fosfato al igual que nitrato la concentración mayor fue en el fondo de los tanques con 2 mg/l en la parte media hubo una variación de hasta 1 mg/l y en la superficie se visualizó la menor concentración 0.5 mg/l. Esto debido a que el fondo es el receptor final de los residuos de sustancias que son aplicadas o producidas en el estanque.

Estos valores difieren de los reportados por Mendoza (2010) quien encontró concentraciones de fosfato de hasta 29 mg/l y nitrato 15 mg/l en un cultivo de sistema cerrado. Según Azim et. al., (2003) indica que la presencia de nitrato dentro de los sistemas de cultivos de postlarva es introducido principalmente a través de la

adición de bacterias nitrificantes, como biorremediadores porque son importante en la degradación de la materia orgánica; con la ayuda del oxígeno estas bacterias oxidan los nutrientes y los convierten en amonio a nitrito y después de nitrito a nitrato. En cuanto a la presencia de coliformes en los tanques de cultivos se mantuvieron en condiciones normales durante los dos ciclos de producción generando un ambiente adecuado para el crecimiento de los organismos y a su vez no presente enfermedades.

En los resultados del parámetro de turbidez se mantuvieron en un rango de entre 0.40 a 0.55 UTN, valores que están por debajo de lo obtenido por Alatorre et al. (2013) quienes obtuvieron el valor medio de turbidez de 11.86 UTN en la presa La Boquilla. Estas diferencias se deben a las distintas profundidades de cada estudio; en donde, los muestreos del presente estudio se realizaron en tanques de cultivos de postlarva de camarón con profundidades de hasta 3 m; y Según Rubio-Arias et al. (2012) los sólidos extienden a sedimentarse; es por ello que las lecturas son mayores a medida que se toma la muestra realizada a mayor profundidad.

El análisis de coliformes fecales forma parte de los parámetros de calidad de agua estas son utilizadas frecuentemente como un indicador bacteriano de la calidad sanitaria de los alimentos y el agua, al ser el camarón un organismo al consumirse por el ser humano, debe reunir condiciones sanitarias adecuadas antes, durante y después del cultivo. La presencia de coliformes fecales sirve para indicar la posible presencia de otros organismos patógenos de origen fecal, que pueden ser bacterias, virus o protozoos parásitos pluricelulares (Swistock, 2020).

9. CONCLUSIONES

En los parámetros físicos-químicos, el oxígeno disuelto, temperatura, pH, nitrato, fosfato, sólidos disueltos totales, y turbidez fueron los parámetros de calidad de agua que se mantuvieron dentro de los rangos normales.

Los resultados obtenidos del oxígeno disuelto y la temperatura, demostraron que los organismos crecen dos veces más rápido y consume el doble de oxígeno a una temperatura dentro del rango normal, por lo que el requerimiento de oxígeno disuelto es más crítico en temperaturas cálidas que en las frías.

Los niveles de pH fueron óptimos e importante para los cultivos para obtener una mejor calidad de agua y que no afecte el metabolismo y otros procesos fisiológicos de la post larva. Con respecto al nitrato y el fosfato, la mayor concentración se presentó en el fondo del estanque, esto debido a es el receptor final de los residuos de sustancias que son aplicadas o producidas en el estanque. Los resultados de turbidez demostraron la presencia natural y normal del fitoplancton en los cultivos.

Aunque la calidad de agua fue *Buena*, hubo presencia de coliformes fecales en los estanques de producción, pero en una menor cantidad que no afecta de manera grave a los organismos, lo que se puede decir que el recambio de agua a los tanques de producción le ayuda a mantener una calidad de agua *Buena* y un ambiente adecuado para los organismos.

