

Evaluación de la Calidad del Agua en una Producción de Policultivos Piscícolas en el Municipio
de Capitanejo – Santander

Favio Arley Paredes Arismendi, Kevin Yamid Rodríguez Méndez

Trabajo de Grado para Optar al Título de Zootecnista.

Director

Leonardo Avendaño Vásquez

PhD. Acuicultura

Codirector

Edwin Alberto Murillo

Gerente Piscícola Murillo

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia IPRED

Programa de Zootecnia

Bucaramanga

2023

Dedicatoria

Dedico este trabajo primeramente a Dios por darme sabiduría y la fortaleza diaria para poder culminar esta meta.

A mis Padres, David y Omaira por ser el apoyo, ayuda y motivación, por ser ejemplo de constancia, resiliencia, fortaleza, amor; por ser nuestro pilar de principios, valores y preparación para la vida, por su apoyo y confianza depositada para demostrarles que brindaron a la sociedad hijos con principios y valores, así mismo personas que quieren cada día ser mejores espiritual, emocional y profesionalmente, ellos son el principal motor de mi vida.

A mis hermanos por el apoyo incondicional y ayuda, ser amigos, cómplices y consejeros, seres que estuvieron presentes cuando sentía que la vida me golpeaba o ponía obstáculos, además de su apoyo emocional, material y económico que fue importante durante este proceso. A Eider, Olga, Milena, Andrés, Gerson, Jhoan, Nidia, Albeiro, Luis, Johan, Marina.

A mi novia Leidy por ser mi compañera de vida, apoyo y fortaleza, por brindarme su amor y cariño. Siempre estuvo presente para darme consejos y motivación, además por ser para mí un ejemplo de vida, y a su hermana Ahiruvy por su apoyo y ayuda.

Con amor y gratitud Favio Paredes.

Dedicatoria.

Dedico este logro principalmente a DIOS por su gran amor y bondad, por ser mi inspiración, fortaleza y voz de aliento en aquellos momentos cuando quise rendirme.

A mi padre quien se ha esforzado cada día por brindarme lo mejor, a mi madre por cada una de sus oraciones amor y apoyo incondicional, gracias a los dos por darlo todo para verme triunfar.

A mi hermano y demás familiares por su apoyo de alguna u otra forma, a mi hermana quien ha sido mi soporte moral y espiritual, sus palabras de aliento fueron mi medicina en los días de dificultad.

A mi tío en el cielo, sé que no podrá leer esta dedicatoria, pero quiero honrar su memoria recordando sus últimas palabras que jamás olvidaré y que fueron motivación para llegar hasta aquí.

A la experiencia de aquellas personas y amistades sinceras que encontré en mi camino y quienes ocupan un lugar especial en mi corazón.

“Hay bajo el sol un momento para todo, y un tiempo para hacer cada cosa” Eclesiastés 3:1.

“Los tiempos de DIOS son perfectos”

Con amor Kevin Rodríguez

Agradecimientos

Agradecemos primeramente a Dios por permitirnos culminar este proyecto, ser guía y fortaleza ante las adversidades y obstáculos de la vida.

Agradecemos a nuestro director PhD. Leonardo Avendaño Vásquez por su apoyo, disposición y acompañamiento en la ejecución de este proyecto.

Agradecemos a los hermanos Edwin y Víctor Murillo por abrirnos las puertas de la Piscícola Murillo y aportarnos conocimientos y experiencias para nuestra vida profesional.

Agradecemos a nuestro amigo y colega Edward Aponte Cárdenas por ser de gran apoyo y guía en las actividades diarias de la piscícola.

A la tía Miriam y su familia por facilitarnos los medios para nuestra estadía en el Municipio de Capitanejo mientras ejecutábamos este proyecto.

A la Universidad Industrial de Santander por formarnos como profesionales ética y moralmente.

A nuestros docentes por impartir sus conocimientos, compañeros y amigos por los momentos compartidos a lo largo de nuestra formación profesional.

A personas como Doña Aminta quien de una u otra forma depositó su confianza de manera incondicional y nos brindó su apoyo en medio de este proceso.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	13
1. Objetivos	16
1.1 Objetivo General	16
1.2 Objetivos Específicos.....	16
2. Marco Teórico.....	17
2.1 Marco Conceptual.....	17
2.1.1 Acuicultura.....	17
2.1.2 Acuicultura en Colombia	17
2.1.3 Demanda de pesca en Colombia	18
2.1.4 Policultivos en acuicultura.....	19
2.1.5 Parámetros para el establecimiento de cultivos piscícolas	20
2.1.5.1 Alimentos proteicos	20
2.1.5.2.....	20
2.1.5.3.....	20
2.1.5.4 Turbidez	20
2.1.5.5 Temperatura.	20
2.1.5.6 Amonio.	21
2.1.5.7 Sólidos disueltos torales (TDS).	21
2.1.5.8 Capacidad de carga (CC).	21
2.1.6 Tilapia roja.....	21
2.1.7 Tilapia roja en Colombia	22

2.1.8 Cachama.....	23
2.1.9 Bocachico.....	23
2.1.10 Bagre dorado.....	24
2.2 Marco Legal.....	24
2.2.1 Resolución N° 02287 de 2015.....	24
2.2.2 Ley 1174 de 2016.....	24
2.2.3 Resolución N° 1352 de 2016.....	24
2.2.4 Resolución N° 64 de 2016.....	25
2.2.5 Resolución N° 1485 de 2022.....	25
3. Metodología.....	25
3.1 Descripción y manejo de la unidad productiva.....	25
3.2 Variables a medir.....	26
3.3 Análisis de datos.....	26
4. Resultados y discusión.....	27
4.1 Dinámica de los parámetros fisicoquímicos en los estanques de la unidad productiva.....	27
4.1.1 Oxígeno disuelto.....	27
4.1.2 Temperatura.....	29
4.1.3 pH.....	30
4.1.4 Sólidos totales disueltos.....	32
4.2 Dinámica de los parámetros fisicoquímicos en los estanques dependiendo la etapa fisiológica.....	35
5. Conclusiones.....	39
6. Recomendaciones.....	39

Referencias Bibliográficas 40

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Especies de pescado comercializadas en Colombia	18
Tabla 2. Clasificación taxonómica de la Tilapia roja	22
Tabla 3. Clasificación taxonómica de Cachama blanca.....	23
Tabla 4. Clasificación taxonómica del Bocachico	24
Tabla 5. Parámetros fisicoquímicos en las diferentes etapas fisiológicas	35

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1.Comportamiento del oxígeno disuelto durante el día.....	27
Figura 2.Comportamiento del oxígeno disuelto de febrero a mayo.....	28
Figura 3.Comportamiento de la temperatura durante el día	29
Figura 4.Comportamiento de la temperatura de febrero a mayo	29
Figura 5.Comportamiento del pH durante el día	31
Figura 6.Comportamiento del pH de febrero a mayo	31
Figura 7.Comportamiento de los sólidos totales disueltos durante el día.....	32
Figura 8.Comportamiento de los sólidos totales disueltos de febrero a mayo.....	33

Lista de Apéndices

“Los apéndices están adjuntos y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS”

Resumen

Título: Evaluación de la Calidad del Agua en una Producción de Policultivos Piscícolas en el Municipio de Capitanejo – Santander*

Autores: Favio Arley Paredes Arismendi, Kevin Yamid Rodríguez Méndez**

Palabras Clave: Calidad de agua, policultivo, parámetros físicos químicos.

Descripción: El establecimiento de condiciones fisicoquímicas en la calidad del agua empleada en piscicultura exige mantener rangos de tolerancia de cada especie respecto a parámetros como concentración de sólidos suspendidos en el agua, evaporación de gases, actividad biológica, pH y concentraciones mínimas de oxígeno disuelto que pueden reducir la capacidad metabólica y respiratoria que se evidencia en el crecimiento y rendimiento productivo. El objetivo de este estudio fue evaluar los parámetros fisicoquímicos del agua utilizados para producciones semi intensivas de tilapia roja (*Oreochromis Sp.*), cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), bocachico (*Prochilodus magdalenae*), y Bagre Dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*) de la Piscícola Murillo en el municipio de Capitanejo Santander. Se evaluaron cuatro parámetros físicoquímicos del sistema; pH, OD (oxígeno disuelto - ppm), TDS (sólidos totales disueltos- ppm) y temperatura C°, durante 4 meses (febrero, marzo, abril y mayo) del 2023, en 16 estanques. La temperatura presentó un promedio de 22,79 C° ± 0,46, 25,24 C° ± 0,36 y 27,20 C° ± 0,38 a las 7:00 am. 12:00 PM y 5:00 PM respectivamente, presentando diferencias significativas a las horas tomadas. El oxígeno disuelto (OD ppm) tuvo rangos de 2,84 ppm ± 0,49; 3,70 ppm ± 0,42 y 4,51 ppm ± 0,36 a las 7:00 AM, 12:00 PM y 5:00 PM, teniendo diferencias significativas en las horas tomadas; El pH 7,73 ± 0,06; 7,95 ± 0,05 y 8,15 ± 0,08 a las 7:00 AM, 12:00 PM y 5:00 PM, teniendo diferencias significativas en las horas tomadas. los promedios de solidos totales disueltos son 167,69 ppm ± 9,20; 168,97 ppm ± 9,88 y 168,76 ppm ± 10,37 a las 7:00 AM, 12:00 PM y 5:00 PM. Se concluye que los parámetros evaluados de calidad de agua varían durante el día sin afectar el sistema de producción, los rangos encontrados en la Piscícola Murillo son óptimos.

* Trabajo de Grado

** Instituto de Proyección Regional y a Distancia IPRED. Programa de Zootecnia. Director: Leonardo Avendaño Vásquez. PhD en Acuicultura. Codirector: Edwin Alberto Murillo. Gerente Piscícola Murillo.

Abstract

Title: Evaluation of Water Quality in a Polyculture Fish Farm in the Municipality of Capitanejo - Santander*

Author(s): Favio Arley Paredes Arismendi, Kevin Yamid Rodríguez Méndez**

Key Words: Water quality, polyculture, physical and chemical parameters.

