



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2026,
Volumen 10, Número 4.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i4

MONITOREO Y MANEJO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL CULTIVO DE ALEVINES DE TILAPIA ROJA EN JAULAS

**WATER QUALITY MONITORING AND MANAGEMENT
IN CAGE-RAISED RED TILAPIA FRY**

Jessica Gricelda Bazurto Espinoza
Universidad Técnica de Machala

Josué Fabricio Quispe Silva
Universidad Técnica de Machala

Xiomara Elizabeth Reyes Aguilar
Universidad Técnica de Machala

Darllys Desire Espinoza Oviedo
Universidad Técnica de Machala

Emilly Camila Cedeño Maya
Universidad Técnica de Machala

Monitoreo y manejo de la calidad del agua en el cultivo de alevines de tilapia roja en jaulas.

Jessica Gricelda Bazurto Espinoza¹

jbazurto1@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0002-8505-216X>

Universidad Técnica de Machala

Ecuador

Josué Fabricio Quispe Silva

jquispe2@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0005-1053-4879>

Universidad Técnica de Machala

Ecuador

Xiomara Elizabeth Reyes Aguilar

xreyes2@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0003-6509-9005>

Universidad Técnica de Machala

Ecuador

Darlys Desire Espinoza Oviedo

despinoza17@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0003-1956-4172>

Universidad Técnica de Machala

Ecuador

Emilly Camila Cedeño Maya

eceden06@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0003-8415-8883>

Universidad Técnica de Machala

Ecuador

RESUMEN

El funcionamiento de los sistemas de cultivo, depende de variables fundamentales, una de ellas es la calidad del agua por su influencia sobre el crecimiento, bienestar de los organismos cultivados y sobrevivencia, debido a que, el agua es el medio donde viven los organismos acuáticos. El enfoque principal del objetivo es dar a conocer la calidad del agua en el cultivo de alevines de tilapia roja, criados en jaulas a través del monitoreo periódico de los parámetros fisicoquímicos, y manejo mediante la práctica de controlar el mantenimiento de condiciones adecuadas para el cultivo, empleando un diseño no experimental descriptivo y longitudinal, realizado en el periodo entre mayo a julio de 2026, la investigación se llevó a cabo en la granja Santa Inés de la Universidad Técnica de Machala, con un total de 49 alevines en una unidad de 1,2 m³. Los parámetros fisicoquímicos analizados fueron: alcalinidad, nitrógeno amoniacal total, el oxígeno disuelto, el pH y la temperatura, los cuales fueron analizados semanalmente, en cuanto al manejo se ha recurrido a la adición de probióticos (*Bacillus subtilis* y *Saccharomyces cerevisiae*), zeolitas, melaza e hidróxido de calcio. Los análisis permitieron obtener los rangos siguientes: alcalinidad (38 a 172 mg/l de CaCO₃), TAN (0 a 1.97 mg/l), temperatura (23.0 a 30.6 °C) y OD (4.0 a 6.8 mg/l). Se registraron valores de pH que fueron desde 8,28 hasta 9,30, lo que indica que se mantuvo el medio en un estado alcalino, distinto a los rangos obtenidos por tiras reactivas donde se encontró pH que variaba entre 6.20 y 6.80. Al finalizar el seguimiento, se observó un incremento de la alcalinidad y una disminución del TAN. Como conclusión, es importante realizar un diagnóstico periódico para evitar y detectar las condiciones limitantes a tiempo, a pesar de que la ausencia de un grupo control nos indica que no podemos atribuir a las prácticas de manejo, la variación que observamos sí podemos concluir que el cambio es real.

Palabras claves: parámetros, jaulas flotantes, TAN, tilapia roja, calidad del agua, monitoreo, acuicultura.

¹ Autor principal.

Correspondencia: jbazurto1@utmachala.edu.ec

Water Quality Monitoring and Management in Cage-Raised Red Tilapia Fry.

ABSTRACT

The performance of aquaculture systems depends on key variables, one of which is water quality, given its impact on the growth, well-being, and survival of farmed organisms, since water is the environment in which aquatic organisms live. The primary focus of this study is to assess water quality in the cultivation of red tilapia fingerlings raised in cages through periodic monitoring of physicochemical parameters and management practices aimed at maintaining suitable conditions for cultivation. The study employed a descriptive, longitudinal, non-experimental design and was conducted between May and July 2026. The research was conducted at the Santa Inés farm of the Technical University of Machala, with a total of 49 fingerlings in a 1.2 m³ unit. The physicochemical parameters analyzed were: alkalinity, total ammonia nitrogen, dissolved oxygen, pH, and temperature, which were analyzed weekly. Management practices included the addition of probiotics (*Bacillus subtilis* and *Saccharomyces cerevisiae*), zeolites, molasses, and calcium hydroxide. The analyses yielded the following ranges: alkalinity (38 to 172 mg/L of CaCO₃), TAN (0 to 1.97 mg/L), temperature (23.0 to 30.6 °C), and DO (4.0 to 6.8 mg/L). pH values ranging from 8.28 to 9.30 were recorded, indicating that the medium remained in an alkaline state—unlike the ranges obtained using test strips, which showed a pH ranging from 6.20 to 6.80. At the end of the monitoring period, we observed an increase in alkalinity and a decrease in TAN. In conclusion, it is important to conduct periodic assessments to prevent and detect limiting conditions in a timely manner. Although the absence of a control group means we cannot attribute the observed variation to management practices, we can conclude that the change is real.

Keywords: parameters, floating cages, TAN, red tilapia, water quality, monitoring, aquaculture.

Artículo recibido 20 mayo 2026
Aceptado para publicación: 20 junio 2026



INTRODUCCIÓN

La acuicultura en la actualidad es uno de los sectores alimentarios que más rápido se ha desarrollado en el mundo. Detrás de ese progreso hay dos bases que se relacionan: un mayor requerimiento de proteína de procedencia acuática y la necesidad de producir sin agotar los recursos primarios. Entre las especies dulceacuícolas la que más relevancia ha ganado es la tilapia roja (*Oreochromis* spp.), reconocida por su capacidad de adaptación a diversos factores abióticos, por su resistencia a enfermedades y por su alta demanda en el mercado (Vargas et al., 2017).