Aplicando el método ICA fue posible determinar la calidad de agua en los cinco tanques de cultivo, el resultado final indica que se encuentra en un estado de calidad *Buena*, a pesar de algunos tanques que cambian temporalmente su calidad, de estado *Buena* a estado *Regular*. Estos cambios se dan porque las profundidades de los tanques que varían en ciertos tiempos por los recambios de agua que se realizan en el laboratorio en los distintos estadios de las larvas. Los dos ciclos de producción mantuvieron un estado de calidad *Buena* los que se concluye que el manejo y cuidado de las larvas de camarón por medio de los encargados del laboratorio es aceptable.

De acuerdo a los indicadores obtenidos con la metodología ICA se determinó que la calidad de agua se encuentra en un estado *Buena*, mientras que la información de los parámetros físico-químicos del agua, recolectados *in situ*, nos expresan que se encuentran dentro de los rangos normales; lo que nos permite inferir que ambas metodologías aplicadas en el estudio están directamente relacionadas. Del mismo modo, se relacionan con la supervivencia del 75 y 70% para el primer y segundo ciclo de producción, respectivamente, dando como resultado una utilidad buena para el laboratorio.

10. RECOMENDACIONES

En sistemas de producción de larvas de camarón se recomienda realizar monitoreos diarios, de los parámetros físico químico y microbiológico para tomar decisiones correctivas en el manejo del estanque si este llegara a presentar problemas.

Es necesario realizar la toma de registros de datos de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos para la aplicación del ICA.

En próximos estudios similares se recomienda realizar pruebas de coliformes fecales cuantitativas para determinar la presencia de bacterias en los cultivos de larvas.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, G., López, E., & Vázquez, M. (2013). Efecto de *Vibrio harveyi* en la sobrevivencia de las larvas de *Litopenaeus vannamei*. *Scientia Agropecuaria*, pp:121-127.
- Alatorre L., Amado J., & Ramírez O. (2013) Modelo predictivo de la calidad del agua en reservorios de Chihuahua mediante percepción remota. En *Dinámicas locales del cambio ambiental global Aplicaciones de percepción remota y análisis espacial en la evaluación del territorio*. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. pp: 319-337
- Alatorre, O. (2007). Calidad de agua y principios de diseño en los sistemas de recirculación acuícola (RAS). Universidad Autónoma de Querétaro.
- Anaya, R. (2005). Cultivo de camarón blanco, *Litopenaeus vannamei*, Boone (1931), en sistema cerrado a alta densidad (Tesis de grado). Centro de investigación científica y de educación superior Ensenada. Obtenido de: <https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/1144/1/167251.pdf>
- Azim, M., Milstein, A., Wahab, M., & Verdegam, M. C. 2003. Relaciones de calidad del agua en estanques piscícolas fertilizados con sustratos artificiales. *Acuicultura*, Vol. 228 (1-4), 169-187.
- Balakrishnan, G., Peyail, S., Ramachandran, K., Theivasigamani, A., Savji, K., Chokkaiah, M. & Nataraj, P. (2011). Growth of cultured white leg shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931) in different stocking density. *Pelagia Research Library. Advances in Applied Science Research*, 2 (3), 107-113.
- Balnova, Guayaquil – Ecuador. 2014. Oxígeno en estanques de camarón (en línea, sitio web). Consultado el 20 de abril de 2022. Disponible en: <https://www.balnova.com/oxigeno-en-estanques-de-camaron/>

- Beltrán, R., Ramírez, J., & Sánchez, J. (2012). Comportamiento de la temperatura y el oxígeno disuelto en la presa Picachos . Revista Mexicana de Hidrobiología. pp: 94-98.
- Bellingham K (2009) Physico chemical parameters of natural water.Stevens Water Monitoring Systems, Inc. Disponible en <http://www.stevenswater.com/articles/waterparameters.aspx>.Fecha de consulta 22 de octubre de 2012.
- Bermudes, F., Nieves, M., Medina, A., Román, C., Flores, L., Ortega, A., & Piña, P. (2017). Efecto de la temperatura y salinidad en el crecimiento larval de *Litopenaeus vannamei*. Revista de Biología Marina y Oceanografía. pp: 611-615.
- Bolaños, J., Cordero, G., & Segura, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). Tecnología en Marcha, 15 - 27.
- Bravo, L., & Miele, D. (2013). uso de bacterias probióticas en la fase de cría de post-larva de camarón (*Penaeus Vannamei*) para mejorar la calidad de agua . Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí. Obtenido de <file:///C:/Users/HP/Downloads/ULEAM-BQAP-0028.pdf>
- Brown, R.M., McClelland, N., Deininger, R.A., y R.G., Tozer, (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.
- Carranza, Édgar 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, 13(25). pp: 55–65. <https://doi.org/10.5377/rct.v13i25.10412>.