Description: The establishment of physicochemical conditions in the quality of water used in fish farming requires maintaining tolerance ranges for each species with respect to parameters such as concentration of suspended solids in the water, gas evaporation, biological activity, pH and minimum concentrations of dissolved oxygen that can reduce the metabolic and respiratory capacity that is evident in growth and productive yield. The objective of this study was to evaluate the physicochemical parameters of the water used for semi-intensive production of red tilapia (*Oreochromis Sp.*), white cachama (*Piaractus brachypomus*), bocachico (*Prochilodus magdalenae*), and golden catfish (*Brachyplatystoma rousseauxii*) at Piscícola Murillo in the municipality of Capitanejo Santander. Four physicochemical parameters of the system were evaluated; pH, DO (dissolved oxygen - ppm), TDS (total dissolved solids - ppm) and temperature C°, for 4 months (February, March, April and May) of 2023, in 16 ponds. Temperature averaged $22.79\text{ C}^{\circ} \pm 0.46$, $25.24\text{ C}^{\circ} \pm 0.36$ and $27.20\text{ C}^{\circ} \pm 0.38$ at 7:00 AM, 12:00 PM and 5:00 PM. 12:00 PM and 5:00 PM respectively, showing significant differences in the hours taken. Dissolved oxygen had ranges of $2.84\text{ ppm} \pm 0.49$; $3.70\text{ ppm} \pm 0.42$ and $4.51\text{ ppm} \pm 0.36$ at 7:00 AM, 12:00 PM and 5:00 PM, having significant differences in the hours taken; pH 7.73 ± 0.06 ; 7.95 ± 0.05 and 8.15 ± 0.08 at 7:00 AM, 12:00 PM and 5:00 PM, having significant differences in the hours taken. The averages of total dissolved solids are $167.69\text{ ppm} \pm 9.20$; $168.97\text{ ppm} \pm 9.88$ and $168.76\text{ ppm} \pm 10.37$ at 7:00 AM, 12:00 PM and 5:00 PM. It is concluded that the evaluated water quality parameters vary during the day, without affecting the production system, the ranges found for the Murillo fish farm are optimal.

* Degree Work

** Instituto de Proyección Regional y a Distancia IPRED. Programa de Zootecnia. Director: Leonardo Avendaño Vásquez. PhD en Acuicultura. Codirector: Edwin Alberto Murillo. Gerente Piscícola Murillo.

Introducción

El éxito de una producción acuícola comercial está ampliamente influenciado por condiciones ambientales de crianza óptimas que permitan el crecimiento, bienestar y rentabilidad general del sistema (Brauner & Richards, 2020). La medición de diferentes parámetros fisicoquímicos del agua en cultivos intensivos de especies acuícolas es de gran relevancia, dado que, afectan directamente el desempeño productivo y favorecen un estado adecuado de la piscícola incrementando la supervivencia durante el cultivo (Perdomo et al., 2012). El monitoreo constante de condiciones fisicoquímicas en la calidad del agua se traduce en obtener datos que se encuentren dentro de los rangos de tolerancia permitidos para cada una de ellas y que son establecidos de acuerdo con la especie. Estudios reportan que una alta concentración de sólidos suspendidos en el agua, evaporación de gases, actividad biológica, pH y las concentraciones mínimas de oxígeno disuelto pueden reducir la capacidad metabólica y respiratoria, lo que se refleja en el crecimiento y rendimiento productivo (Briones et al., 2017). El seguimiento continuo y análisis de los datos obtenidos como resultado de las diferentes mediciones realizadas para determinar la calidad del agua en acuicultura, se convierte en una herramienta de gran ayuda para los productores, ya que, les permitirá mantener los valores permitidos con un adecuado manejo y de esta manera garantizar una baja tasa de mortalidad en las primeras etapas de los cultivos acuícolas (Paz & Plazas, 2019).

Los parámetros fisicoquímicos que determinan la calidad del agua influyen significativamente sobre el desarrollo de una producción acuícola. El oxígeno influye directamente en el consumo de alimento, niveles inferiores a 2 ppm en periodos prolongados provoca estrés impidiendo el crecimiento y disminuyendo la respuesta inmunitaria (DSM, 2020), la temperatura determina el crecimiento de los animales, un aumento de más de 20 °C acelerará de manera

positiva los procesos bioquímicos de la fisiología según la etapa productiva del animal, además de que se observa un incremento en el consumo de alimento (Vasques et al., 2014), cambios en el pH afectan de manera negativa la regulación ácido-base y de iones en el transporte de oxígeno en la sangre. Concentraciones de algunos metales que se miden según la dureza del agua como calcio (Ca^{2+}) y sales de magnesio (Mg^{2+}) pueden estar presentes y llevan a alterar las funciones fisiológicas de los peces, ya que, estos poseen órganos como las branquias que intercambian iones y gases y pueden ser sensibles al contacto durante periodos prolongados. Por otro lado, en aguas blandas los iones de metales podrían llegar a ser solubles y tóxicos afectando la salud del consumidor (Dhar et al., 2022; Enderlein & Peter, 2020).

Durante el desarrollo de las producciones piscícolas además de considerar la cantidad de agua que se necesita, se debe tener en cuenta las diferentes variaciones fisicoquímicas que se pueden presentar en la calidad del agua, y que pueden afectar directamente el crecimiento y desarrollo del animal desde su etapa de alevinaje hasta su engorde. El municipio de Capitanejo Santander cuenta con una zona apta para el establecimiento de producciones piscícolas, tener en cuenta la calidad y el aprovechamiento del recurso hídrico le permitirá impulsar el desarrollo en la región y lograr competir con mercados nacionales, para esto requieren de la recolección de datos continua y uso de registros que permitan tomar decisiones eficaces en cada producción y mejorar la tecnificación de los sistemas piscícolas.

El aumento del consumo mundial de pescado de 1961 al 2017 fue del 3,1%, frente al crecimiento de la población mundial del 1,6%, duplicándose en relación con el crecimiento de la población a nivel mundial, y se ha comparado la demanda de este alimento siendo esta mayor frente a otras fuentes proteicas como carnes rojas, productos lácteos y subproductos; a su vez el consumo per cápita aparente de pescado aumentó de 9,0 kg en 1961 a 20,5 kg en 2018 (FAO,

2020a). Según la FAO, 2020 la tilapia roja (*Oreochromis sp*) cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y bocachico (*Prochilodus magdalenae*) son una alternativa económica y de calidad para alimentación humana. Según cifras estadísticas del sector pesquero en Colombia (SEPEC) la región caribe es la zona con mayor producción pesquera en el país seguido de la región pacífica con 36.727 toneladas y 28.967 toneladas en el año 2021 respectivamente (AUNAP, 2022).

Teniendo en cuenta lo mencionado este trabajo busca evaluar la dinámica de los parámetros fisicoquímicos del agua en un sistema de policultivo en tilapia roja (*Oreochromis sp*), cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y bocachico (*Prochilodus magdalenae*) con respecto al número de estanques y horario del día en la piscícola Murillo en el municipio de Capitanejo.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Evaluar la dinámica de la calidad del agua en policultivos piscícolas en tilapia roja (*Oreochromis Sp.*), cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y bocachico (*Prochilodus magdalenae*).

1.2 Objetivos Específicos

Evaluar el comportamiento del oxígeno, la temperatura, los TDS, el pH de los estanques establecidos en la Piscícola Murillo.

Estimar el comportamiento del oxígeno, la temperatura, los TDS, el pH de los estanques para la etapa de inicio, levante y engorde de un sistema de policultivo de tilapia roja (*Oreochromis sp*), cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y bocachico (*Prochilodus magdalenae*).

2. Marco Teórico

2.1 Marco Conceptual

2.1.1 Acuicultura

La técnica de cultivar peces bajo procesos estandarizados ha fomentado un conjunto de prácticas que permiten producir alimentos de buena calidad y alta demanda; gracias al manejo, el mejoramiento genético, incubación, reproducción, alimentación y sanidad, han hecho posible impulso de comunidades, manufactura de materias primas y seguridad alimentaria (Montes et al., 2017).

Los países asiáticos, principalmente China, han sido los mayores productores de pescado para consumo humano, harina y aceite de pescado, entre otros, desde 1980. En 2030, se proyecta que la producción acuícola siga en crecimiento en todos los continentes con diversas especies productivas y sus derivados entre los países y regiones. Asia continuará dominando el sector de la acuicultura, impulsando el aumento de poco más del 89 % de la producción en 2030 y, a su vez, representando el 89 % de la producción acuícola mundial. La industria se expandirá en los países de África (en un 48 %) y América Latina (en un 33 %) en términos de especies; se estima que la mayoría de la producción acuícola mundial (62 %) en 2030 residirá en especies de agua dulce como la carpa y el bagre pangasio (*Pangasius spp.*) (FAO, 2020).

2.1.2 Acuicultura en Colombia

En Colombia, la acuicultura inició en la década de 1940 con poca infraestructura, equipamiento, desarrollo y conocimiento, por lo que el estado y organismos internacionales la impulsaron a través de proyectos, capacitaciones e incentivos laborales que surgieron en la década de 1970, creando así el Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente

(INDERENA); el cual dio paso al Ministerio del Medio Ambiente por medio del cual se generó la regulación y fomento de la actividad pesquera y la acuicultura en Colombia (Minagricultura, 2018).

2.1.3 Demanda de pesca en Colombia

En el 2018 se estimó una producción mundial de 179 millones de toneladas de pescado, donde 82 millones, provienen de la producción acuícola, de estos, para el consumo humano se destinaron 156 millones generando un consumo per cápita de 20,5 kg, y para los subproductos del pescado como la harina y aceite fueron destinados 22 millones de toneladas (FAO, 2020a). Para Colombia el consumo per cápita de pescado anual para el 2021 fue de 9,60 kg (AUNAP, 2022a). En la Tabla 1 se muestran las principales especies de pescado comercializadas en Colombia.

Tabla 1.

Especies de pescado comercializadas en Colombia.

Nombre común	Nombre científico	Ton año ⁻¹	%
Mojarra roja	<i>Oreochromis spp.</i>	5677,6	55,20
Mojarra nilótica	<i>Oreochromis niloticus</i>	2115,5	20,57
Cachama blanca	<i>Piaractus brachypomus</i>	1660,1	16,14
Trucha arcoíris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	406,59	3,95
Cachama negra	<i>Colossoma macropomum</i>	176,93	1,72
Camarón blanco	<i>Litopenaeus vannamei</i>	172,59	1,68
Bocachico	<i>Prochilodus magdalenae</i>	36,5	0,35
Híbrido de cachama blanca con cachama negra	<i>Piaractus brachypomus X Colossoma macropomum</i>	19,9	0,19
Yamú	<i>Brycon amazonicus</i>	12,88	0,13
Bagre rayado	<i>Pseudoplatystoma magdaleniatum</i>	4	0,04
Carpa	<i>Cyprinus carpio</i>	3,6	0,03
Total		10286,19	100,0

Nota. * Tomado de SEPEC (2019) como se citó en Hernández et al., 2019

2.1.4 Policultivos en acuicultura

La integración de distintas especies acuícolas conlleva a la diversificación y puede llevar a un consumo eficiente de alimentos vivos o detritos que pueden habitar en diferentes niveles de profundidad. La oferta nutricional que ofrece un estanque favorece la proliferación de macrofauna fitoplancton y zooplancton incrementada por la adición de fertilizantes químicos y alimento en degradación. En este contexto, el conjunto de diferentes especies acuícolas se lleva a cabo en distintas densidades de siembra, proyectando un buen uso del consumo suministrado evitando el desperdicio (Berger, 2020).

Según Rahman et al., (2008) la idea de un policultivo se basa en el principio de que cada especie sembrada tiene su propio nicho de alimentación que no se superpone completamente con los nichos de alimentación de otras especies. Por lo tanto, se hace un uso más completo de los recursos alimentarios y del espacio disponible en un policultivo que en un monocultivo. En algunos casos, una especie mejora la disponibilidad de alimentos para otras especies y, por lo tanto, aumenta el rendimiento total de peces por unidad de superficie.

