



**EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA EN
PRODUCCIÓN DE CACHAMA BLANCA (*PIARACTUS BRACHYPOMUS*) EN
ESTANQUES DE TIERRA EN ARAUCA, COLOMBIA.**

EVALUATION OF PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS OF WATER IN WHITE
CACHAMA (*PIARACTUS BRACHYPOMUS*) PRODUCTION IN EARTH PONDS IN
ARAUCA, COLOMBIA.

Luz Dary Torres Borja

Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación, Servicio Nacional de
Aprendizaje. Colombia.

ldtorresb@unbosque.edu.co <https://orcid.org/0000-0002-2611-0393>

Jorge Enrique Rangel Soto

Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación, Servicio Nacional de
Aprendizaje. Colombia.

jrangels@sena.edu.co <https://orcid.org/0009-0008-7919-6734>

Hisnel Franco Marquez

Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación, Servicio Nacional de
Aprendizaje. Colombia.

hfrancom@sena.edu.co <https://orcid.org/0000-0001-9818-1230>

*Autor de correspondencia: hfrancom@sena.edu.co

Recepción: 11 de julio de 2024

Aprobación: 30 de julio de 2024

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v5n1.6069>

Resumen

Entre las ventajas que ofrece la biodiversidad que caracteriza al territorio colombiano, está el mejoramiento en el desarrollo de la acuicultura con especies de peces poco exigentes y autóctonas de cada territorio, para Arauca la cachama blanca, es por ello que el presente estudio en el marco del proyecto SENAPEZ de SENOVA evaluó los parámetros fisicoquímicos del agua de los estanques piscícolas en tierra de dicha especie, en la Finca El Cielo, Vereda La Panchera del Municipio de Arauca. Se seleccionaron y adecuaron 3 estanques a los cuales se les realizó la siembra de 4000 alevinos con certificación AUNAP y se monitoreó para garantizar el desarrollo óptimo, se utilizó el multiparámetro Hanna© modelo HI98194 para la medición en tiempo de real de distintos analitos. Se registraron dos eventos de mortalidad; uno relacionado a depredación por parte de aves e insectos y el segundo relacionado a la calidad del agua, encontrando que, durante el mes de julio, previo al evento de la mortalidad los parámetros fisicoquímicos presentaron variaciones hacia datos extremos máximos y mínimos. Así mismo se determinó que los peces del tanque de engorde #1 tuvieron aumento de biomasa con respecto a los otros tanques. Se concluye que la densidad poblacional piscícola, y el aumento de biomasa está determinada por condiciones hídricas óptimas y espacios adecuados. Se destaca que el monitoreo de los parámetros fisicoquímicos es una herramienta fundamental para el control y la toma de decisiones que fortalezcan el desarrollo adecuado de la producción de peces de los estanques.

Palabras clave: multiparámetro Hanna, piscícola, estanque de tierra.

Abstract

Among the advantages offered by the biodiversity that characterizes the Colombian territory is the improvement in the development of aquaculture with undemanding fish species native to each territory, for Arauca the white cachama, which is why the present study in the framework of the SENAPEZ project of SENOVA evaluated the physicochemical parameters of the water of the land-based fish ponds of this species, at Finca El Cielo, Vereda La Panchera in the



Municipality of Arauca. Three ponds were selected and adapted, in which 4,000 AUNAP-certified fingerlings were stocked and monitored to guarantee optimal development. The Hanna© multiparameter model HI98194 was used for real-time measurement of different analytes. Two mortality events were recorded; one related to predation by birds and insects and the second related to water quality, finding that, during the month of July, prior to the mortality event, the physicochemical parameters presented variations towards maximum and minimum extreme data. Likewise, it will be determined that the fish in fattening tank #1 had an increase in biomass compared to the other tanks. It is concluded that the fish population density and the increase in biomass are determined by optimal water conditions and adequate spaces. It is highlighted that monitoring physicochemical parameters is a fundamental tool for control and decision making that strengthens the adequate development of fish production in ponds.