En los sistemas acuícolas un factor de vital importancia es la calidad del agua, debido a que, el agua es el medio donde los organismos se desarrollan y cumplen sus funciones fisiológicas, es decir este factor determina la manera en la que los organismos crecerán y se encontrarán de salud, por otra parte, dentro de este medio intervienen procesos físicos, químicos y biológicos. Temperatura, pH, oxígeno disuelto, turbidez y compuestos nitrogenados actúan sobre la fisiología de los peces. La variación de estos parámetros fuera de los rangos recomendados puede comprometer el comportamiento, los procesos metabólicos, y la condición sanitaria de los organismos acuáticos (Antonio et al., 2012).

El monitoreo con regularidad de la calidad del agua permite tomar medidas correctivas a tiempo, ya que, al detectar cualquier irregularidad de los niveles adecuados de los parámetros se puede evitar riesgos a la salud de los organismos que se encuentran en ese entorno, es por eso, por lo que buenas prácticas de manejo y controles periódicos ayudan mantener el ambiente en óptimas condiciones (Antonio et al., 2012; Vargas et al., 2017). A través de este mismo monitoreo, es posible predecir desviaciones y corregir la gestión de las crías de tilapia roja cultivadas (Vargas et al., 2017).

Diversos estudios realizados en juveniles de tilapia roja han demostrado que el nivel de proteína presente en la dieta influye directamente en la actividad de las enzimas digestivas, la retención de proteínas y el rendimiento productivo de los peces. Por el contrario, un exceso de proteína tampoco resulta beneficioso, ya que la cantidad que el organismo no utiliza es eliminada en forma de nitrógeno al agua, lo que incrementa los costos de producción sin generar una mejora adicional en el crecimiento de los peces (Santos et al., 2020).

Los sistemas en jaulas en estanques con geomembrana en el fondo del estanque también se han convertido en un método de producción muy eficiente, debido a que facilitan tanto el control de la

producción como el monitoreo de la calidad del agua. A partir de esto, se puede realizar alguna implementación de estrategias de monitoreo para mantener los parámetros óptimos para los peces cultivados (Vargas et al., 2017).

Por ende, en el cultivo de tilapia, como medida de corrección de los parámetros fisicoquímicos, se emplea la aplicación de probióticos para mejorar la calidad del agua, la utilización del mismo, ha aumentado considerablemente durante los últimos años debido a la intensificación de los sistemas de producción. En altas densidades de cultivo, la acumulación de alimento no consumido, heces y materia orgánica, favorece el crecimiento de microorganismos patógenos y el deterioro de la calidad del agua. En este contexto, los probióticos ayudan a mantener el equilibrio microbiológico del sistema, reduciendo la proliferación de bacterias patógenas y promoviendo un ambiente más estable para el desarrollo de los peces (Barrios Sánchez et al., 2024).

Uno de los principales probióticos es la bacteria *Bacillus subtilis*, debido a que ayuda a disminuir la cantidad de residuos orgánicos que se depositan en el agua y se reduce la formación de compuestos tóxicos como el amoníaco ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$) y los nitritos (NO_2^-), favoreciendo una mejor calidad del agua (Hai, 2015).

Además de mejorar las condiciones ambientales, *B. subtilis* ejerce un efecto beneficioso sobre la microbiota intestinal de la tilapia. Esta bacteria coloniza temporalmente el tracto digestivo, compite con microorganismos patógenos por espacio y nutrientes (exclusión competitiva) y produce sustancias antimicrobianas, como bacteriocinas y lipopeptidos, capaces de inhibir el crecimiento de bacterias como *Aeromonas hydrophila*, *Streptococcus agalactiae* y otras especies oportunistas de importancia en acuicultura (Shija et al., 2023).

La principal vía de aplicación es en el agua, y la dosificación dependerá del producto comercial. Una vez incorporado en el agua, *B. subtilis* utiliza la materia orgánica disuelta y suspendida como fuente de nutrientes, acelerando su degradación mediante la producción de enzimas extracelulares. Este proceso disminuye la acumulación de residuos orgánicos y favorece el equilibrio microbiológico del sistema. Además, crea condiciones favorables para el establecimiento de otras bacterias beneficiosas (Shija et al., 2023).

El objetivo de este proyecto es evaluar la calidad de agua mediante el monitoreo sistemático de los parámetros fisicoquímicos y la aplicación de prácticas de manejo para mantener condiciones adecuadas en el cultivo de alevines de tilapia roja (*Oreochromis* spp.) en jaulas.

Materiales y métodos

Ubicación y caracterización del área de estudio

El proyecto se ejecutó en la granja Santa Inés, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, situada en el Km 5 ½ de la vía Machala-Pasaje, cantón Machala, provincia de El Oro. En cuanto a lo fisiográfico, el lugar se encuentra en la llanura costera del sureste ecuatoriano, mayormente plano y de suelos aluviales. El clima es tropical, entre una estación lluviosa y seca, por lo cual da lugar a temperaturas anuales en un rango de 24 a 27 °C, que superan los 30 °C en la época seca, con una muy alta humedad relativa. La luminosidad permanece alta en todo momento, de manera que el fotoperiodo alcanza valores cercanos a las 12 horas; el lugar tiene las coordenadas 3.291906026802144° de latitud Sur y 79.91451119763597° de longitud Oeste, a una altitud de 6 msnm.