El establecimiento de policultivos extensivos y semi intensivos contempla el uso de especies nativas. En Colombia se utiliza el bocachico (*Prochilodus magdalenae*) por su hábito detritívoro o descomponedor, es decir, que obtienen su alimento de la materia orgánica en descomposición y detritos, e iliófago (consumo de sedimentos); la cachama híbrida (*Piaractus sp.*) dado que es una especie zooplanctófaga, omnívora y frugívora, además de, la tilapia por su hábito superficial y de esta manera se aprovecha el flujo constante de nutrientes que ofrece el medio (Durán et al., 2020).

2.1.5 Parámetros para el establecimiento de cultivos piscícolas

2.1.5.1 Alimentos proteicos. Es importante que los alimentos suministrados sean de alta digestibilidad, debido a que alimentos proteicos con porcentajes de proteína mayor al 35% que no son consumidos se acumulan generando compuestos nitrogenados, que afectan negativamente la producción (Ornelas et al., 2017).

2.1.5.2 Calidad del agua. Indica los rangos numéricos y las características cualitativas de las variables fisicoquímicas que definen la naturaleza propia del agua y condiciones adecuadas para la cría, mantenimiento, reproducción y desarrollo de las especies acuáticas de interés productivo (J. Gonzales, 2019). El agua puede ser contaminada por los residuos generados por los alimentos y los animales, afectando la calidad del agua para el óptimo desarrollo de la producción en general y generando efectos negativos en el medio ambiente. Debido a esto, existe la necesidad de combinar prácticas acuícolas que brinden la calidad y rendimiento para que sean rentables y tengan el menor impacto en el medio ambiente (Zidni et al., 2019).

2.1.5.3 pH. Este factor es importante en una producción acuícola, debido a que un valor de pH alto o bajo genera serias repercusiones en los peces, los valores críticos se encuentran encima de 9,0 y debajo de 6,0 (F. Gonzales, 2019). La variación constante de los valores de pH puede hacer que los contaminantes sean más tóxicos dependiendo de su naturaleza química (alcalinos o ácidos) (Alabaster & Lloyd, 2013).

2.1.5.4 Turbidez. Se determina por el contenido de sólidos totales, medido por la transparencia total del agua, los cuales pueden causar problemas respiratorios y branquiales (valor óptimo de 200 g/mL) (Gonzales, 2019).

2.1.5.5 Temperatura. La temperatura requerida es de 24 a 32 C° y la temperatura ideal para el cultivo es de 28 a 32 C° (Gonzales, 2019). Según Fry (1947) como se citó en (Leonard &

Skov, 2022), la temperatura del agua es uno de los factores ambientales más importantes, ya que, puede influir directamente en la fisiología, energía de los peces y puede definir el alcance metabólico de los individuos.

2.1.5.6 Amonio. Debido a la orina y heces generadas por los peces, además de la degradación de materia orgánica en los estanques, peceras o pozos, el amonio tiene un valor permitido que corresponde a una concentración inferior a 0.2 ppm (F. Gonzales, 2019).

2.1.5.7 Sólidos disueltos torales (TDS). Los sólidos disueltos totales hacen referencia a la cantidad de minerales, metales, materia orgánica y sales que se disuelven en un determinado volumen de agua y se expresa en mg/L. Esta variable está directamente asociada con la calidad y pureza del agua, particularmente en los sistemas de purificación de agua (Corrosionpedia, s. f.).

2.1.5.8 Capacidad de carga (CC). La capacidad de carga se define como el número máximo de individuos de la población cultivada que el ambiente puede soportar en un periodo de tiempo, teniendo en cuenta las limitaciones de los factores físicos y ambientales (Riascos et al., 2012). La densidad de población afecta directamente en el crecimiento, desarrollo y desempeño productivo de los peces (Tolussi et al., 2010); estimar la capacidad de carga adecuada ayudará a maximizar la producción teniendo en cuenta un uso eficaz del espacio, alimentación y desempeño eficiente (Ani et al., 2022).

2.1.6 Tilapia roja

La tilapia (Tabla 2) es un grupo de origen africano y palestino, perteneciente a la familia de los cíclidos, que incluye 1699 especies distribuidas en África, Sudeste Asiático, Medio Oriente y América Central y del Sur. Las diferentes especies de tilapia pueden estar ampliamente distribuidas en todo el mundo, principalmente la tilapia de Mozambique (*Oreochromis Mossambicus*) y la tilapia del Nilo (*Oreochromis Niloticus*), que representaron el 70 % de la

producción total en 2017. La tilapia vive y se adapta a diferentes condiciones lacustres, es decir, el espacio interior de lagos o planicies aluviales, la mayoría en ambientes tropicales o subtropicales, adaptándose así a condiciones ambientales extremas. Se reproduce a través de la eclosión de sus huevos de manera bucal; los machos son más grandes y de color brillante, y crecen más rápido que las hembras. Tienen una dieta diversa a base de productos concentrados de origen vegetal y alimento vivo (ASOPESCA, 2018; Fattah, 2020).

Tabla 2.

Clasificación taxonómica de la Tilapia roja.

Reino	<i>Metazoa</i>
Phyllum	<i>Chordata</i>
Subphyllum	<i>Vertebrata</i>
Infraphyllum	<i>Gnathostomata</i>
Clase	<i>Osteichtyes</i>
Orden	<i>Perciforme</i>
Familia	<i>Cichlidae</i>
Géneros	<i>Oreochromis</i>
Especie	<i>Oreochromis sp</i>

Nota. *Tomado de (Moreles, 1974)

2.1.7 Tilapia roja en Colombia

La tilapia roja, conocida como mojarra roja (*Oreochromis Sp.*) fue introducida en Colombia en 1970, con el propósito de generar fuentes de ingreso alternativas a bajo costo gracias a su rendimiento productivo, adaptación y fácil crianza (Merino et al., 2013). Según Mincomex, (2001) como se citó en (Obregón, 2006) la tilapia roja es la especie más cultivada en nuestro territorio y es objeto de mayor producción, siendo principalmente el departamento del Huila el mayor productor con 4.508 toneladas.

2.1.8 Cachama

Especie tropical originaria de los ríos Orinoco y Amazonas. El inicio de la producción intensiva de esta especie data del año 1983; es la segunda especie acuícola consumida en Colombia. Posee alto potencial productivo por su manejo en cautiverio en sistemas extensivos y semi intensivos, por su fácil adaptación en aguas cálidas, alta docilidad y rusticidad a enfermedades (Mesa & Botero, 2007). En algunos estudios la cachama blanca (Tabla 3) es compatible con otras especies cultivadas en diferentes producciones y etapas, es así como se convierte en una especie ideal para el establecimiento de policultivos (Kumar et al., 2018).

Tabla 3.

Clasificación taxonómica de Cachama blanca.

Reino	<i>Animalia</i>
Filo	<i>Chordata</i>
Clase	<i>Actinopterygii</i>
Orden	<i>Characiformes</i>
Familia	<i>Serrasalminidae</i>
Subfamilia	<i>Colossominae</i>
Género	<i>Piaractus</i>
Especie	<i>Piaractus brachypomus</i>

Nota. *Tomado de: Fisheries, Aquaculture, Aquarium (2015).

2.1.9 Bocachico

Se encuentra en toda la cuenca de los ríos Amazonas, Sinú y Atrato; por este motivo es el sustento alimenticio de la mayoría de la población nacional, ya que, representa el 50% de masa capturada en las cuencas transandinas (Roa-Cubillos & Villa-Navarro, 2019). Esta especie (Tabla 4) es de talla mediana, alcanzando a medir 50 cm, de boca pequeña, vistosa y carnosa, y presenta pequeños dientes, su único sistema de defensa consiste en una espina predorsal punzante, su cuerpo

es plateado uniforme, y aletas matizadas de rojo o amarillo (Sistema de Información de Pesca y Acuicultura, 2018).

Tabla 4.

Clasificación taxonómica del Bocachico.

Reino	Animalia
Filo	Chordata
Clase	Actinopterygii
Orden	Characiformes
Familia	Prochilodontidae
Género	Prochilodus
Especie	<i>Prochilodus magdalenae</i>

Nota. *Tomado de: (Sistema de Información de Pesca y Acuicultura, 2018).

2.1.10 Bagre dorado

El bagre dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*) se encuentra distribuido en las cuencas de los ríos Amazonas y Orinoco, es una especie migratoria de larga distancia de agua dulce para llegar a sus áreas de desove cerca de los Andes. Se encuentra incluido entre los grandes bagres de la Familia Pimelodidae del Orden Siluriformes, de característico color plateado o Dorado puede alcanzar hasta 2 metros de longitud (González, 2022).

2.2 Marco Legal

2.2.1 Resolución N° 02287 de 2015

Por la cual se declaran unas especies de peces como domesticadas para el desarrollo de la Acuicultura y se dictan otras disposiciones (AUNAP, 2015).

2.2.2 Ley 1174 de 2016.

Establece las pautas del bienestar animal (Congreso de la República, 2016).

2.2.3 Resolución N° 1352 de 2016.

Por la cual se establece la clasificación de los acuicultores comerciales en Colombia de acuerdo con la actividad, el sistema y el volumen de producción (AUNAP, 2016)

2.2.4 Resolución N° 64 de 2016.

Por la cual se establece los requisitos para obtener el registro pecuario de los establecimientos de acuicultura ante el ICA (ICA, 2016).

2.2.5 Resolución N° 1485 de 2022.

Por la cual se establecen los requisitos y procedimientos para el otorgamiento de permisos y autorizaciones para el ejercicio de la actividad pesquera y de la acuicultura, así como de sus prórrogas, modificaciones, aclaraciones y cancelaciones, archivo de expedición de patentes de pesca, se adoptan otras disposiciones y se deroga la resolución No 2723 de 2021 (AUNAP, 2022b).

3. Metodología

3.1 Descripción y manejo de la unidad productiva

La piscícola Murillo se encuentra ubicada en el municipio de Capitanejo - Santander, finca “El Revolcadero” en la vereda Quebrada de Vera a 9 Km del casco urbano, a una altura de 1090 m.s.n.m., presenta clima cálido seco tropical con temperaturas entre 24 a 30 °C. La piscícola cuenta con un área de 10.000 m² destinados para la producción; se maneja un sistema abierto con flujo continuo de agua, que proviene del río Tequiano y abastece los estanques.

Se cuentan con 16 estanques con un volumen aproximado de 400 m³, cinco estanques se encuentran en etapa de ceba (estanques identificados como 2, 10, 13, 14 y 15), diez se encuentran en las etapas de prelevante (estanques 1, 4, 8, 9, 11, 12 y 21) y levante (estanques 3, 5 y 6) y finalmente un estanque reservado para la siembra de alevines (estanque 7).

Para la etapa de alevinaje se obtuvieron 30.000 alevines de tilapia roja, bocachico y cachama, con una semana de edad y un peso aproximado de 2 g. Estos alevines obtenidos

comercialmente son reversados sexualmente (con progesterona y alfa-metil-testosterona) y son alojados en un estanque de 400 m³ previamente madurado con 500 g de melaza y 1 Kg de abono sintético durante un periodo de 90 días antes de su llegada. Adicionalmente, los alevines con aclimatados a una temperatura de 25 °C, un valor de pH de 6 a 7 y una oxigenación mayor a 5 ppm.