Keywords: Hanna multiparameter, fish farming, earthen pond.

INTRODUCCIÓN

La acuicultura en Colombia se ha consolidado como un sector esencial en la economía del país y la seguridad alimentaria. Esta actividad, enfocada en la crianza de organismos acuáticos como peces, crustáceos, moluscos y algas marinas, está fundamentada en el control de su ciclo vital, lo que permite producción continua y sostenible (Aunap, 2024).

En los últimos años, en la acuicultura se han desarrollado sistemas de producción de organismos acuáticos con el objetivo de reducir el consumo de agua y espacio, al tiempo que se aumenta significativamente la densidad de cultivo (Timmons et al., 2002), al emular las condiciones naturales por medio de la maduración de aguas mediante la aplicación de cal, sulfatos, una combinación de procesos fotosintéticos y bacteriológicos, entre otros. Se busca generar condiciones para que las especies tengan un óptimo desarrollo y producción (Chamberlain *et al.*, 2001; Rakocy, 2002; Azim & Little, 2008).

El grupo de las cachamas compuestos por especies de los géneros *Colossoma* y *Piaractus*, así como sus híbridos presentan características de tolerancia a las condiciones de cuerpos de agua con organismos fotosintéticos suspendidos. Estos peces propios de Suramérica cuentan con una amplia distribución en la cuenca del Orinoco, siendo de gran importancia para los municipios en contacto con este, tanto en Venezuela como en Colombia (Poleo, 2011).

La cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) es una especie autóctona con gran potencial piscícola dado que, se adapta a condiciones de calidad de agua desfavorable para otras especies más exigentes, es resistente a bajos niveles de oxígeno, y tiene una buena aceptación por parte de sus consumidores a raíz de su sabor y color de la carne. (Rodríguez, 2023). Por esto, es la más importante especie nativa en cautiverio, para el desarrollo de pequeñas economías de sustento en Colombia (Pineda S. *et al.* 2006, Molina Domínguez & Vergara Martín, 2005; Molleda *et al.* 2019)

El Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) mediante el sistema de investigación SENNOVA desde el proyecto “SENAPEZ” de SENNOVA como parte de su compromiso con el fortalecimiento de la piscicultura en Arauca, busca mejorar la producción sostenible de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). El presente estudio se enfoca en la evaluación de los parámetros físicos y químicos del agua en la producción piscícola de ciclo completo de cachama blanca en estanques de tierra.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se escogieron tres estanques en tierra que cumplían con los criterios establecidos para la cantidad de alevinos sembrados sin requerir sistemas de aireación eléctrica. Esta selección se basó en la capacidad de los estanques para albergar y proporcionar condiciones adecuadas para el ciclo completo de cachama blanca.

Se llevó a cabo la adecuación de los estanques seleccionados para garantizar un entorno óptimo para la producción piscícola de cachama blanca. Los esfuerzos se centraron en establecer

condiciones que favorecieran el bienestar de los peces y minimizaran la presencia de factores adversos:

- Instalación de cercos perimetrales.
- Acondicionamiento de taludes.
- Instalación de mallas anti-pájaros.

Una vez los estanques fueron adecuados, se procedió a encalar con el fin de realizar ajustes en el pH del agua, se aplicaron 150 g de Cal viva por metro cuadrado. Los estanques fueron abastecidos de agua proveniente de un pozo profundo en la finca. La fertilización del agua para la estimulación de fitoplancton se realizó mediante el uso de “triple 15” el cual se suministró en una proporción de 3 g por metro cuadrado.

Los alevinos sembrados fueron suministrados por el proveedor "Alevinos Arauca SOMAC SAS", localizado en el municipio de Saravena, el cual cuenta con permiso de la AUNAP para su distribución legal. La elección de este proveedor confiable aseguró la provisión de alevinos sanos.