Figura 1. Ubicación del área de estudio



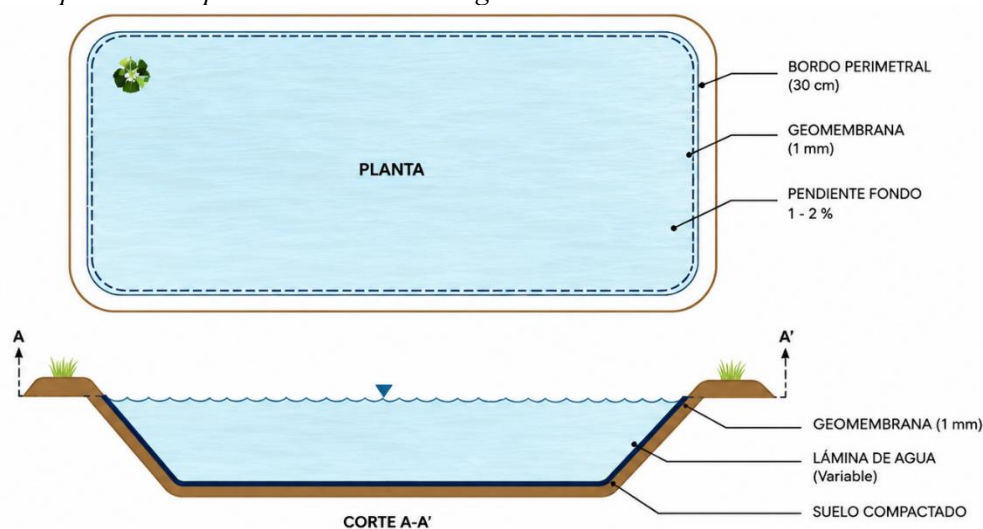
Fuente: Google Maps (2026)

Características del área de estudio

El proyecto se desarrolló en la estación piscícola que los propios estudiantes de la carrera de acuicultura acondicionaron, para preparar un diseño experimental de monitoreo y manejo de la calidad del agua en el cultivo de alevines de tilapia roja, la cual presenta tres piscinas recubierta con geomembrana, diseñadas para el manejo controlado de organismos acuáticos en sistemas de cultivo semi-intensivo.

Por el estudio se seleccionó la piscina número dos, destinada al sistema de cultivo experimental, la cual estaba en operación con un cultivo de alevines de tilapia roja (*Oreochromis* spp.). Al iniciar el proyecto, el agua presentaba señales de deterioro, con parámetros fisicoquímicos desequilibrados debido a la acumulación de materia orgánica y carga metabólica del cultivo. Para revertir esa situación y optimizar las condiciones de vida de los peces, los alevines se distribuyen en jaulas flotantes dentro de la misma piscina. Esta misma medida permitió gestionar la biomasa de manera más ordenada. Así se logró recuperar gradualmente la calidad del agua mediante el monitoreo constante de los parámetros, además de la corrección con tratamientos biológicos y químicos.

Figura 2. Esquema de la piscina recubierta con geomembrana.



Fuente: Open AI (2026)

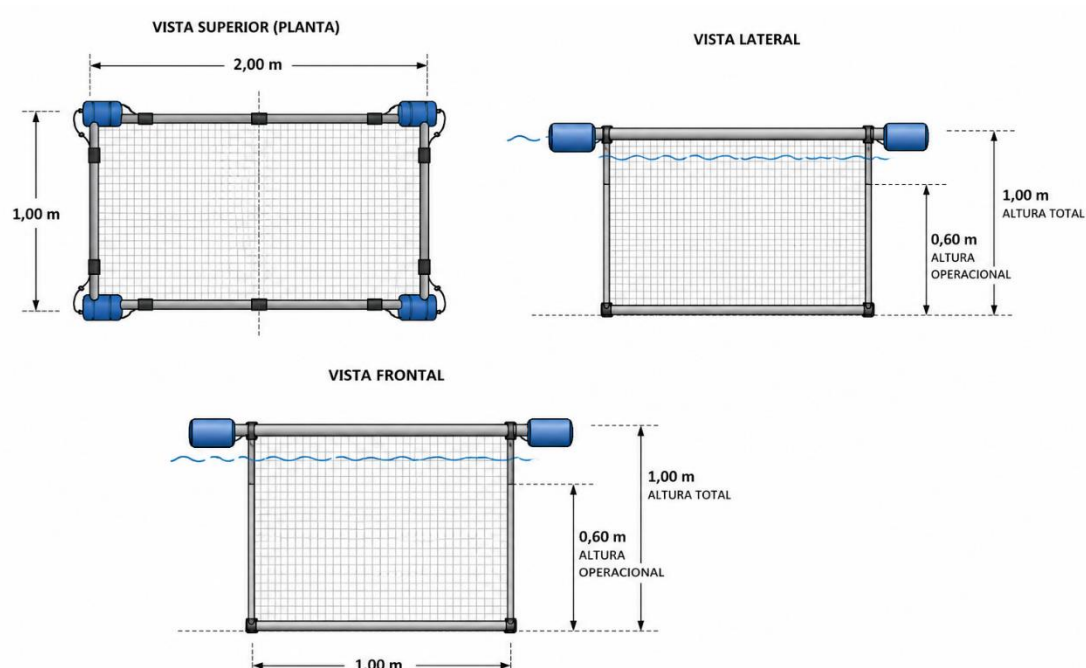
Diseño del sistema de cultivo en jaula

La unidad experimental utilizada en el presente estudio, correspondió a una jaula flotante de forma rectangular destinada al cultivo de alevines de tilapia roja (*Oreochromis* spp.). La estructura presento dimensiones de 2,0 m de largo por 1,0 m de ancho y una altura de 1,0 m.

Durante el periodo de cultivo, la altura operacional del agua se mantuvo en 0,6 m, valor establecido para cinco jaulas de cultivo. Por ende, la jaula alcanzo un volumen total de $2,0 \text{ m}^3$ y uno operacional de $1,2 \text{ m}^3$, es decir, el 60 % de su capacidad.

El estudio se centró en una de las cinco jaulas experimentales, cuya jaula seleccionada, contábamos con 49 alevines, para nuestro grupo. Se realizaron evaluaciones semanales de la calidad del agua en esta y ubicaciones adicionales, con las correspondientes acciones de gestión implementadas para establecer condiciones óptimas en el cultivo.