- Carrillo, P. (2013). Comportamiento del oxígeno disuelto en la columna de agua de las estaciones fijas ecuatorianas 1988-2013. Acta oceanográfica del pacífico. Obtenido de https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas_oceanograficas/acta18/OCE1801_4.pdf
- Castro-Roa, D., Pinilla-Agudelo, G. (2014). Periphytic diatom index for assessing the ecological quality of the Colombian Andean urban wetlands of Bogotá. *Limnetica*. 33(2), 297-312
- Castro, J. Almada, J. Ferrer y D. Díaz, (2014). “Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global”. *Ingeniería Solidaria*, vol. 10, n.º 17, pp. 111-124. doi: <http://dx.doi.org/10.16925/in.v9i17.811>.
- Cuéllar, J. Lara, C., Morales, V.; García, O. 2010. Manual de buenas prácticas de manejo para el cultivo del camarón blanco *Penaeus vannamei*. OIRSA OSPESCA, C.A. 132p.
- Chang, J. (2019). Calidad de agua. Escuela Superior Politecnica General , Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del mar, Guayaquil. Recuperado el 13 de enero de 2022
- Ching, C. (2014). *Manejo de raceways y/o pre-crías en el cultivo del camarón marino*. (Presentación en Power Point). Nicovita-VITAPRO. Tumbes, Perú.
- Crites R, Tchobanoglous G (2010) Sistema de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados. Tomo I. McGraw-Hill Interamericana, Colombia. 1084 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2008. Concepto de acuicultura. (en línea) Consultado el 5 de agosto de 2022. Disponible en: https://baleaproiektua.files.wordpress.com/2010/09/akuakultura_eranskina.pdf

- Fernández, M. (2017). Determinación de coliformes totales y fecales en aguas de uso tecnológico para la centrifugas. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar, 70-73.
- Fernández, N. & Solano, F., 2005, Índices de calidad y de contaminación de agua, Universidad de Pamplona.
- Frías, M., & Páez, F. (2003). Toxicidad de los Compuestos del Nitrógeno en Camarones. Universidad Autónoma de Sinaloa.
- García, S., A. J., Olivier, B., & Rivas, M. (2018). Variables fisicoquímicas ambientales que inciden en el cultivo de camarón *Litopenaeus vannamei*, en Coyuca de Benítez, Guerrero, México. Revista Mexicana de Agroecosistemas, 135-155.
- Hernández, J. (2016). Caracterización de la calidad de agua en un sistema ntesivo de cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, en condiciones de alta salinidad con recambio de agua limitado . Centro de investigaciones biológicas del noroeste, S.C.
- Hill HD, Owens WE, Tchounwou PB (2015) Evaluación comparativa de las cualidades fisicoquímicas y bacteriológicas de arroyos seleccionados en Luisiana. Revista Internacional de Recursos Ambientales Público. pp: 94-100
- Ingle, G., Villareal, E., & Arredondo, J. (2003). Evaluación de algunos parámetros de calidad del agua en un sistema cerrado de recirculación para la acuicultura, sometido a diferentes cargas de biomasa de peces. Instituto Nacional de la Pesca, 247-253. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/hbio/v13n4/v13n4a1.pdf>
- Jara, P. (2015). Calidad del agua de mar del estero Huaylà y sus efectos en el crecimiento y supervivencia de larvas de *Litopenaeus vannamei*. (Tesis de grado) Universidad Técnica de Machala. Obtenido de