Se sembraron 4000 alevinos de cachama blanca, con un peso promedio de 1 gramo con un peso promedio de 1 gramo en el mes de junio de 2023. Esta siembra tuvo lugar en un área de 71 metros cuadrados en los estanques de tierra preseleccionados. Las bolsas que contenían los alevinos se encontraban en cajas de cartón. Para permitir que la temperatura del agua en las bolsas se igualara con la del “estanque de alevinaje”, estas se dejaron reposar durante 45 minutos en el agua del estanque. Una vez alcanzado el equilibrio, se procedió a contar y sembrar los alevinos en los estanques. Este proceso garantizó una adaptación y minimizó el estrés potencial para los alevinos, sentando así las bases para su crecimiento saludable.

En la etapa de alimentación, se empleó el alimento concentrado de la marca Itacol®, cuya composición nutricional respaldó el desarrollo saludable de los peces. Durante la fase de alevinaje, se utilizó un concentrado con un contenido de proteína del 45%, suministrando un total de 10 kilogramos. A medida que los peces avanzaron en su ciclo de crecimiento, se ajustó la composición del alimento concentrado para satisfacer sus necesidades cambiantes.



A medida que los peces avanzaban en sus etapas de crecimiento, se adaptó la composición del alimento concentrado. Se utilizó un enfoque estratégico que involucró concentrados con diferentes porcentajes de proteína (38%, 34% y 24%), lo que permitió satisfacer las necesidades nutricionales cambiantes de los peces a lo largo de su ciclo de producción. Cuando los peces alcanzaron un peso promedio de 8,3 gr y una longitud total promedio de 6,6 cm se dividieron en dos estanques de tierra adyacentes.

Para garantizar la precisión y la consistencia en las mediciones durante los procesos, se utilizó un multiparámetro digital Hanna® modelo HI98194 como herramienta principal. Este dispositivo de vanguardia permitió la medición confiable y en tiempo real de los niveles de oxígeno disuelto en el agua, un factor crítico para evaluar la calidad del entorno acuático. El análisis estadístico se realizó con el software R studio versión 4.3.1. Se aplicaron estadísticas descriptivas de tendencia central a las variables cuantitativas, se realizó una prueba de normalidad y se aplicó Kruskal Wallis con post Hoc Mann Whitney test para determinar las diferencias significativas entre los grupos comparados. Se aplicó un análisis de correlación con coeficiente de Spearman, además de gráficos de serie temporal para visualizar los cambios de los parámetros durante el mes de junio y julio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados biológicos

De los 4000 alevinos sembrados en el mes de junio en el estanque de alevinaje, 2550 fueron trasladados al estanque de levante y engorde #1 el día 27 de julio donde se registraron datos iniciales para la investigación (tabla 1); los 1450 alevinos fueron depredados por aves como *Butorides striata* (Linnaeus, 1758) de la cual se colectó un individuo con fines de identificación y fue liberado (Figura 1) además, se observó depredación por parte de insectos del orden Odonata, por lo cual se tomaron acciones preventivas en el estanque que recibió los sobrevivientes.

Tabla 3.

Tabla de registros de alimentación / peso.

Descripción	27/07/2023	18/08/2023	13/09/2023	24/09/2023
Total de alevinos	2.550	2.550	2.550	1.800
Peso promedio (grs)	8,3	30,7	106	142
Biomasa total	21.165	78.285	270300	255600
Longitud promedio (cm)	6,6	8,6	14	16
Tasa de alimentación (italcol) %	13,5	6,9	4,5	4,1
consumo total alimento /dia(grs)	2.857	5.402	12164	10480
consumo total alimento /dia(grs)	571	1.080	3041	5240

Nota: Bitácora registrada durante la estadía de los peces en el estanque de alevinaje.

Figura 1.

Butorides striata identificado y liberado.



El 23 de septiembre se presentó una mortalidad de 750 peces, motivo por el cual, se trasladaron 1000 peces al estanque de levante y engorde #2, dejando 800 peces en el estanque #1.