Se suministró un alimento concentrado comercial cuyo contenido de proteína varía de acuerdo con la etapa fisiológica de los animales. Siendo así, para peces con un mes de edad (alevinaje) concentrado con un 45% de proteína, para animales con dos meses de edad (prelevante y levante) alimento con proteína de 38% y la etapa de ceba o finalización comprendida así: peces con tres meses de edad (34%), cuatro meses (30%), cinco y seis meses (24%) y finalmente en el mes siete se suministra alimento concentrado con proteína de 20%.

3.2 Variables a medir

Se realizaron mediciones diarias de temperatura (°C), pH, oxígeno disuelto (ppm) y dureza del agua o sólidos totales disueltos (TDS) (ppm) en tres horas diferentes: 7:00 a.m. a 12:00 p.m. y 5:00 p.m. durante un período de 90 días. Estas mediciones se realizaron en los 16 estanques que contenían peces en las distintas etapas fisiológicas y empleando un medidor multiparámetro HI98194. El medidor ofrece un rango 0.00 a 14.00 para pH, oxígeno disuelto (0.00 a 50.00 ppm (mg/L)), sólidos disueltos totales (TDS) (0 a 9999 ppm (mg/L) y temperatura (HANNA INSTRUMENTS, s. f.).

3.3 Análisis de datos

A los datos recolectados como resultado de las mediciones de los parámetros fisicoquímicos de cada uno de los estanques, se les realizó un análisis de frecuencia y resumen en graficas o tablas.

4. Resultados y discusión

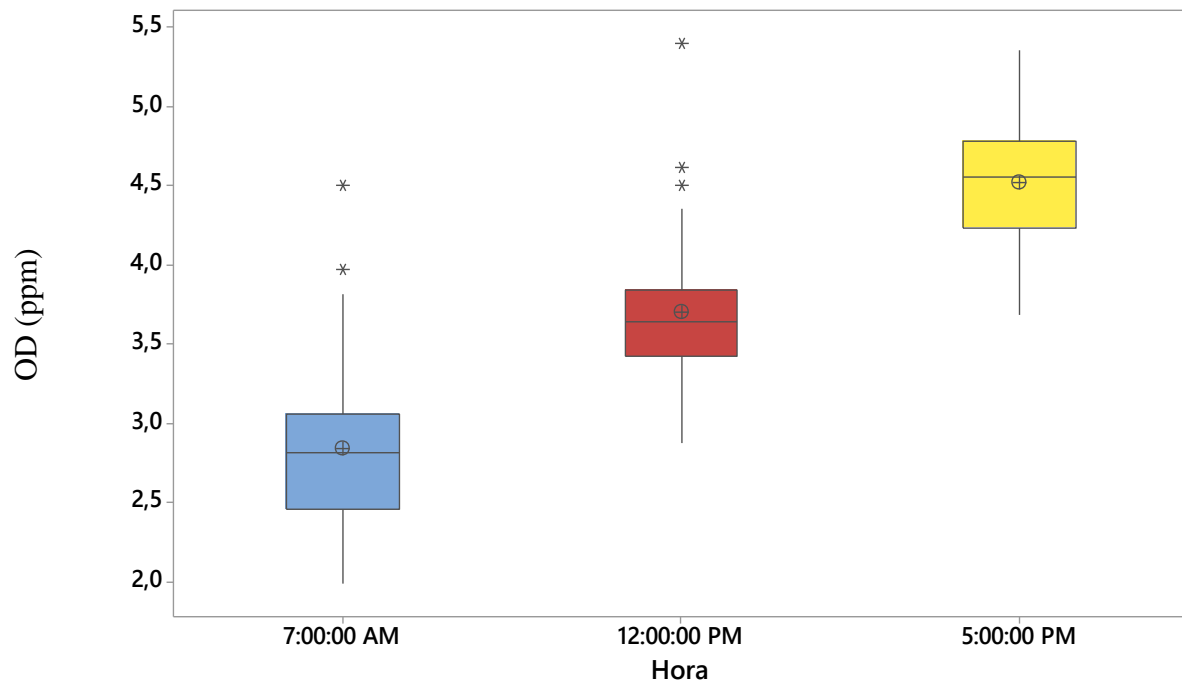
4.1 Dinámica de los parámetros fisicoquímicos en los estanques de la unidad productiva

4.1.1 Oxígeno disuelto

El comportamiento que tuvo el oxígeno disuelto OD (ppm) durante el día en los 16 estanques se relaciona en la Figura 1. A las 7:00 A.M presentaron un valor promedio de 2,84ppm \pm 0,49, para las 12:00 P.M se encontró un valor de 3,70ppm \pm 0,42 y 4,51ppm \pm 0,36 a las 5:00 P.M.

Figura 1.

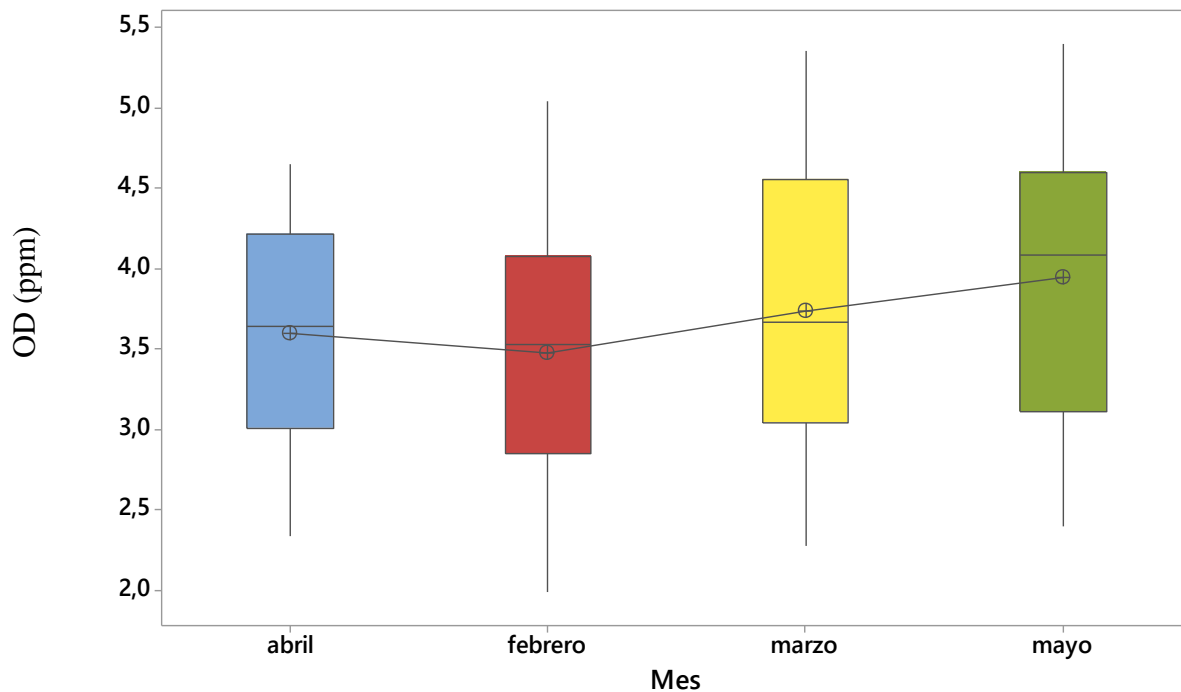
Comportamiento del oxígeno disuelto OD (ppm) durante el día.



La Figura 2 muestra el comportamiento presentado por esta variable desde el mes de febrero hasta el mes de mayo. Donde se encontró un valor promedio de 3,47ppm \pm 0,86 en febrero, 3,74ppm \pm 0,83 en marzo, 3,59ppm \pm 0,69 en abril y 3,94ppm \pm 0,79 para mayo.

Figura 2.

Comportamiento del oxígeno disuelto OD (ppm) de febrero a mayo.



De acuerdo con la Figura 2, el oxígeno disuelto presenta un mayor valor en horas de la tarde. Según (Durán et al., s. f.-a) el rango aceptable debe ser mayor o igual a 4 ppm, dado que el oxígeno, además de los grupos nitrato y fosfato son elementos asociados y en niveles elevados generan eutrofización y aumentan las concentraciones de oxígeno disuelto. El oxígeno disuelto entre 4,53 y 4,74 mg/L en clima seco tropical brinda una ventaja en el establecimiento de cultivos de tilapia y cachama blanca ya que se asegura una supervivencia mayor al 92 % (Cuan-Barrera et al., 2021).

En sistemas de policultivo de carpa roja (*Ciprynus carpio*) con tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en un clima tropical con una temperatura promedio de 25 °C y precipitaciones promedio anuales que alcancen los 162.5 mm, se reporta que la concentración de

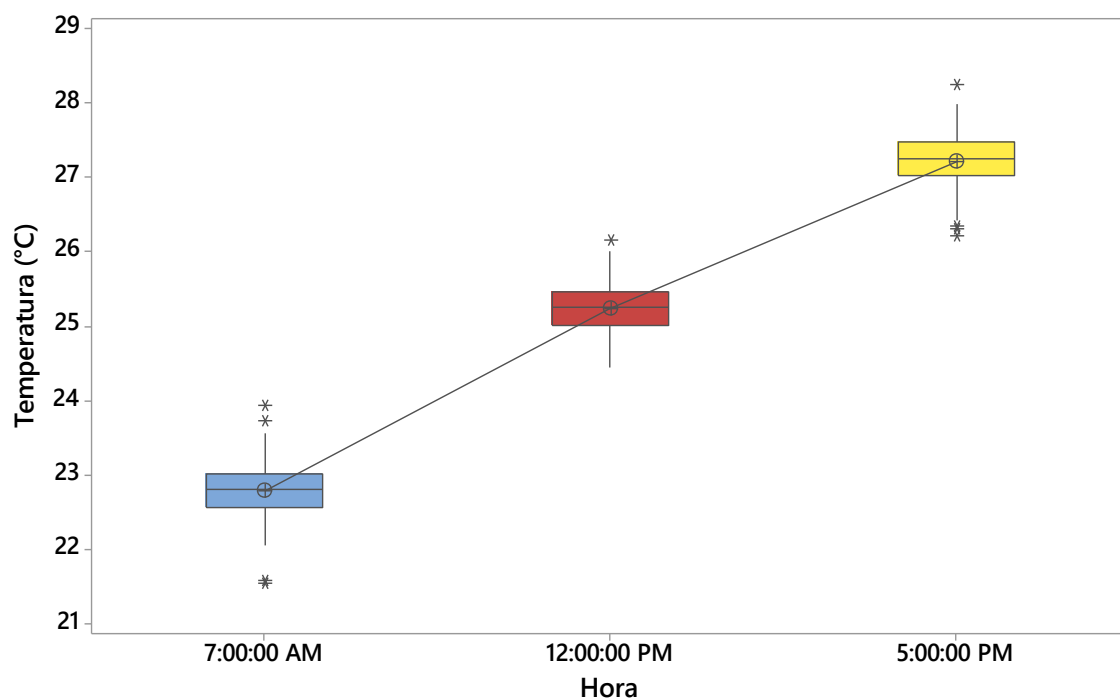
oxígeno disuelto debe mantenerse entre 3 y 6.5 ppm y el pH debe encontrarse en un rango desde 6.0 hasta 7.5 como condiciones óptimas para el desarrollo de cada especie (Reyes L, 2018).