<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/2839/2/CD000020-TRABAJO%20COMPLETO-pdf>

- Jiménez, M., & Balcázar, J. (2003). Uso de filtros biológicos en larvicultura del *Litopenaeus vannamei*: Principios generales. *AquaTIC*, 11 - 14.
- Lenntech, B. V. (2009). FAQ de la evaluación de la calidad del agua. Agua residual & purificación del aire Holding B. V. *la-evaluacion-de-la-calidadagua-faq-calidad-agua*.
- Martínez, E. (2011). Folleto Ecofisiología de organismos acuícolas. Ingeniería Acuícola. Facultad de Ciencias y Tecnología, UNAN-León. León Nicaragua. Pág. 1, 2.
- Mayer, E. (2020). Monitoreo de la calidad de agua del estanque para mejorar la producción de camarones. BIOMIN Holding GmbH, Buenos Aires.
- Mayiri, R., Romero, E., & Espinoza, C. (2000). Determinación de oxígeno disuelto en aguas salinas aplicando modelos matemáticos y como sensor electrodo de membrana. *Tecnología Agua*, 197: 52-56.
- Mendoza, Ó. (2010). Utilización de bacterias nitrificantes como biorremediadoras del agua de cultivo de *Litopenaeus vannamei* en Tumbes, Perú. Universidad Internacional de Andalucía.
- Miranda, I., Valles, J., Sánchez, R., & Álvarez, Z. (2010). Cultivo del camarón marino *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) en agua dulce. Centro de Investigaciones Marinas.
- Orozco, M., Muñoz, A., Delgadillo, F., & Segovia, J. (2001). Estudio bacteriológico de agua de mar para el cultivo de moluscos bivalvos en Baja California. *Universidad Autónoma de Baja California. Ciencias Marinas*, 183-198.
- Paredes, J., & Rodríguez, J. (2020). Monitoreo de los parámetros de temperatura y pH para evaluar su efecto en la producción de camarón blanco (*Litopenaeus*

- vannamei Boone, 1931) en San Luis La Herradura, La Paz. Universidad del El Salvador.
- Pinilla, G. (2010). An index of limnological conditions for urban wetlands of Bogotá City, Colombia. *Ecological Indicators*, 10, 848-856. doi: 10.1016/j.ecolind.2010.01.006
- Quiroz, H., García, J., Molina, I., Díaz, M., & Trujillo, P. (2010). Condiciones abióticas de la presa “El Abrevadero”, utilizada para el cultivo extensivo de *Oreochromis niloticus* en Morelos, México. *Laboratorio de Hidrobiología del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México*, 1-19.
- Roca Solano, Franklin Eleuterio (2015). Análisis de la calidad de agua aplicando metodología ICA y Macroinvertebrados acuáticos en canal de descarga de los laboratorios productores en las categorías semi cultivo y cultivo integral de Nauplios y post larvas de camarón en Mar Bravo – Salinas. La Libertad. UPSE, Matriz. Facultad de Ciencias de Mar. 131p.
- Rodriguez, H., & Anzola, E. (2016). La calidad de agua y la productividad de un estanque en la acuicultura. *DiVisión de Recursos Acuícolas, Bogotá*.
- Rosero, A. (2009). Estudio de impactos ambientales y técnicas de administración de riesgos en el laboratorio de larvas de camarón Bioplus. Universidad de Guayquil.
- Rosemond S, Duro DC, Dubé M (2008) Comparative analysis of regional water quality in Canada using the water quality index. *Environmental Monitoring Assessment* 156: 223-240.
- Rubio, H., Ortiz, R., Quintana, R., Saucedo, R., Ochoa, J., & Rey, N. (2014). índice de calidad de agua (ICA) en la presa la boquilla en Chihuahua, México. *Ecosistemas y recursos naturales*, 139-150.
- Saldarriaga, D. (2013). *Tratamiento de efluentes del cultivo intensivo de *Penaeus vannamei* por sedimentación y biofiltración*. (Tesis de para optar el

Grado Académico de Doctor en Ciencias Ambientales). Universidad Nacional de Tumbes, Perú.