El primero de noviembre de 2023 se cosecharon las cachamas y se tabularon los datos (tabla 2) correspondientes a peso, biomasa, longitud y alimentación se encontró que las cachamas del estanque #1 presentaron un mayor promedio de peso y longitud con respecto a las cachamas del estanque #2, además se calculó la tasa de eficiencia de alimentación de Italcol®.

Tabla 2.
Registro de cosecha de los estanques.

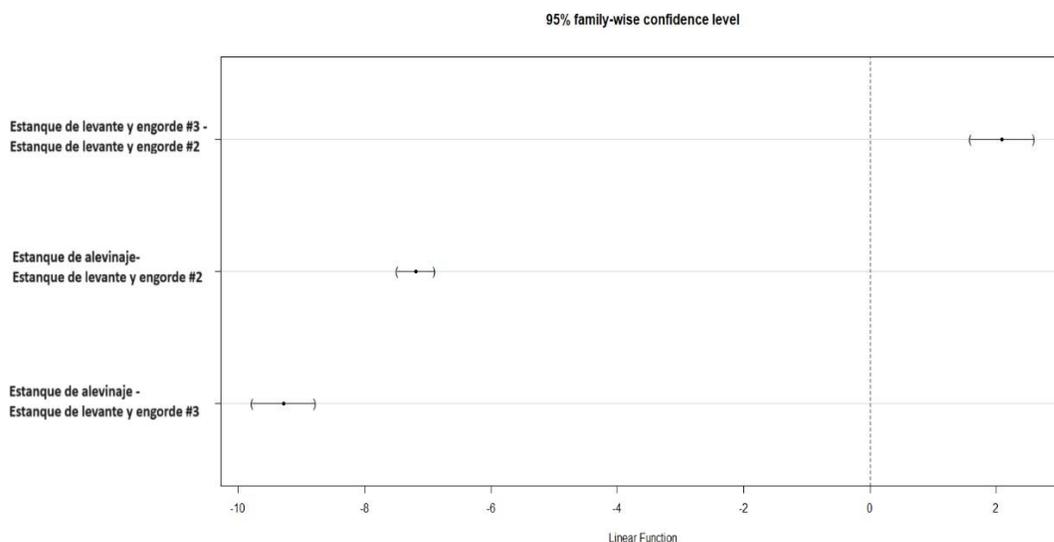
Estanque de levante y engorde #1		Estanque de levante y engorde #2	
Fecha	1/11/2023	Fecha	1/11/2023
Cachamas	800	Cachamas	1.000
Peso promedio (grs)	257	Peso promedio (grs)	226
Biomasa total	205600	Biomasa total	226000
Longitud promedio (cm)	18	Longitud promedio (cm)	17
Tasa de alimentación (italcol) %	3,1	Tasa de alimentación (italcol) %	3,3
consumo total alimento /día(grs)	6374	consumo total alimento /día(grs)	7458

Nota: Bitácora registrada durante el periodo de cosecha.

Para determinar diferencias en el tallaje de los peces en los estanques se aplicó un test de normalidad Shapiro-Wilk resultando en una distribución no normal ($p= 0.026$), por ende, se aplicó Kruskal - Wallis y un post Hoc Test de Mann-Whitney. En la figura 2 se observa la existencia de diferencias significativas entre los tres grupos (Estanque de engorde 1, 2 y estanque de alevinaje) con un p valor de 2.2×10^{-16} , lo cual, se ve reflejado en la prueba pareada, donde se observa que los intervalos de cada grupo no se solapan entre ellos.

Figura 2.

Test pareado de las tallas de los peces en los tres estanques.



Resultados fisicoquímicos

En la tabla 3 y 4 se observan los valores medios, máximos y mínimos para los parámetros asociados durante el mes de junio y julio respectivamente.

Tabla 3.

Parámetros fisicoquímicos – Mes de Junio.

	Variable	Min	Mean	Max
Temp	Temp[°C]	25.59	29.72	32.02
pH	pH	6.55	6.94	7.60
ORP	ORP[mV]	268.80	470.82	564.30
TDS	TDS[ppt]	0.00	0.04	0.06
Sal	Sal[psu]	0.00	0.03	0.05
DO	DO[ppm]	0.00	3.48	9.40

Nota. Análisis exploratorio con medidas de tendencia central.