Figura 3. Esquema y medida de la jaula flotante.



Fuente: Open IA (2026)

Tabla 1. Medidas paramétricas de la jaula de estudio.

Características	Valor
Largo (m)	2,0
Ancho (m)	1,0
Altura total (m)	1,0
Altura operacional (m)	0,6
Volumen operacional (m ³)	2,0
Volumen operacional (m ³)	1,2
Porcentaje del volumen utilizado (%)	60

Fuente: De los autores (2026)

Materiales

Para el desarrollo del proyecto, se emplearon materiales e insumos destinados al acondicionamiento del sistema de cultivo, alimentación de los organismos y mantenimiento de la calidad del agua.

Infraestructura de cultivo

- Jaula flotante rectangular de 2,0 m de largo × 1,0 m de ancho × 1,0 m de altura.
- Jaula flotante rectangular de 2,0 m de largo x
- Estanque experimental recubierto con geomembrana.
- Estructura de soporte de PVC para la jaula.
- Flotadores plásticos.
- Cuerdas de nylon para fijación de la jaula.

Organismos de cultivo

- 49 alevines de tilapia roja (*Oreochromis* spp.)

Alimentación

- Alimento balanceado comercial con 38 % y 32 % de proteína bruta.

Materiales para el monitoreo de la calidad del agua

- Fotómetro
- Oxigenómetro



- Potenciómetro
- Tiras reactivas
- Recipientes para la toma de muestras de agua.
- Hojas de registro para los parámetros fisicoquímicos medidos.

Insumos para el manejo de la calidad del agua

- Melaza
- Bacteria comercial (*Bacillus subtilis*)
- Levadura seca (*Saccharomyces cerevisiae*), (Ozório et al., 2012).
- Zoelita (Mohamed M, 2017).
- Silicato (Laane et al., 2025).
- Hidróxido de calcio (Boyd & Tucker, 1998).
- Ácidos orgánicos.
- Nucleótidos.

Materiales para la activación de bacterias probióticas

- Recipiente plástico con capacidad de 500 litros.
- Agua proveniente del estanque de cultivo.
- Implementos para mezcla y agitación de la solución probiótica.

Todos los materiales e insumos fueron utilizados de acuerdo con los requerimientos operativos del sistema de cultivo y del protocolo de manejo implementado durante el período experimental.

Variables a medir

Las variables dependientes que se midieron durante el estudio se detallan en la Tabla 2. Esta tabla proporciona un resumen claro y estructurado de los parámetros controlados y las medidas observadas, facilitando una visión comprensible de los factores que fueron monitoreados.

Tabla 2. Bitácora de las variables a medir.

No	Variables	Día y hora de la medición	Periodicidad de las mediciones	de Instrumentos de medición	Unidad de medida
1	pH	Jueves 11:30 am	Una vez por semana	Potenciómetro	---
2	Oxígeno disuelto	Jueves 11:30 am	Una vez por semana	Oxigenómetro	
3	Alcalinidad	Jueves 11:30 am	Una vez por semana		mg/l
4	Amoniaco (NH ₄) y Amonio (NH ₃)	Jueves 11:30 am	Una vez por semana	YSI 9800	
5	TAN (Nitrógeno Amoniacal Total)	Jueves 11:30 am	Una vez por semana		
6	Temperatura	Jueves 11:30 am	Una vez por semana	Oxigenómetro	°C

Fuente: De los autores (2026)

Manejo y tratamientos aplicados

El sistema de cultivo implementa un manejo basado en el uso de productos biológicos y compuestos químicos, orientado a la mejora de la calidad del agua y el control de los compuestos nitrogenados.

Activación y aplicación de bacterias probióticas

La preparación de las bacterias se realizó mediante un protocolo de activación controlada, previo a su aplicación en el sistema de cultivo.

Protocolo de activación

- Se utilizó un recipiente estéril de 500 L con 400 L de agua proveniente del estanque de cultivo.
- Se agregaron 2,5 kg de melaza, lo cual se agita durante 5 minutos hasta lograr una homogenización completa.

- Posteriormente, se incorporó 250 g de levadura seca (*Saccharomyces cerevisiae*) previamente activada, agitando durante 10 minutos hasta la completa disolución.
- Finalmente, se añadió 250 g de bacteria comercial (*Bacillus subtilis*), realizando una agitación blanda durante 10 minutos para evitar daño celular.
- Al finalizar se tapa adecuadamente para evitar contaminación cruzada y permitir el desarrollo del cultivo microbiano.

Aplicación en el sistema de cultivo

- La combinación se elaboró semanalmente, los días, viernes.
- Para la aplicación en el sistema de cultivo se realizó los días, lunes, junto con la adhesión de zeolita.
- La aplicación se realizó semanalmente, cuando los niveles de TAN disminuyeron, luego se aplicó quincenalmente, pero solo fue en dos semanas, de ahí cuando los niveles de TAN se elevaron se mantuvo aplicando semanalmente.
- El tratamiento tiene como propósito mejorar la descomposición de materia orgánica y reducir la concentración de compuestos nitrogenados en el agua.

Aplicación de Hidróxido de calcio

- Su aplicación fue de cada 15 días, pero solo se realizó dos aplicaciones.
- La dosis fue de 1 saco de 25 kg, diluido en agua de la piscina.
- La aplicación se realizó mediante boleó por toda la superficie de la piscina.
- La principal función es estabilizar el pH y el incremento de la alcalinidad, para mejorar las condiciones del cultivo.

Costos del proyecto

Para determinar el costo del sistema de cultivo, se elaboró una estimación de costos donde incluye los principales materiales, insumos y recursos utilizados en la construcción de jaulas flotantes, el alimento de los alevines y el manejo de la calidad del agua. Esta estimación permite determinar los requisitos económicos asociados con la implementación y operación del estanque.

Tabla 3. Costos del proyecto.