Sperling MV (2001) Principios Básicos do Tratamento de Esgotos. 4a ed. Universidad Federal de Minas Gerais. Brasil. 212 p.

Swistock, B. (2020). Bacterias coliformes. Universidad Estatal de Pensilvania. Obtenido de: <https://extension.psu.edu/bacterias-coliformes#:~:text=Las%20bacterias%20coliformes%20fecales%20son,aguas%20residuales%20o%20desechos%20animales>.

Vanoni, F. (2014). Alternativas de sistemas de primeras fases en acuicultura 2014. (Presentación en Power Point). Epicore Bio Networks Inc. Latin America Technical Sales Manager.

Yossa, M., Hernández, G., Vásquez, W., Ortega, J., Moreno, J., & Vinatea, L. (2014). Composición y dinámica de los sedimentos en estanques de cachama blanca y tilapia roja. Universidad de los Llanos.

12.ANEXOS



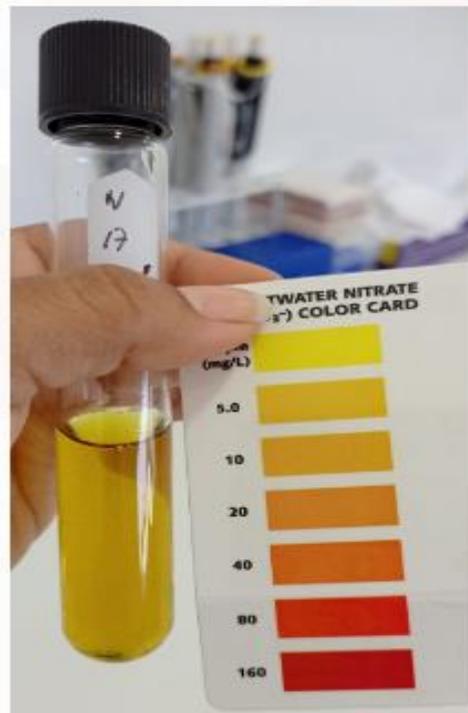
Anexo 1. Toma de parámetros físicos.

Fuente: Muñoz, 2021



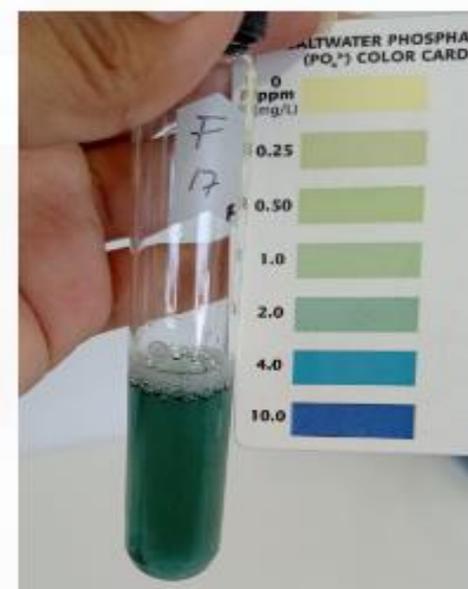
Anexo 2. Análisis de laboratorio.

Fuente: Muñoz, 2022



Anexo 3. Tabla colores del kit de colorimetría del nitrato.

Fuente: Muñoz, 2021



Anexo 4. Tabla de colores del kit de colorimetría del Fosfato.