Tabla 4.

Parámetros fisicoquímicos – Mes de Julio.

	Variable	Min	Mean	Max
Temp	Temp[°C]	24.86	28.84	32.27
pH	pH	6.15	7.14	9.95
ORP	ORP[mV]	-437.80	215.78	496.20
TDS	TDS[ppt]	0.00	0.04	0.08
Sal	Sal[psu]	0.00	0.03	0.07
DO	DO[ppm]	0.00	3.11	11.69

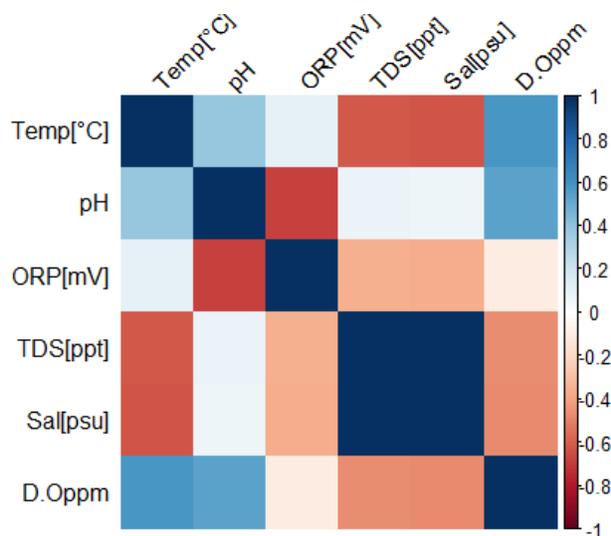
Nota. Análisis exploratorio con medidas de tendencia central.

Se realizó una matriz de correlación (Figura 3) calculada mediante el coeficiente Spearman para consolidar una noción de las relaciones entre las variables, para efectos de interpretación una correlación positiva indica relación directa (una aumenta la otra aumenta) y negativa una relación inversa (una aumenta la otra disminuye) la correlación no indica causalidad.

Se destaca la correlación positiva moderada de la temperatura con el pH y correlación fuerte con el oxígeno disuelto. El oxígeno disuelto tiene correlaciones positivas fuertes con la temperatura y pH. Con respecto a los sólidos disueltos totales se encontró una correlación negativa con la temperatura.

Figura 3.

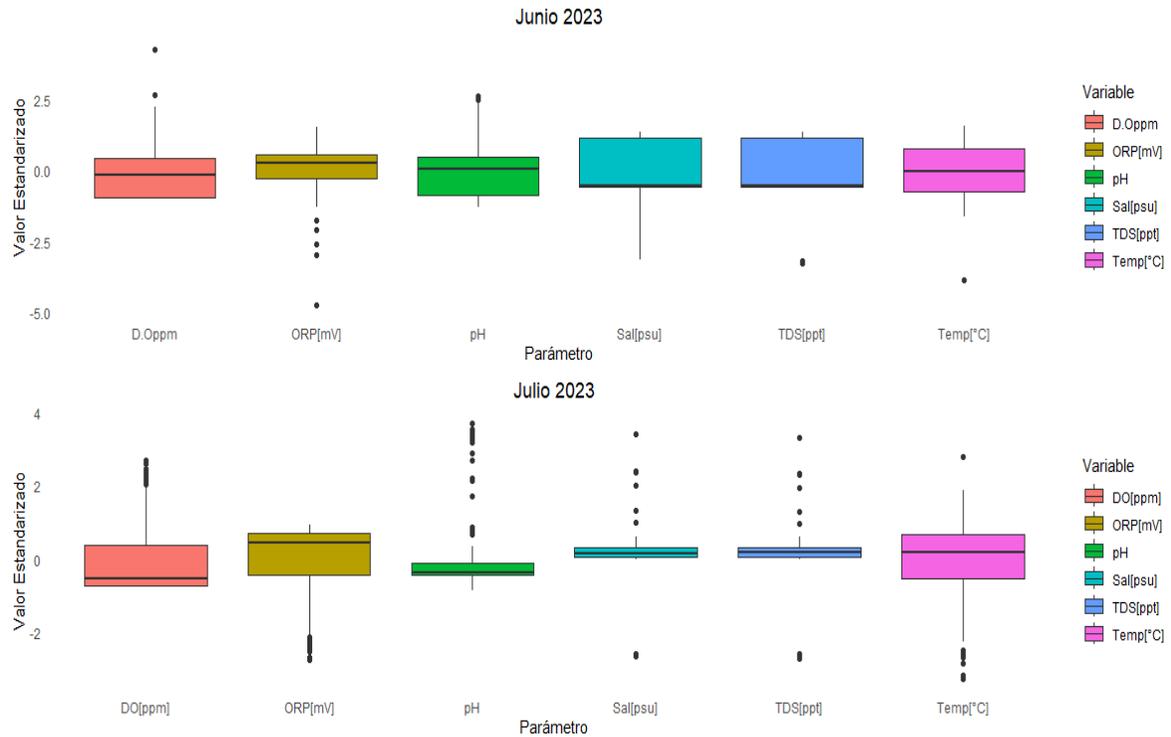
Correlación de Spearman calculada para los registros fisicoquímicos en el mes de junio de 2023.