Descripción	Unidad	Valor (USD)	unitario	Valor (USD)	total
Construcción de jaulas flotantes	Sistema	124,29		124,29	
Ácidos orgánicos	Caneca	190,00		190,00	
Nucleótidos	Galón	15,00		15,00	
Melaza	Saco	9,50		23,75	
Balanceado 38 % proteína	Libra	0,69		6,90	
Balanceado 32 % proteína	Libra	0,69		6,90	
Bacteria comercial (<i>Bacillus subtilis</i>)	kg	56,00		140,00	
Levadura seca (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	kg	12,00		30,00	
Zeolita	Saco (25 kg)	4,20		42,00	
Silicato	Saco (25 kg)	6,00		30,00	
Hidróxido de calcio	Saco (25 kg)	4,00		8,00	

Fuente: De los autores (2026)

Resultados y discusión

Durante el monitoreo se midieron los principales parámetros fisicoquímicos del agua en las jaulas de *Oreochromis* spp, con distintos equipos de medición. A lo largo del monitoreo se pudo describir el comportamiento y el mejoramiento de la calidad de agua durante las semanas de monitoreo, además, determinar si las condiciones son las adecuadas para el cultivo. A continuación, se puede observar los análisis realizados mediante tablas, figuras y su respectivo análisis e interpretación.

Tabla 4. Estadístico descriptivos (mínimo y máximo)

Parámetro	Valor mínimo	Valor máximo
Alcalinidad (mg/l de CaCO ₃)	38	172
TAN (mg/l)	0,075	1,97
Oxígeno disuelto (mg/l)	4,0	6,8
pH	6,20	9,30
Temperatura (°C)	23	30,6

Tabla 5. Parámetros medidos con el equipos YSI 9800.

Fecha	Parámetros			
	Alcalinidad (mg/l Amonio (NH ₃) Amoniaco (NH ₄) TAN (mg/l)	CaCO ₃) (mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
14/5/2026	38	0,573	0,624	1,97
21/5/2026	120	0,17	0,16	0,33
28/5/2026	38	0,576	0,624	1,20
25/6/2026	147	0,91	0,84	1,75
2/7/2026	120	0,039	0,029	0,01
9/7/2026	172	0,039	0,036	0,075

Tabla 6. Parámetros medidos con el Oxigenómetro y potenciómetro.

FECHA	Parámetros		
	pH	Oxígeno disuelto (mg/l)	Temperatura (°C)
14/5/2026	9,3	5,3	28,5
21/5/2026	ND	6,5	23
28/5/2026	9,3	5,3	28,5
25/6/2026	ND	4,21	30,6
2/7/2026	8,28	6,8	28,9
9/7/2026	ND	4	27,7
16/7/2026	ND	4,15	30,5

Tabla 7. *Parámetros medidos con tiras reactivas.*

Parámetros							
FECHA	pH	Alcalinidad total (mg/l)	Nitrito (mg/l)	Cloro libre (mg/l)	Cloro total (mg/l)	Dureza (mg/l)	Bromo (mg/l)
11/6/2026	6,20	100	0	0	0	20	1
18/6/2026	6,80	110	0	0	0	10	0
16/7/2026	6,20	100	0,5	0	0	25	0

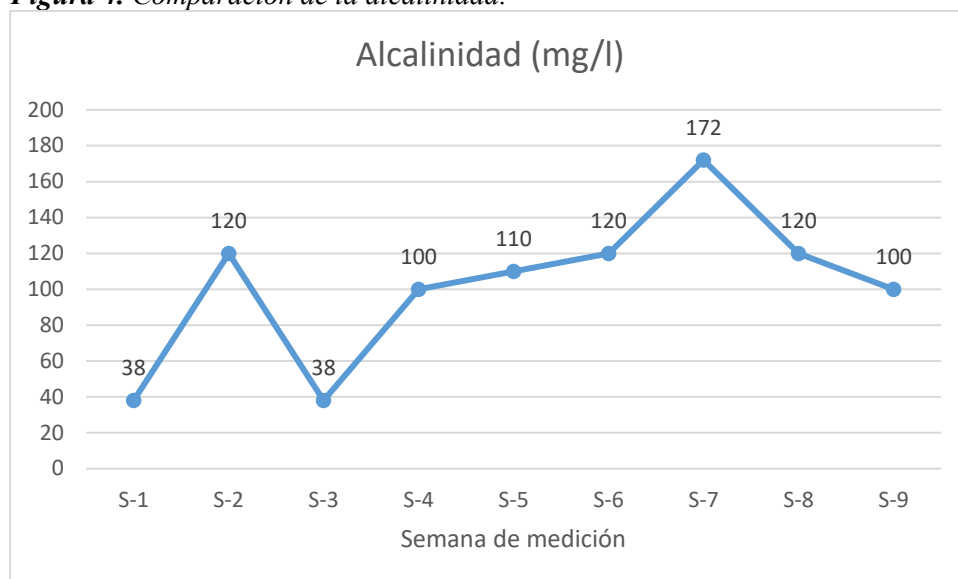
Nota: Debido a la disponibilidad del equipo YSI 9800, se tomaron mediciones con tiras reactivas.

ND: Parámetro no determinado durante el monitoreo por limitaciones en la medición o disponibilidad del equipo

Con el propósito de complementar la evaluación de la calidad del agua, durante tres semanas aleatorias de monitoreo se realizaron mediciones mediante la utilización de tiras reactivas, las cuales permitieron registrar parámetros adicionales como nitrito, cloro libre, cloro total, dureza y bromo. Con el propósito de aumentar el monitoreo del agua, se llevaron a cabo mediciones a través de las tiras de reacción a lo largo de tres semanas aleatorias del muestreo, anotando los siguientes parámetros extra: nitrito, cloro libre, cloro total, dureza y bromo. La gestión de dicha variable no formó parte de los objetivos específicos perseguidos en el estudio, sino que aparecen en este informe como información complementaria que permite describir con algo más de detalle, las condiciones del sistema de cultivo durante la evaluación.