Fuente: Muñoz, 2021

Anexo 5. Tabla de la concentración de temperatura por días en los ciclos de producción

Temperatura		
Días	Ciclo 1	Ciclo 2
1	32,3	32,32
2	32,1	32,17
3	32,66	32,6
4	32,37	32,31
5	33,26	32,2
6	33,32	33,3
7	33,3	33,27
8	33,36	33,3
9	32,75	32,75
10	33,28	33,27
11	33,3	32,23
12	31,89	31,89
13	33,45	33,18
14	33,37	33,31
15	33,25	33,24
16	33,28	33,6
17	33,32	33,28
18	33,34	33,38
19	33,27	33,27
20	29,8	31,17
21	33,27	33,24

Anexo 6. Tabla de la concentración de pH por días en los ciclos de producción

pH		
Días	Ciclo 1	Ciclo 2
1	7,98	7,85
2	8,49	8,25
3	8,5	8,5
4	8,42	8,38

5	8,53	8,6
6	8,5	8,1
7	8,48	8,28
8	8,43	8,46
9	8,16	8,42
10	8,49	8,41
11	8,42	8,39
12	8,24	8,38
13	8,42	8,46
14	8,47	8,54
15	8,4	8,34
16	8,38	8,45
17	8,19	8,41
18	8,24	8,28
19	8,37	8,46
20	8,46	8,53
21	8,24	8,5

Anexo 7. Tabla de la concentración de OD por días en los ciclos de producción

Días	OD	
	Ciclo 1	Ciclo 2
1	4,19	4,19
2	4,38	4,24
3	4,2	4,2
4	4,11	4,16
5	4,14	4,17
6	4,13	4,21
7	4,15	4,25
8	4,09	4,03
9	4,1	4,09
10	4,13	4,09
11	4,18	4,08
12	4,17	4,09
13	4,17	4,16
14	4,16	4,17

15	4,2	4,16
16	4,1	4,15
17	4,09	4,23
18	4,17	4,13
19	4,13	4,16
20	4,03	4,03
21	4,16	4,3

Anexo 8. Tabla de la cconcentración de SDT por días en los ciclos de producción

SDT		
Días	Ciclo 1	Ciclo 2
1	0,55	0,37
2	0,38	0,35
3	0,48	0,52
4	0,54	0,51
5	0,49	0,5
6	0,45	0,48
7	0,43	0,68
8	0,56	0,5
9	0,52	0,59
10	0,47	0,49
11	0,7	0,44
12	0,54	0,37
13	0,54	0,68
14	0,58	0,51
15	0,6	0,66
16	0,57	0,59
17	0,56	0,51
18	0,48	0,42
19	0,44	0,57
20	0,59	0,57
21	0,52	0,48

Anexo 9. Tabla de la concentración de nitrato y fosfato, antes del ciclo 1 de producción

Ciclo 1	sup/med/fon	Tanques	Nitrato	Fosfato
Antes	1	1	10	1
	2	1	9	0,45
	3	1	8	0,58
	1	2	10	1
	2	2	8	0,25
	3	2	7	0,56
	1	3	10	1
	2	3	8	0,37
	3	3	7	0,56
	1	4	10	1
	2	4	9	0,36
	3	4	8	0,6
	1	5	10	1
	2	5	7	0,36
	3	5	6	0,54

Anexo 10. Tabla de la concentración de nitrato y fosfato, durante el ciclo 1 de producción

Ciclo 1	sup/med/fon	Tanques	Nitrato	Fosfato
Durante	1	1	5	0,5
	2	1	4	0,4
	3	1	4	0,43
	1	2	5	0,5
	2	2	4	0,43
	3	2	3	0,46
	1	3	5	0,5
	2	3	5	0,36
	3	3	4	0,42
	1	4	5	0,5
	2	4	4	0,43
	3	4	3	0,5
	1	5	5	0,5
	2	5	5	0,47
	3	5	4	0,57

Anexo 11. Tabla de la concentración de nitrato y fosfato, después del ciclo 1 de producción

Ciclo 1	sup/med/fon	Tanques	Nitrato	Fosfato
Después	1	1	5	0,47
	2	1	3	0,49
	3	1	4	0,5
	1	2	5	0,47
	2	2	5	0,6
	3	2	4	0,62
	1	3	5	0,59
	2	3	3	0,45
	3	3	2	0,58
	1	4	5	0,47
	2	4	5	0,49
	3	4	3	0,58
	1	5	5	0,47
	2	5	4	0,56
	3	5	2	0,59