Se realizó diagramas de cajas y bigotes para cada mes (figura 4), escalando las unidades de las variables a desviación estándar, se puede observar que el pH, DO y ORP no presentan diferencias o cambios entre ambos meses, a diferencia de Sal y TDS que tienen mayor variabilidad. Por otra parte, la temperatura tiene mayor variabilidad en julio, pero la media es constante en ambos meses. En términos generales los datos de julio presentan mayor variabilidad y datos atípicos en rangos superiores que junio.

Figura 4.

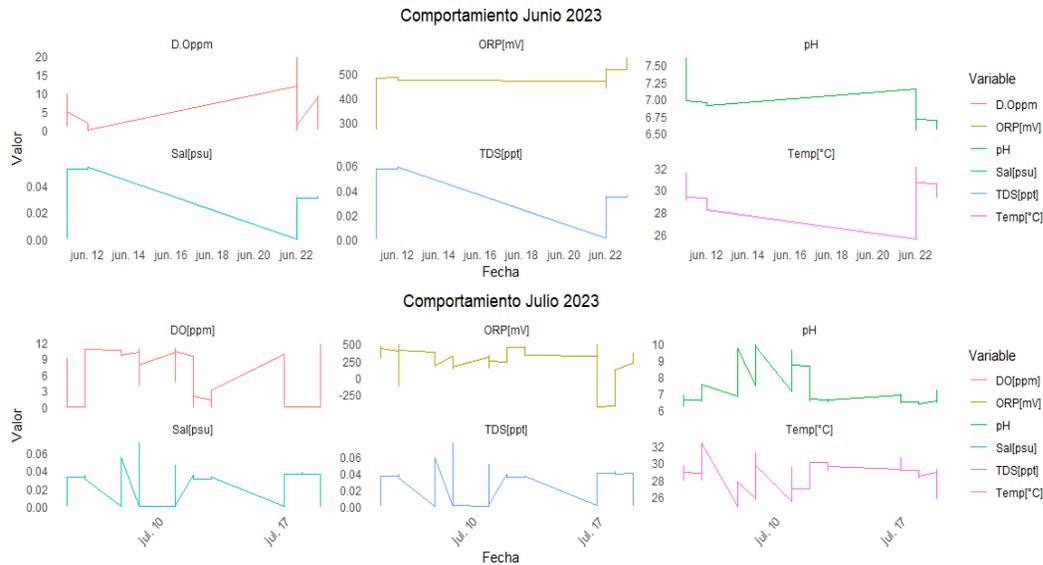
Diagramas de cajas y bigotes: Junio y Julio.