Los resultados obtenidos, mediante las tiras reactivas, evidenciaron un cloro libre y total de 0 mg/l en las tres mediciones, lo que permitiría deducir que no hubo cloro residual presente en el agua del cultivo. El nitrito alcanzó concentraciones de 0 mg/L en las mediciones uno y dos, y 0,5 mg/l para la tercera, lo cual sugiere una leve acumulación de este compuesto una vez realizado el muestreo; por lo que recomendamos continuar realizando el seguimiento, debido a la posible toxicidad de este compuesto para los peces (Huang et al., 2025). En cuanto a la dureza se alcanzaron valores de 10 a 25 mg/l lo que indica que la concentración de sales mineral de calcio y magnesio presentes en el agua.

Figura 4. Comparación de la alcalinidad.



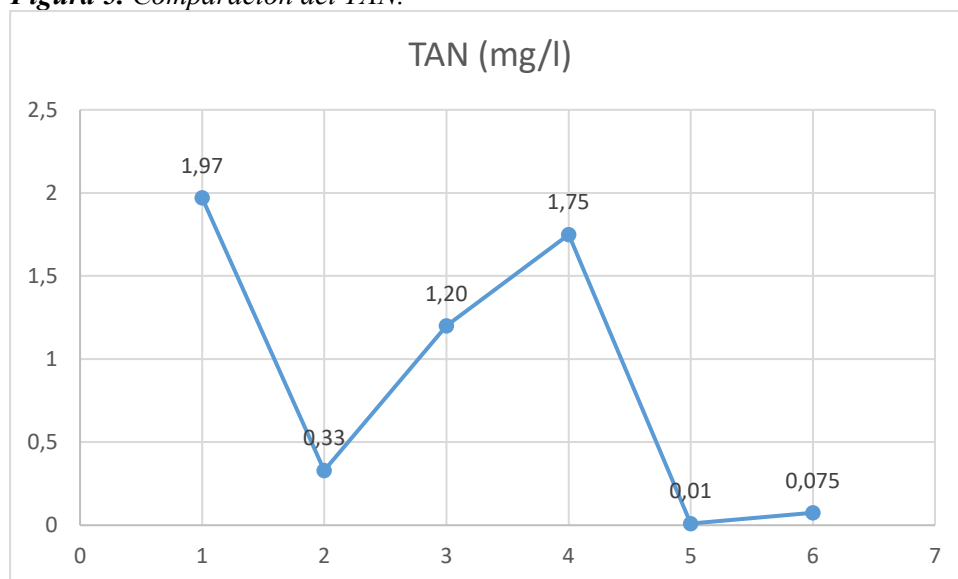
Interpretación técnica de la alcalinidad

Durante las nueve semanas de monitoreo de la alcalinidad, se registraron valores entre 38 y 172 mg/l. En las primeras semanas se observaron fluctuaciones importantes de alcalinidad, con valores mínimos de 38 mg/l en las semanas 1 y 3, por consiguiente, un incremento progresivo hasta alcanzar el valor máximo de 172 mg/l en la semana 7. Por consiguiente, la alcalinidad disminuyó a 120 mg/l en la semana 8 y a 100 mg/l en la semana 9, manteniéndose dentro de los rangos adecuados para el cultivo de tilapia roja.

Desde el punto de vista técnico, la alcalinidad es un parámetro que refleja la capacidad amortiguadora del agua para resistir cambios bruscos en el pH. Los valores comprendidos entre 100 y 172 mg/l indican una adecuada disponibilidad de bicarbonatos y carbonatos, favoreciendo la estabilidad del sistema y el desarrollo de los procesos biológicos, como la nitrificación. En contraste, los registros de 38 mg/l evidencian una baja capacidad de amortiguación, lo que hace al sistema más susceptible a variaciones del pH (Boyd & Tucker, 1998). Por ende, la tendencia observada durante el monitoreo sugiere una mejora en la estabilidad de la calidad del agua conforme avanza el periodo de evaluación.

Cabe destacar, que las mediciones correspondientes a las semanas 4, 5 y 9 fueron obtenidas mediante tiras reactivas, mientras que las semanas restantes se realizaron con el equipo multiparamétrico. A pesar de la diferencia en el método de medición, los resultados muestran una constante tendencia en el comportamiento de la alcalinidad durante el monitoreo.

Figura 5. Comparación del TAN.

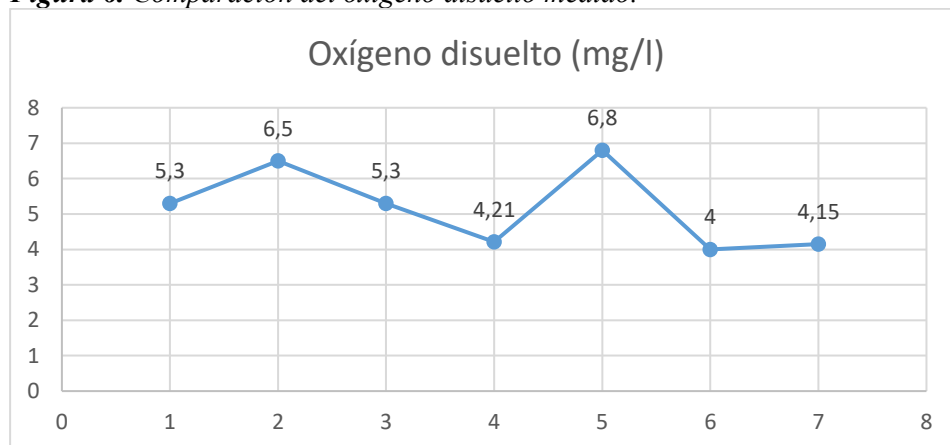


Interpretación técnica del TAN (Nitrógeno Amoniacal Total)

El TAN presentó una tendencia descendente durante el monitoreo, pasando de 1,97 mg/l en la primera evaluación hasta 0,075 mg/l en la última.