Anexo 12. Tabla de la concentración de nitrato y fosfato, antes de ciclo 2 de producción

Ciclo 2	sup/med/fon	Tanques	Nitrato	Fosfato
Antes	1	1	10	1
	2	1	8	0,44
	3	1	7	0,57
	1	2	10	1
	2	2	9	0,24
	3	2	8	0,55
	1	3	10	1
	2	3	9	0,36
	3	3	8	0,55
	1	4	10	1
	2	4	7	0,36
	3	4	6	0,5
	1	5	10	1
	2	5	8	0,35
	3	5	7	0,53

Anexo 13. Tabla de la concentración de nitrato y fosfato, durante el ciclo 2 de producción

Ciclo 2	sup/med/fon	Tanques	Nitrato	Fosfato
Durante	1	1	5	0,5
	2	1	4	0,41
	3	1	3	0,42
	1	2	5	0,5
	2	2	5	0,42
	3	2	4	0,45
	1	3	5	0,5
	2	3	4	0,36
	3	3	3	0,42
	1	4	5	0,5
	2	4	4	0,43
	3	4	2	0,5
	1	5	5	0,5
	2	5	4	0,45
	3	5	3	0,56

Anexo 14. Tabla de la concentración de nitrato y fosfato, después del ciclo 2 de producción

Ciclo 2	sup/med/fon	Tanques	Nitrato	Fosfato
Después	1	1	5	0,45
	2	1	3	0,43
	3	1	2	0,5
	1	2	5	0,45
	2	2	3	0,5
	3	2	2	0,63
	1	3	5	0,54
	2	3	5	0,44
	3	3	4	0,56
	1	4	5	0,45
	2	4	4	0,46
	3	4	3	0,57
	1	5	5	0,45
	2	5	3	0,5
	3	5	2	0,48

Anexo 15. Tabla de los datos de turbidez durante el ciclo 1 y 2

Turbidez (cm)	Ciclo 1	Ciclo 2
Antes	55	55
Durante	40	40

Anexo 16. Tabla del análisis ICA en el tanque 1 durante el primer ciclo de producción

Tanque 1	Parámetros	W	Pi	K	ICA
1	OD	4	1	1	4
2	pH	3	1	1	3
4	Nitratos	2	1	1	2
5	Coliformes fecales	4	1	1	4
6	Temperatura	3	1	1	3
7	Turbidez	2	1	1	2
8	SDT	3	2	1	3
9	Fosfatos	1	1	1	1
Total					2,8

Anexo 17. Tabla del análisis ICA en el tanque 2 durante el primer ciclo de producción

Tanque 2	Parámetros	W	Pi	K	ICA
1	OD	4	1	0,75	3
2	pH	4	1	0,75	3
4	Nitratos	3	1	0,75	2,25
5	Coliformes fecales	4	1	0,75	3
6	Temperatura	4	1	0,75	3
7	Turbidez	4	1	0,75	3
8	SDT	3	2	0,75	2,25
9	Fosfatos	3	1	0,75	2,25
Total					2,7

Anexo 18. Tabla del análisis ICA en el tanque 3 durante el primer ciclo de producción

Tanque 3	Parámetros	W	Pi	K	ICA
1	OD	4	1	0,75	3
2	pH	4	1	0,75	3
4	Nitratos	2	1	0,75	1,5
5	Coliformes fecales	4	1	0,75	3
6	Temperatura	3	1	0,75	2,25
7	Turbidez	3	1	0,75	2,25
8	SDT	3	2	0,75	2,25
9	Fosfatos	2	1	0,75	1,5
Total					2,3

Anexo 19. Tabla del análisis ICA en el tanque 4 durante el primer ciclo de producción