4.1.2 Temperatura

Los estanques presentaron un promedio de $22,79^{\circ}\text{C} \pm 0,46$ a las 7:00 AM, $25,24^{\circ}\text{C} \pm 0,36$ a las 12:00 PM y $27,20^{\circ}\text{C} \pm 0,38$ a las 5:00 PM (Figura 3).

Figura 3.

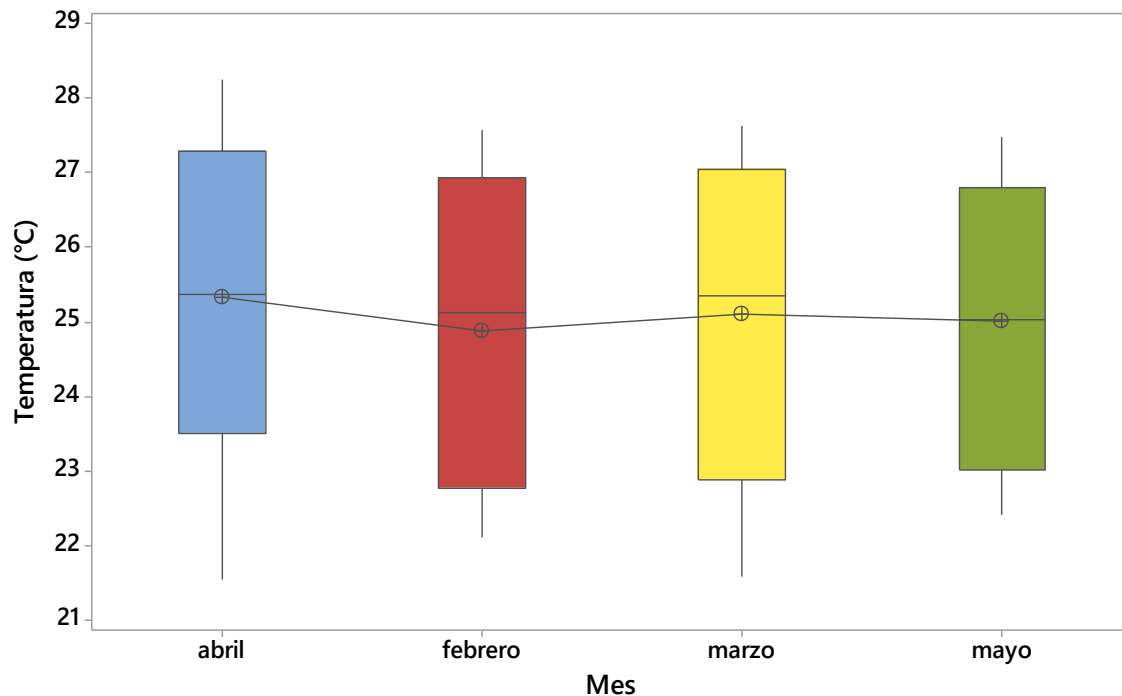
Comportamiento de la temperatura $^{\circ}\text{C}$ durante el día.



Asimismo, para el mes de febrero los estanques presentaron un promedio de $24,88^{\circ}\text{C} \pm 1,89$, $25,10^{\circ}\text{C} \pm 1,91$ en marzo, $25,32^{\circ}\text{C} \pm 1,898$ en abril y $25,00^{\circ}\text{C} \pm 1,75$ para mayo (Figura 4).

Figura 4.

Comportamiento de la temperatura $^{\circ}\text{C}$ de febrero a mayo.



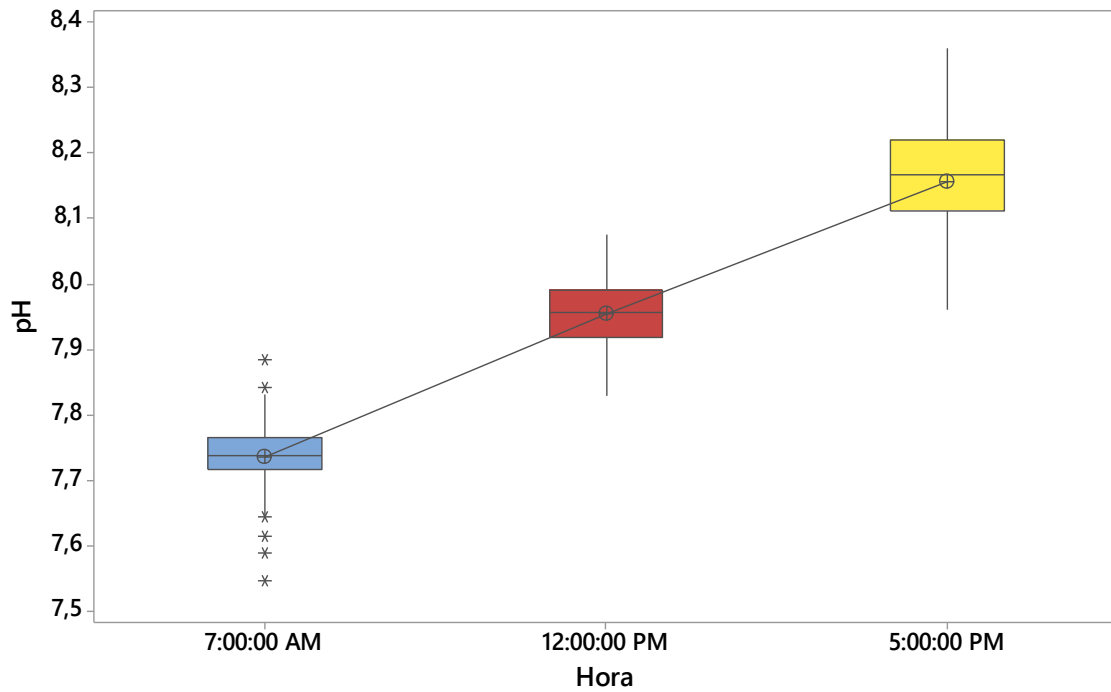
El comportamiento de la temperatura en los estanques durante el día se encuentra en los rangos adecuados para el cultivo de diferentes especies de t \acute{r} opico bajo. La temperatura aumenta de acuerdo con la luminosidad y disminuye con la nubosidad del d \acute{a} (D \acute{a} z-Lopez & Vargas-G \acute{o} mez, 2018). Valores por debajo de los 35 $^{\circ}$ C son ideales para el mantenimiento de la fauna y flora acu \acute{a} tica, ya que un aumento de temperatura produce toxicidad en la biota (Dur \acute{a} n et al., s. f.-a). La temperatura es una variable de gran importancia, ya que influye directamente en los procesos metab \acute{o} licos, crecimiento y producci \acute{o} n de animales poiquilotermos como los peces (Trejo-Albarr \acute{a} n et al., 2021b).

4.1.3 pH

Los estanques presentaron un promedio de $7,73 \pm 0,06$ a las 7:00 AM, $7,95 \pm 0,05$ a las 12:00 PM y $8,15 \pm 0,08$ a las 5:00 PM (Figura 5).

Figura 5.

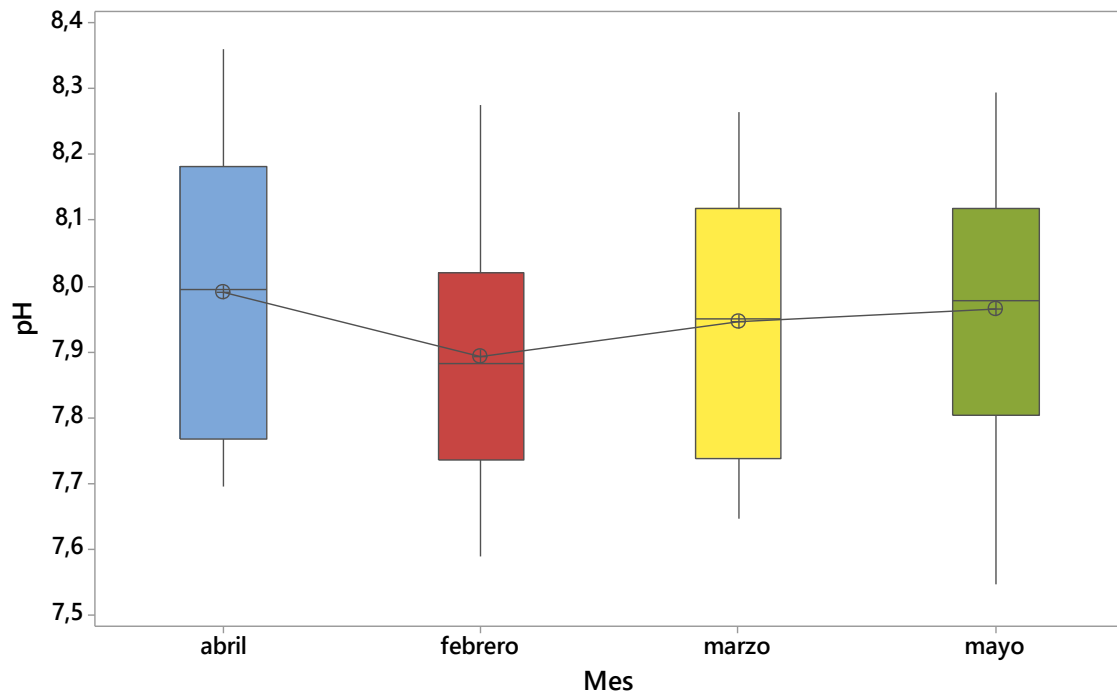
Comportamiento del pH durante el día.



El comportamiento presentado por esta variable durante el mes de febrero fue de $7,89 \pm 0,16$, $7,99 \pm 0,19$ en abril, $7,94 \pm 0,18$ en marzo y $7,96 \pm 0,17$ para el mes de mayo (Figura 6).

Figura 6.

Comportamiento del pH durante de febrero a mayo.