Esta disminución evidencia una reducción progresiva de los compuestos nitrogenados presentes en el sistema, lo que sugiere una mejora en la calidad del agua. La disminución puede asociarse con la actividad de bacterias nitrificantes, el recambio natural del agua y la asimilación del nitrógeno por los organismos presentes en el ecosistema (Durborow et al., 1997; Jie et al., 2026). Aunque los primeros valores fueron relativamente elevados, la reducción observada disminuye el riesgo de toxicidad por amoníaco no ionizado, especialmente cuando existen valores altos de pH y temperatura (Camargo et al., 2005; Gomez Isaza et al., 2020).

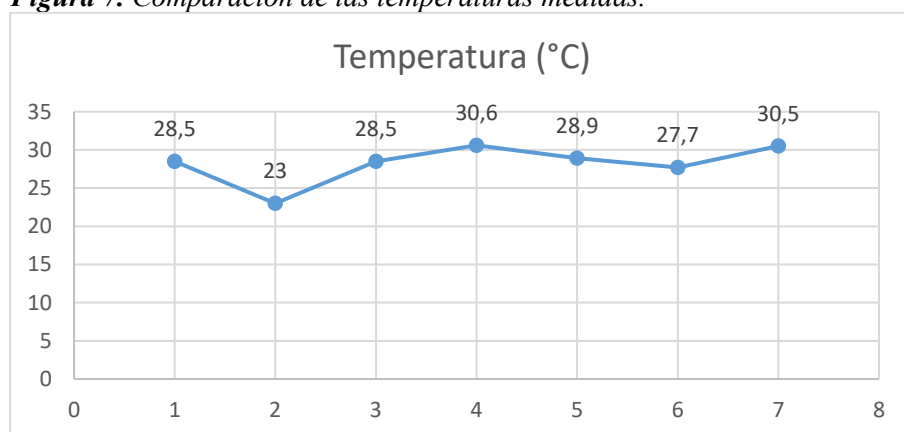
Figura 6. Comparación del oxígeno disuelto medido.



Interpretación técnica del oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto registró valores entre 4,15 y 6,8 mg/l durante las semanas en las que fue medido. Se observa que la mayor parte de las mediciones fueron superiores a 5 mg/l, concentración considerada adecuada para el cultivo de tilapia. Sin embargo, los registros cercanos a 4 mg/l representan una condición límite que puede ocasionar estrés fisiológico, reducción en el consumo de alimento y disminución del crecimiento si se mantiene por periodos prolongados (Wedemeyer, 1996). Las variaciones probablemente estuvieron influenciadas por cambios en la temperatura, la respiración de los organismos y la actividad fotosintética diaria.

Figura 7. Comparación de las temperaturas medidas.

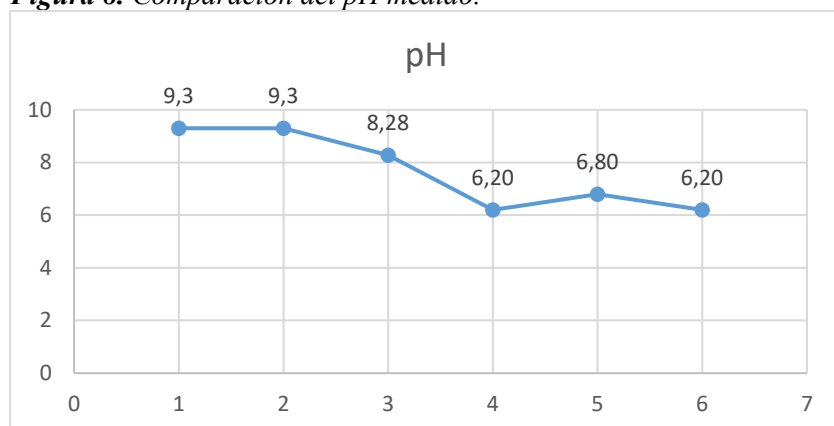


Interpretación técnica de la temperatura

La temperatura se registró, un valor mínimo en la segunda semana de 23 °C, y uno máximo correspondiente en la cuarta semana de 30,6 °C. En las demás semanas monitoreadas, la temperatura se mantuvo entre 27,7 °C y 30,5 °C, evidenciando una estabilidad térmica en el sistema.

Desde el punto de vista técnico, la mayor parte de los valores registrados, se encontraron dentro del rango óptimo para el cultivo de tilapia roja, cuyo rango se sitúa entre 26 °C y 30 °C. Estas condiciones favorecen el metabolismo, el crecimiento y el consumo de alimento de los peces. No obstante, el valor registrado de 23 °C, se ubicó por debajo del rango óptimo, lo que pudo disminuir temporalmente la actividad metabólica y el apetito de los alevines (Boyd & Tucker, 1998).

Figura 8. Comparación del pH medido.



Interpretación técnica del pH

El pH presentó variaciones entre 6,20 y 9,30, observándose inicialmente valores alcalinos y posteriormente valores neutros.

Los valores de 9,3 indican un medio alcalino, condición que incrementa la proporción de amoníaco no ionizado (NH_3), la forma más tóxica para los peces. Por otra parte, los valores comprendidos entre 6,2 y 6,8 corresponden a un rango aceptable para la tilapia, aunque se encuentran próximos al límite inferior recomendado. En términos generales, las fluctuaciones observadas indican que el sistema experimentó cambios en el equilibrio químico del agua, posiblemente asociados con la fotosíntesis, la respiración y la alcalinidad disponible (Boyd & Tucker, 1998).

Análisis general de los resultados

En conjunto, los resultados obtenidos durante el monitoreo evidencian que la calidad del agua presentó variaciones a lo largo del período de estudio. El incremento de la alcalinidad favoreció una mayor estabilidad química del sistema, mientras que la disminución progresiva del TAN indicó una reducción de los compuestos nitrogenados potencialmente tóxicos. Asimismo, el oxígeno disuelto se mantuvo en rangos óptimos para el cultivo de alevines de tilapia roja, aunque algunas mediciones se registraron concentraciones cercanas al límite recomendado. Por otra parte, el pH, presentó fluctuaciones entre condiciones ligeramente ácidas y alcalinas, lo que refleja la influencia de los procesos biológicos y químicos propios del sistema.