Tanque 4	Parámetros	W	Pi	K	ICA
1	OD	4	1	0,75	3
2	pH	4	1	0,75	3
4	Nitratos	3	1	0,75	2,25
5	Coliformes fecales	4	1	0,75	3
6	Temperatura	4	1	0,75	3
7	Turbidez	4	1	0,75	3
8	SDT	3	2	0,75	2,25
9	Fosfatos	2	1	0,75	1,5
Total					2,6

Anexo 20. Tabla del análisis ICA en el tanque 5 durante el primer ciclo de producción

Tanque 5	Parámetros	W	Pi	K	ICA
1	OD	4	1	0,75	3
2	pH	4	1	0,75	3
4	Nitratos	2	1	0,75	1,5
5	Coliformes fecales	4	1	0,75	3
6	Temperatura	4	1	0,75	3
7	Turbidez	3	1	0,75	2,25
8	SDT	3	2	0,75	2,25
9	Fosfatos	2	1	0,75	1,5
Total					2,4

Anexo 21. Tabla del análisis ICA en el tanque 1 durante el segundo ciclo de producción

Tanque 1	Parámetros	W	Pi	K	ICA
1	OD	4	1	0,75	3
2	pH	4	1	0,75	3
4	Nitratos	3	1	0,75	2,25
5	Coliformes fecales	4	1	0,75	3
6	Temperatura	4	1	0,75	3
7	Turbidez	4	1	0,75	3
8	SDT	3	2	0,75	2,25
9	Fosfatos	2	1	0,75	1,5
Total					2,6

Anexo 22. Tabla del análisis ICA en el tanque 2 durante el segundo ciclo de producción

Tanque 2	Parámetros	W	Pi	K	ICA
1	OD	4	1	0,75	3
2	pH	4	1	0,75	3
4	Nitratos	2	1	0,75	1,5
5	Coliformes fecales	4	1	0,75	3
6	Temperatura	4	1	0,75	3
7	Turbidez	4	1	0,75	3
8	SDT	3	2	0,75	2,25
9	Fosfatos	2	1	0,75	1,5
Total					2,5

Anexo 23. Tabla del análisis ICA en el tanque 3 durante el segundo ciclo de producción

Tanque 3	Parámetros	W	Pi	K	ICA
1	OD	4	1	0,75	3
2	pH	4	1	0,75	3
4	Nitratos	2	1	0,75	1,5
5	Coliformes fecales	4	1	0,75	3
6	Temperatura	3	1	0,75	2,25
7	Turbidez	3	1	0,75	2,25
8	SDT	3	2	0,75	2,25
9	Fosfatos	2	1	0,75	1,5
Total					2,3

Anexo 24. Tabla del análisis ICA en el tanque 4 durante el segundo ciclo de producción

Tanque 4	Parámetros	W	Pi	K	ICA
1	OD	4	1	0,75	3
2	pH	4	1	0,75	3
4	Nitratos	3	1	0,75	2,25
5	Coliformes fecales	4	1	0,75	3
6	Temperatura	4	1	0,75	3
7	Turbidez	4	1	0,75	3
8	SDT	3	2	0,75	2,25
9	Fosfatos	3	1	0,75	2,25
Total					2,7

Anexo 25. Tabla del análisis ICA en el tanque 5 durante el segundo ciclo de producción

Tanque 5	Parámetros	W	Pi	K	ICA
1	OD	4	1	1	4
2	pH	3	1	1	3
4	Nitratos	2	1	1	2
5	Coliformes fecales	4	1	1	4
6	Temperatura	3	1	1	3
7	Turbidez	2	1	1	2
8	SDT	3	2	1	3
9	Fosfatos	1	1	1	1
Total					2,8

Anexo 26. Tabla del ICA de los 5 tanques durante los dos ciclos de producción

Tanques	ICA-Ciclo 1	ICA-Ciclo 2
1	2,8	2,6
2	2,7	2,5
3	2,3	2,3
4	2,6	2,7
5	2,4	2,8