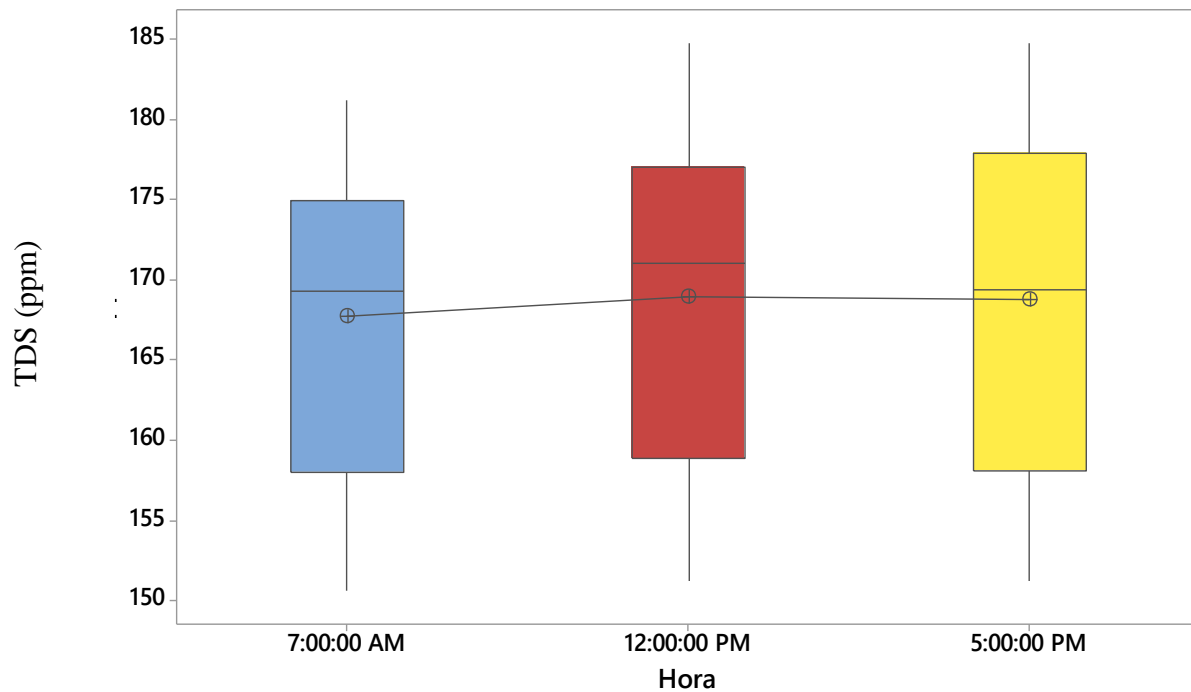
De acuerdo con los requerimientos de una producción acuícola, los límites permitidos para el pH en el agua son de 5,5 a 9, sin que estos límites afecten el crecimiento y producción de los peces (Rebouças et al., 2016). Una alteración en este parámetro químico afecta la composición de la fauna y flora e influye en algunos elementos tóxicos (Durán et al., s. f.-b). Según (Díaz-Lopez & Vargas-Gómez, 2018) el pH fuera de los límites (desde 4,5 hasta 10,5) pueden presentar un riesgo para la vida de los peces.

4.1.4 Sólidos totales disueltos

Los sólidos totales disueltos presentaron un promedio de 167,69ppm \pm 9,20 a las 7:00 AM, 168,97ppm \pm 9,88 a las 12:00 PM y 168,76ppm \pm 10,37 a las 5:00 PM (Figura 7).

Figura 7.

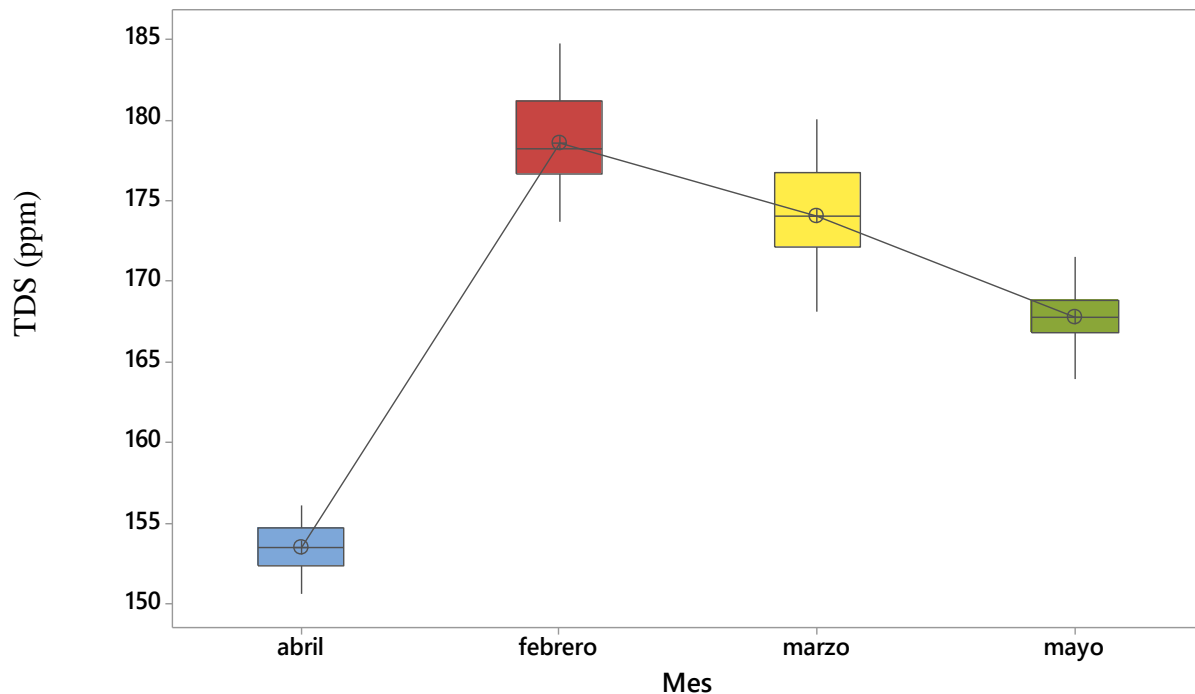
Comportamiento de los sólidos totales disueltos durante el día.



Durante el mes de febrero los sólidos totales disueltos presentaron un promedio de 178,60ppm \pm 2,86, 174,07ppm \pm 3,01 en marzo, 153,47 ppm \pm 1,45 en abril y 167,75 ppm \pm 1,53 para mayo (Figura 8).

Figura 8.

Comportamiento de los sólidos totales disueltos de febrero a mayo.



Los sólidos totales disueltos presentaron valores que se encuentran dentro de los rangos aceptables. Los sólidos totales fluctúan de acuerdo con la precipitación de lluvias; en zonas cálidas presentan valores desde 174,33 hasta 270,67 mg/L cuando hay pocas lluvias y cuando hay altas precipitaciones en un rango de 100 a 690 mg/L, siendo este último el más reportado (García-Alzate et al., 2017).

Los valores que presentaron los diferentes parámetros fisicoquímicos evaluados se encuentran dentro de los rangos aceptables permitidos para el cultivo de tilapia en agua de climas cálidos. La temperatura es uno de los parámetros limitantes para los diferentes procesos metabólicos y comportamiento en general, de igual manera la concentración de oxígeno disuelto que cambia de acuerdo con la luminosidad del día, recambio de agua, procesos fotosintéticos y descomposición de la materia orgánica (Santis et al., 2020). La implementación de policultivos con especies nativas como el bagre, la cachama y el bocachico representan una ventaja

significativa gracias a que se encuentran adaptadas al clima y calidad de agua del país (Atencio, 2018)

(Durán et al., s. f.-b) indicó que en algunos ríos de Colombia la calidad de agua es crítica, lo que representa condiciones inadecuadas para la producción de pescado, posiblemente por contaminantes o vertedero de aguas residuales. En producciones piscícolas las enfermedades son derivadas de patógenos, agentes o factores genéticos; sólidos totales disueltos, bajos niveles de oxígeno disuelto, pH, concentraciones elevadas de amoníaco, inciden en altas mortalidades o alteraciones de las cuencas hídricas (Francis-Floyd et al., 2022). Para el caso específico de este estudio no se evidenciaron enfermedades por factores ambientales o de calidad de agua.

4.2 Dinámica de los parámetros fisicoquímicos en los estanques dependiendo la etapa fisiológica

Tabla 5.

Parámetros fisicoquímicos en las diferentes etapas fisiológicas.

Estanque	Especie policultivo	Etapa fisiológica	Hora	OD (ppm)	T (C°)	pH	TDS (ppm)
1	<i>Oreochromis sp</i>	Levante	7:00 AM	2,73 ± 0,90c	21,98 ± 0,90	7,75 ± 0,19	167,66 ± 23,63
			12:00 PM	3,63 ± 0,76	24,94 ± 1,09	7,99 ± 0,19	167,92 ± 25,40
			5:00 PM	4,35 ± 0,82	26,77 ± 1,18	8,21 ± 0,18	169,52 ± 26,41
2	<i>Oreochromis sp</i>	Levante	7:00 AM	2,75 ± 0,83	22,33 ± 0,95	7,74 ± 0,18	167,46 ± 23,74
			12:00 PM	3,64 ± 0,88	25,05 ± 1,24	7,95 ± 0,14	170,01 ± 27,51
			5:00 PM	4,58 ± 0,79	26,87 ± 1,12	8,16 ± 0,21	168,45 ± 25,66
3	<i>Oreochromis sp</i>	Pre-levante	7:00 AM	2,69 ± 0,83	22,69 ± 1,04	7,69 ± 0,14	167,09 ± 23,87
			12:00 PM	4,74 ± 0,82	25,12 ± 1,20	7,94 ± 0,21	168,92 ± 26,09
			5:00 PM	4,74 ± 0,82	26,87 ± 1,27	8,12 ± 0,23	167,60 ± 25,07
4	<i>Oreochromis sp</i>	Pre-levante	7:00 AM	2,67 ± 0,71	22,69 ± 1,05	7,70 ± 0,13	167,73 ± 23,52