CONCLUSIONES

El monitoreo periódico, de la calidad del agua en el cultivo en jaulas de alevines de tilapia roja, permitió evaluar el comportamiento de los principales parámetros fisicoquímicos durante el periodo de estudio.

Los resultados obtenidos evidenciaron variaciones en la alcalinidad, el TAN (Nitrógeno Amoniacal Total), el oxígeno disuelto y el pH reflejando la dinámica natural del sistema de cultivo.

La alcalinidad presentó un incremento progresivo durante el monitoreo, mientras que el TAN evidenció una disminución significativa, indicando una menor presencia de compuestos nitrogenados potencialmente tóxicos. Asimismo, el oxígeno disuelto se mantuvo dentro de los rangos óptimos para el desarrollo de los alevines, aunque en algunas semanas se registraron concentraciones cercanas al límite recomendado. Por su parte el pH presentó fluctuaciones entre ligeramente ácidos y alcalinos, evidenciando la influencia de los procesos biológicos y químicos del cultivo.

En contexto, las condiciones del agua fueron adecuadas, para el desarrollo de los alevines, aunque algunos parámetros mostraron variaciones que requieren un monitoreo continuo, con el propósito de preservar condiciones estables que favorezcan el crecimiento y bienestar de los alevines de tilapia roja

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Antonio, D., Carrillo, P., Corredor, Z., & Ramírez-Iglesia, 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), 099–108.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692012000100011&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Barrios Sánchez, C., Calderón, K., Barrios Sánchez, C., & Calderón, K. (2024). Uso de probióticos en el cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*): Revisión. *Epistemos (Sonora)*, 18(37), e3704360.
<https://doi.org/10.36790/EPISTEMUS.V18I37.360>

Becerril, D. (2018). *Efecto sobre la composición nutricional de los bioflóculos producidos, a partir de distintas fuentes de carbono (melaza, residuos de café y harina de arroz) en un sistema Biofloc* [Universidad Autónoma Metropolitana].
<https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/bitstream/123456789/2060/1/181139.pdf>



- Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (1998). Pond Aquaculture Water Quality Management. *Pond Aquaculture Water Quality Management*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5407-3>
- Camargo, J. A., Alonso, A., & Salamanca, A. (2005). Nitrate toxicity to aquatic animals: a review with new data for freshwater invertebrates. *Chemosphere*, 58(9), 1255–1267. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2004.10.044>
- Durborow, R. M., Crosby, D. M., & Brunson, M. W. (1997). *Nitrite in Fish Ponds*.
- Gomez Isaza, D. F., Cramp, R. L., & Franklin, C. E. (2020). Simultaneous exposure to nitrate and low pH reduces the blood oxygen-carrying capacity and functional performance of a freshwater fish. *Conservation Physiology*, 8(1), coz092. <https://doi.org/10.1093/CONPHYS/COZ092>
- Hai, N. V. (2015). The use of probiotics in aquaculture. *Journal of Applied Microbiology*, 119(4), 917–935. <https://doi.org/10.1111/JAM.12886;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER>
- Huang, T. Y., Ju, H. J., Huang, M. Y., Kuo, Q. M., & Su, W. T. (2025). Optimal nitrite degradation by isolated *Bacillus subtilis* sp. N4 and applied for intensive aquaculture water quality management with immobilized strains. *Journal of Environmental Management*, 374, 123896. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2024.123896>
- Jie, C., Jun, M., Teles, M., Jing, X., & Lluís, T. (2026). Toxic impacts of nitrite on fish and intervention strategies. *Environmental Research*, 288, 123298. <https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2025.123298>
- Laane, H. M., Shukla, K. C., Stee, C. Van, & Patel, P. (2025). SATA: The Silicic Acid Technology for Aquaculture. *Journal of Aquaculture & Livestock Production*, 6(1), 1–6. [https://doi.org/10.47363/JALP/2025\(6\)140](https://doi.org/10.47363/JALP/2025(6)140)
- Mohamed M, A.-R. (2017). Sustainable Use of Natural Zeolites in Aquaculture: A Short Review. *Oceanography & Fisheries Open Access Journal*, 2(4). <https://doi.org/10.19080/OFOAJ.2017.02.555593>
- Ozório, R. O. A., Portz, L., Borghesi, R., & Cyrino, J. E. P. (2012). Effects of Dietary Yeast (*Saccharomyces cerevisia*) Supplementation in Practical Diets of Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Animals* 2012, Vol. 2, Pages 16-24, 2(1), 16–24. <https://doi.org/10.3390/ANI2010016>



- Santos, W. M., Costa, L. S., López-Olmeda, J. F., Costa, N. C. S., Santos, F. A. C., Oliveira, C. G., Guilherme, H. O., Bahiense, R. N., Luz, R. K., & Ribeiro, P. A. P. (2020). Dietary protein modulates digestive enzyme activities and gene expression in red tilapia juveniles. *Animal*, *14*(9), 1802–1810. <https://doi.org/10.1017/S1751731120000543>
- Shija, V. M., Amoah, K., & Cai, J. (2023). Effect of Bacillus Probiotics on the Immunological Responses of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*): A Review. *Fishes* 2023, Vol. 8, Page 366, 8(7), 366. <https://doi.org/10.3390/FISHES8070366>
- Vargas, R. V., Martínez, P., & Arévalo, J. J. (2017). Evaluación preliminar de un sistema de recirculación de aguas para un prototipo implementado en la producción de tilapia roja (*Oreochromis* sp.). *Ingeniería y Región*, *18*, 25–33. <https://doi.org/10.25054/22161325.1737>
- Wedemeyer, G. A. (1996). Physiology of Fish in Intensive Culture Systems. *Physiology of Fish in Intensive Culture Systems*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6011-1>