			12:00 PM	3,66 ± 0,76	25,09 ± 1,09	7,92 ± 0,17	168,65 ± 24,89
			5:00 PM	4,34 ± 0,88	27,04 ± 1,02	8,11 ± 0,17	168,67 ± 25,05
5	<i>Oreochromis sp</i> <i>Brachyplatystoma rousseauxi</i>	Pre-Levante	7:00 AM	3,38 ± 0,68	22,67 ± 1,04	7,71 ± 0,11	166,33 ± 23,47
			12:00 PM	3,82 ± 0,72	25,09 ± 1,15	7,94 ± 0,15	168,16 ± 25,16
			5:00 PM	4,71 ± 0,74	27,19 ± 1,25	8,12 ± 0,18	168,16 ± 25,16
6	<i>Oreochromis sp</i> <i>Brachyplatystoma rousseauxi</i>	Levante	7:00 AM	3,76 ± 0,73	23,09 ± 0,99	7,74 ± 0,12	165,31 ± 22,58
			12:00 PM	4,38 ± 0,59	25,38 ± 1,16	7,94 ± 0,13	169,39 ± 24,22
			5:00 PM	5,09 ± 0,75	27,31 ± 1,08	8,13 ± 0,20	165,68 ± 23,73
8	<i>Oreochromis sp</i>	Levante	7:00 AM	2,78 ± 0,75	22,94 ± 0,91	7,72 ± 0,14	166,14 ± 23,26
			12:00 PM	3,66 ± 0,72	25,29 ± 0,97	7,93 ± 0,16	167,89 ± 25,76
			5:00 PM	4,45 ± 0,81	27,23 ± 0,97	8,10 ± 0,22	168,02 ± 25,73
9	<i>Oreochromis sp</i>	Levante	7:00 AM	3,63 ± 0,77	22,79 ± 1,01	7,74 ± 0,17	167,98 ± 24,88
			12:00 PM	3,63 ± 0,77	25,04 ± 1,03	7,93 ± 0,17	168,27 ± 25,00
			5:00 PM	4,37 ± 0,84	27,20 ± 0,98	8,14 ± 0,16	168,82 ± 26,51
10	<i>Oreochromis sp</i> <i>Prochilodus magdalenae</i>	Pre-levante	7:00 AM	2,62 ± 0,77	22,89 ± 0,91	7,78 ± 0,19	166,22 ± 25,96
			12:00 PM	3,63 ± 0,77	25,41 ± 1,12	7,94 ± 0,16	166,85 ± 27,36
			5:00 PM	4,37 ± 0,84	27,38 ± 1,19	8,13 ± 0,17	165,82 ± 26,41
11	<i>Oreochromis sp</i> <i>Prochilodus magdalenae</i>	Pre-levante	7:00 AM	3,06 ± 0,86	22,82 ± 0,93	7,76 ± 0,16	166,36 ± 24,27
			12:00 PM	3,74 ± 0,84	25,17 ± 1,15	7,96 ± 0,13	167,47 ± 25,55
			5:00 PM	4,62 ± 0,96	27,22 ± 1,13	8,16 ± 0,19	167,06 ± 25,05
12	<i>Oreochromis sp</i>	Pre-levante	7:00 AM	3,06 ± 0,86	22,90 ± 1,06	7,74 ± 0,15	167,40 ± 25,47
			12:00 PM	3,74 ± 0,84	25,25 ± 1,31	7,95 ± 0,16	167,02 ± 25,77
			5:00 PM	4,62 ± 0,96	27,40 ± 1,06	8,21 ± 0,20	166,62 ± 25,72
13	<i>Oreochromis sp</i>	Levante	7:00 AM	2,45 ± 0,78	23,04 ± 0,90	7,80 ± 0,19	167,62 ± 22,92
			12:00 PM	3,38 ± 0,72	25,34 ± 1,07	7,99 ± 0,20	169,62 ± 25,38
			5:00 PM	4,27 ± 0,90	27,42 ± 0,95	8,24 ± 0,20	168,93 ± 24,52
14	<i>Oreochromis sp</i> <i>Colossoma macropomum</i>	Ceba	7:00 AM	2,51 ± 0,84	23,18 ± 0,95	7,75 ± 0,14	168,34 ± 24,20
			12:00 PM	3,57 ± 0,97	25,42 ± 1,08	7,99 ± 0,19	169,96 ± 26,49
			5:00 PM	4,29 ± 0,85	27,58 ± 0,94	8,21 ± 0,24	169,62 ± 26,50

15	<i>Oreochromis sp</i> <i>Colossoma macropomun</i>	Ceba	7:00 AM	2,41 ± 0,84	23,21 ± 1,07	7,74 ± 0,14	168,52 ± 24,63
			12:00 PM	3,43 ± 0,77	25,43 ± 1,13	7,95 ± 0,17	169,95 ± 26,45
			5:00 PM	4,22 ± 0,75	27,65 ± 1,21	8,12 ± 0,23	168,98 ± 25,55
16	<i>Oreochromis sp</i> <i>Brachyplatystoma rousseauxi</i>	Pre-levante	7:00 AM	4,04 ± 0,97	23,02 ± 1,29	7,81 ± 0,18	167,79 ± 24,17
			12:00 PM	4,39 ± 0,92	25,58 ± 1,21	8,02 ± 0,15	169,07 ± 25,36
			5:00 PM	4,99 ± 0,84	27,69 ± 1,14	8,24 ± 0,20	167,64 ± 25,08

En producciones piscícolas el 30% de los nutrientes aportados son retenidos en la biomasa animal y el sobrante se pierde en los sedimentos y descomposición del alimento, el policultivo es una alternativa que se utiliza para aprovechar espacio y alimento ya que en diferentes niveles de profundidad los diferentes tipos de especie consumen el alimento. La calidad de agua en la piscícola Murillo permaneció dentro de los rangos adecuados durante el día para sistemas de monocultivo y policultivos de tilapia roja (*Oreochromis Sp*), Cachama (*Colossoma Macropomum*), Bocachico (*Prochilodus Magdalenae*) Bagre Dorado (*Brachyplatystoma Rouseauxi*) en fases de pre-levante, levante y engorde.

En la etapa de ceba o engorde la concentración de oxígeno disuelto (ppm) disminuye de acuerdo con el crecimiento, función vital y requerimiento de cada especie. Durante horas de la mañana en policultivos de cachama (*Colossoma Macropomum*), y tilapia roja (*Oreochromis Sp*) se presentan los valores más críticos para este parámetro.

En etapa de levante en monocultivo de tilapia Roja (*Oreochromis Sp*) el nivel de oxígeno disuelto presentó valores más adecuados en horas de la mañana en relación con los estanques con policultivo de tilapia roja (*Oreochromis Sp*) y bocachico (*Prochilodus Magdalenae*) en etapa de pre-levante. Para el caso del policultivo con bagre dorado (*Brachyplatystoma Rouseauxi*) y *Oreochormis sp* en etapa de levante se observaron niveles idóneos de oxígeno disuelto en horas de

la mañana ya que el bagre dorado bajo condiciones ambientales adecuadas disminuye su tasa de respiración después de alimentarse, manteniendo así niveles óptimos de oxígeno disuelto para su desarrollo.

La temperatura tiene influencia en todas las etapas fisiológicas del pez dado que estos no tienen la capacidad de regular la temperatura del medio (poiquilotermos), acelera o disminuye los procesos vitales, incrementando el consumo de oxígeno, parámetro que puede ser regulado controlando la entrada de agua en los estanques. De igual manera, el pH es directamente proporcional a la temperatura y aumenta o disminuye durante el día, ya que las plantas acuáticas utilizan dióxido de carbono (CO_2) para realizar fotosíntesis y la respiración de los peces en la noche continúa produciendo dióxido de carbono y de esta manera se disminuye el valor del pH generando que los valores en las primeras horas de la madrugada sean mínimos, según los datos registrados.

Es importante recalcar que la alimentación desempeña un papel importante dentro de la producción acuícola ya que se incrementa la concentración de oxígeno después de que el animal haya consumido su alimento y es atribuida a la actividad física y calor generado por el metabolismo. De acuerdo con la etapa productiva, los peces más pequeños producen más calor en relación con peces más grandes, por lo tanto, los alevines deberán ser alimentados con mayor frecuencia al día (4-6 raciones) con el 5 – 6 % de la biomasa del pez y con un alto contenido de proteína.

5. Conclusiones

El análisis de la calidad del agua es un factor de gran importancia dentro de las producciones acuícolas, se debe realizar un monitoreo constante y en tiempo real, dado que una alteración en cualquier parámetro fisicoquímico del agua puede representar un riesgo para la producción y la rentabilidad de esta.

Es de suma importancia conocer la calidad del agua presente en la producción, dado que esta es indicativa del potencial productivo al que se puede llegar. En la región hay presencia de estanques artesanales o de pequeños productores y es importante que conozcan la calidad del agua que tienen y si los parámetros que permiten determinar su calidad se encuentran dentro de los rangos permitidos.

6. Recomendaciones

El oxígeno disuelto arrojó valores bajos en las mediciones realizadas a las 7:00 AM, lo cual, afecta significativamente la producción piscícola y por lo tanto se requieren medidas de mejora e implementación de ventiladores mecánicos o el perfeccionamiento de instrumentos de aireación acuática.

Se recomienda el uso de estanques sedimentadores para la captura de arcillas y lodo, necesarios para mantener la turbidez baja en los estanques facilitando así un manejo adecuado de este para que no se vea afectado el consumo alimenticio de los peces.

Se recomienda tener en cuenta los rangos de los parámetros fisicoquímicos del agua en procesos de siembra de alevines y número de individuos por estanque.

Referencias Bibliográficas

- Alabaster, J., & Lloyd, R. (2013). *Water Quality Criteria for Freshwater Fish* (2.^a ed.).
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=txHLBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=ph+water++fish&ots=ANHD8clfAM&sig=HVQuIVY0qYu1HfeXtBAKXCqHBlk#v=onepage&q=ph%20water%20%20fish&f=false>
- Ani, J. S., Manyala, J. O., Masese, F. O., & Fitzsimmons, K. (2022). Effect of stocking density on growth performance of monosex Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in the aquaponic system integrated with lettuce (*Lactuca sativa*). *Aquaculture and Fisheries*, 7(3), 328-335.
<https://doi.org/10.1016/J.AAF.2021.03.002>
- ASOPESCA. (2018, abril 25). *Características de la Tilapia roja (Oreochromis sp) – ASOPESPA*.
<http://asopespa.org/2018/04/25/caracteristicas-de-la-tilapia-roja-oreochromis-sp/>
- Atencio, V. G. (2018). *PRODUCCIÓN DE ALEVINOS DE ESPECIES NATIVAS* (Vol. 6, Número 1).
- AUNAP. (2022a). *Gobierno Nacional apuesta por incrementar el consumo de pescado en Colombia en Semana Santa – Aunap*. <https://www.aunap.gov.co/2022/04/11/gobierno-nacional-apuesta-por-incrementar-el-consumo-de-pescado-en-colombia-en-semana-santa/>
- AUNAP, A. N. de A. y P. (2015). *Resolución 02287 del 29 de diciembre de 2015*. 5-10.
- AUNAP, A. N. de A. y P. (2016). *Resolución 00001352 de 18 AGO 2016*.
- AUNAP, A. N. de A. y P. (2022b). *Resolución número 1485 del 08 de julio de 2022* “.
- Berger, C. (2020). South Sustainability. *South Sustainability*. <https://doi.org/10.21142/SS>
- Brauner, C. J., & Richards, J. G. (2020). Physiological performance in aquaculture: Using physiology to help define optimal conditions for growth and environmental tolerance. *Fish Physiology*, 38, 83-121. <https://doi.org/10.1016/BS.FP.2020.10.001>

- Briones, E., Hernández, E., Leal, A., & Calvario, C. (2017). La calidad del agua en diferentes unidades de producción acuícola de Tlaxcala, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 4(5).
www.reibci.org
- Congreso de la República. (2016). *Ley_1774_de_2016_Congreso_de_la_República. Departamento Administrativo de la Función Pública*, 1-5.
- Cuan-Barrera, J. A., Parada-Guevara, S. L., Murillo-Pacheco, R., & Ramírez-Merlano, J. A. (2021). Productive parameters of white cachama culture, *Piaractus orinoquensis*, in floating cages. *Revista U.D.C.A Actualidad and Divulgacion Científica*, 24(2).
<https://doi.org/10.31910/rudca.v24.n2.2021.2068>
- Dhar, P. K., Tonu, N. T., Dey, S. K., Chakrabarty, S., Uddin, M. N., & Haque, M. R. (2022). Health Risk Assessment and Comparative Studies on Some Fish Species Cultured in Traditional and Biofloc Fish Farms. *Biological Trace Element Research*, 201(6), 3017-3030.
<https://doi.org/10.1007/S12011-022-03386-1/METRICS>
- Díaz-Lopez, H., & Vargas-Gómez, Y. (2018). Electronic module design for automatic fish breeding through multiparametric mathematical modeling that simulates necessary basic conditions for breeding in artificial ponds according to physico-chemical parameters. *Revista UIS Ingenierías*, 17(2), 253-268. <https://doi.org/10.18273/revuin.v17n2-2018022>
- DSM. (2020). *Calidad del agua / biorremediación / biomin.net*. DSM.
<https://www.biomin.net/mx/especies/acuicultura/calidad-del-agua/-/biorremediacion/>
- Durán, L. E. G., Libre, U., & Socorro, S. (s. f.-a). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE RÍOS DE COLOMBIA USANDO PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y BIOLÓGICOS clave A*.
A.

- Durán, L. E. G., Libre, U., & Socorro, S. (s. f.-b). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE RÍOS DE COLOMBIA USANDO PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y BIOLÓGICOS* Línea de investigación: *Saneamiento ambiental 1 Palabras clave A A.*
- Durán, L. E. G., Libre, U., & Socorro, S. (2016). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE RÍOS DE COLOMBIA USANDO PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y BIOLÓGICOS.*
- Durán, Mindiola, Wills, Pardo, & Muñoz. (2020). Periphyton-based polyculture in an integrated agri-aquaculture system at the indigenous community of Jimaín, Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia). *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 67(3), 262-275. <https://doi.org/10.15446/RFMVZ.V67N3.93933>
- Enderlein, R. E., & Peter, W. (2020). Water Quality Requirements. *Water Quality*, 29. https://www.researchgate.net/publication/339130123_Calidad_de_agua
- FAO. (2020a). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. En *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020*. <https://doi.org/10.4060/ca9229es>
- FAO. (2020b). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. *La sostenibilidad en acción*. . <https://doi.org/10.4060/CA9229ES>
- Fattah, M. (2020). Tilapia distribution, transfers and introductions. *Tilapia Culture*, 1982, 33-45. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-816509-6.00003-3>
- Francis-Floyd, R., Manuel, J., & Krauer, C. (2022). *Introducción al manejo de la salud de los peces 1 ¿Qué es el manejo de la salud de los peces?* <https://doi.org/10.32473/edis-FA246-2022>
- García-Alzate, C. A., Villegas-Acosta, P. A., & Román-Valencia, C. (2017). PHYSICAL CHEMICAL AND BIOLOGICAL ANALYSIS OF RIO SANTO DOMINGO, RÍO VERDE TRIBUTARY, LA VIEJA RIVER BASIN, ALTO CAUCA, COLOMBIA. *Boletín Científico del Centro de Museos*, 21(1), 31-51. <https://doi.org/10.17151/bccm.2017.21.1.3>

- Gonzales, F. (2019). PISCICULTURA GLOBAL INDICADORES DE PRODUCCION. *News.Ge*,
<https://news.ge/anakliis-porti-aris-qveynis-momava>.
- Gonzales, J. (2019). Calidad del agua en acuicultura. . En P. Daza & M. Landines (Eds.), *Fundamentos de acuicultura continental* (3.^a ed., Vol. 1, pp. 23-44).
<https://www.aunap.gov.co/2021/11/17/libro-fundamentos-de-acuicultura-continental-tercera-edicion/>
- González, A. R. (2022). Growth of the golden catfish *Brachyplatystoma rousseauxii* in the Middle Orinoco region using multiple models. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 21(1), 97-107. <https://doi.org/10.18684/rbsaa.v21.n1.2023.2030>
- HANNA INSTRUMENTS. (s. f.). *HI 98194 Medidor Multiparamétrico de pH/ORP/CE/OD/Presión/Temperatura* | HANNA Instruments Colombia. Recuperado 19 de marzo de 2023, de <https://www.hannacolombia.com/productos/producto/hi-98194-medidor-multiparametrico-de-phorpceodpresiontemperatura>
- Hernández, M., Londoño, I., Hernández, A., & Torres, C. (2019). The biofloc systems: an efficient strategy in the aquaculture production. *CES Med. Zootec*, 14(1), 70-99.
<https://doi.org/10.21615/cesmvz.14.1.6>
- ICA, I. C. A. (2016). *Resolución ICA 064 de 2016 - Registro ICA Pecuario de Establecimiento de acuicultura.pdf*.
- Kumar, A., Pradhan, P. K., Das, P. C., Srivastava, S. M., Lal, K. K., & Jena, J. K. (2018). Growth performance and compatibility of pacu, *Piaractus brachypomus* with Indian major carps in polyculture system. *Aquaculture*, 490, 236-239.
<https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2018.02.052>

- Leonard, J. N., & Skov, P. V. (2022). Capacity for thermal adaptation in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): Effects on oxygen uptake and ventilation. *Journal of Thermal Biology*, *105*, 103206. <https://doi.org/10.1016/J.JTHERBIO.2022.103206>
- Merino, M. C., Bonilla, S. P., & Bages, F. (2013). Diagnóstico del estado de la acuicultura en Colombia. Plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia AUNAP-FAO. En *plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia*.
- Mesa, & Botero. (2007). La cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), una especie potencial para el mejoramiento genético. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, *20*(1). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902007000100010
- Minagricultura. (2018). *Desde hoy se podrá exportar larvas de camarón, camarones congelados y tilapia de cultivo a Corea*. <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/Desde-hoy-se-podrá-exportar-larvas-de-camarón,-camarones-congelados-y-tilapia-de-cultivo-a-Corea.aspx>
- Montes, J. M., Vargas, E., Hoyos, J., Palacio, C., Acevedo, J., Rojas, G., & Zartha Jhon. (2017). *Priority technologies and innovations in the fishing agribusiness by the year 2032. Foresight study through the Delphi method*.
- Moreles, A. (1974). *INSTITUTO NACIONAL DE PESCA cultivo de la tilapia en Mexico* (p. 30).
- Obregón, D. A. A. (2006). Estatus actual de la Tilapia Roja en Colombia: Tilapia Roja, una bomba de tiempo. *REDVET. Revista electrónica de Veterinaria*, *7*(8), 1-3.
- Ornelas, R., Aguilar, B., Hernández, A., Hinojosa, J. Á., & Godínez, D. E. (2017). Un enfoque sustentable al cultivo de tilapia. *Acta Universitaria*, *27*(5), 19-25. <https://doi.org/10.15174/au.2017.1231>
- Paz, N., & Plazas, L. (2019). *Vista de Diseño e implementación de un sistema de monitoreo de parámetros de calidad de agua en cultivo de tilapia en una granja piscícola del departamento del*

Cauca. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/view/3255/3689>

Perdomo, A., Corredor, Z., & Ramírez, L. (2012). Características físico-químicas y morfométricas en la crianza por fases de la tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en una zona cálida tropical. *Zootecnia tropical*, 30(1), 99-108.

Piaractus brachypomus, *Pirapitinga*: fisheries, aquaculture, aquarium. (2015). <https://fishbase.mnhn.fr/summary/Piaractus-brachypomus.html>

Rahman, M. M., Nagelkerke, L. A. J., Verdegem, M. C. J., Wahab, M. A., & Verreth, J. A. J. (2008). Relationships among water quality, food resources, fish diet and fish growth in polyculture ponds: A multivariate approach. *Aquaculture*, 275(1-4), 108-115. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2008.01.027>

Rebouças, V. T., Lima, F. R. dos S., Cavalcante, D. de H., & do Carmo E Sá, M. V. (2016). Reavaliação da faixa adequada de pH da água para o cultivo da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* L. Em águas eutróficas. *Acta Scientiarum - Animal Sciences*, 38(4), 361-368. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v38i4.32051>

Reyes L. (2018). *Suitable densities for polyculture systems of commercial species of Oreochromis spp. and Ciprynus carpio in crafted confinement systems in artificial lakes in Santiago de Cali (Valle del Cauca, Colombia).*

Riascos, J., Díaz, D., Beltrán, L., Gutiérrez, F., Biología luisbeltran, B., & Marino, B. (2012). DYNAMICAL MODEL TO ESTIMATE CARRYING CAPACITY IN RESERVOIRS WITH FISH FARMING. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 15(1), 135-145. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262012000100015&lng=en&nrm=iso&tlng=es

- Roa-Cubillos, M. M., & Villa-Navarro, F. A. (2019). Reproductive aspects and fishery of *Prochilodus magdalenae* Steindachner, 1879 (Characiformes: Prochilodontidae) in the Marriaga swamp, Atrato River system, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 43(166), 44-51. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.729>
- Santis, H. R. P., Molina, R. A. P., & Franco, L. F. L. (2020). Effect of *Saccharomyces cerevisiae* on the digestive health of the post-larvae of red tilapia *Oreochromis* sp. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Peru*, 31(2). <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i2.17935>
- SISTEMA DE INFORMACION DE PESCA Y ACUICULTURA. (2018). *BOCACHICO "PRINCIPAL ESPECIE DEL MAGDALENA"*.
- Tolussi, C. E., Hilsdorf, A. W. S., Caneppele, D., & Moreira, R. G. (2010). The effects of stocking density in physiological parameters and growth of the endangered teleost species piabanha, *Brycon insignis* (Steindachner, 1877). *Aquaculture*, 310(1-2), 221-228. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2010.10.007>
- Trejo-Albarrán, R., Flores-Ibarra, K. L., Trujillo-Jiménez, P., Granados-Ramírez, J. G., Gómez-Márquez, J. L., & Sánchez, L. A. D. (2021a). Calidad del agua en estanques de cultivo de peces mediante algunos parámetros físicos y químicos / Water quality in fish farming ponds using some physical and chemical parameters. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 4(4), 5490-5509. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n4-049>
- Trejo-Albarrán, R., Flores-Ibarra, K. L., Trujillo-Jiménez, P., Granados-Ramírez, J. G., Gómez-Márquez, J. L., & Sánchez, L. A. D. (2021b). Calidad del agua en estanques de cultivo de peces mediante algunos parámetros físicos y químicos / Water quality in fish farming ponds using some physical and chemical parameters. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 4(4). <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n4-049>

- Vasques, R., Pupo, A., & Jiménez, H. (2014). *An Energy Efficient and Low Cost System, to Control the Temperature and the Oxygen Increase, in the Red Tilapia Fingerling Cultivation's Tanks.* <http://www.scielo.org.co/pdf/rfing/v23n36/v23n36a02.pdf>
- What are Total Dissolved Solids (TDS)? - Definition from Corrosionpedia.* (s. f.). Recuperado 30 de marzo de 2023, de <https://www.corrosionpedia.com/definition/1103/total-dissolved-solids-tds>
- Zidni, I., Iskandar, Buwono, I. D., & Mahargyani, B. P. (2019). Water Quality in the Cultivation of Catfish (*Clarias gariepinus*) and Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in the Aquaponic Biofloc System. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 1-6. <https://doi.org/10.9734/AJFAR/2019/V4I230048>