Se graficó el comportamiento de las variables fisicoquímicas durante los meses de junio y julio (figura 5). Se observa que durante el mes de junio el comportamiento de las variables es bastante homogéneo a diferencia del mes de julio donde se puede observar variabilidad en los datos registrándose datos mínimos y máximos.

Figura 5.

Comportamiento de las variables fisicoquímicas durante junio y julio de 2023.



En las producciones piscícolas el agua tiene una importancia crítica ya que la interrelación entre peces con otros organismos y microorganismos acuáticos (invertebrados, bacterias, algas) está determinado por los parámetros fisicoquímicos (oxígeno disuelto, pH, sólidos disueltos, etc.) que aseguran el correcto funcionamiento del microambiente piscícola en donde sucede por ejemplo la descomposición de la materia orgánica o la metabolización de compuestos nitrogenados y que a su vez influyen en el crecimiento, reproducción y apetito.

En cuanto al índice que evalúa el crecimiento de la cachama se determinó la tasa de conversión alimenticia la cual para el estanque 1 se encontró en 3.1% y para el estanque 2 en 3.3%, indicando la buena asimilación por parte del pez, pues según Steffens, (1997) una buena tasa se encuentra entre 1 y 2. Este índice depende de múltiples factores, ligados además del tipo de alimentación a la calidad del agua y el estadio biológico del pez (López, *et al.*, 2013). En cuanto a las diferencias significativas en el tallaje de los peces en los estanques se debe a que en cada estanque se desarrollaron fases distintas del ciclo de vida del pez.

Se observó una correlación positiva interesante entre la temperatura y el pH con el OD, pues se esperaría una correlación negativa para ambas, ya que a mayor temperatura el OD disminuye por



la solubilidad de este en aguas cálidas (Valbuena- Villarreal & Cruz-Casallas, 2006), sin embargo, el resultado puede ser debido a la presencia de plantas acuáticas cuya fotosíntesis genera un aumento de oxígeno en el agua y eleva el pH por la reducción del CO₂. La variabilidad observada durante el mes de julio la cual contrasta con los registros homogéneos del mes de junio puede deberse a factores ambientales como lluvias y a los procesos biológicos y ecológicos del pez en el estanque.

Durante la ejecución del proyecto se observaron dos eventos de mortalidad, el primero estuvo generado por la depredación por parte de aves e insectos, por lo cual se sugiere el uso de malla anti pájaros y otras medidas de control desde las etapas iniciales.

El segundo evento se presume estuvo asociado con la variabilidad del oxígeno disuelto, durante el mes de julio pues si bien se registró un promedio de 3.11 ppm con un máximo de 11.7 ppm los cuales son aceptables en el marco de calidad del agua, pues se considera normales valores entre 5, 0 y 12.0 ppm. (Dantas & Apolinaria, 2014; Barboza et al., 2009), estos no fueron constantes, presentándose intervalos altos y bajos a lo largo del mes. Hanna, (2023) desde su rol como empresa dedicada a la tecnología de medición de calidad del agua, destaca que en bajas concentraciones no solo aumenta la tasa de mortalidad de los peces, sino que disminuye el aprovechamiento del alimento y genera susceptibilidad a la adquisición de diversas patologías, además, la concentración está relacionada a altitud, temperatura, pH, movimiento del agua y otras relaciones ecológicas (Tunque, 2022). Autores como Paredes y Rodríguez (2023) determinaron que en la etapa de engorde el oxígeno disuelto tiende a disminuir con base en el crecimiento y estadio vital de los peces además según Hanna (2023), puede estar asociado a un aumento de fosfatos que incrementan la población de fitoplancton.

En el caso de los resultados presentados dado que no se contó con la medición de fosfatos en agua, y tomando en cuenta que la temperatura y pH estuvieron en rangos óptimos para la cachama, se puede inferir que la variabilidad del DO estuvo asociado a las etapas de engorde del pez. Marín (2023), en su manual para la medición de la calidad del agua corroboran la

importancia de este parámetro y sugieren la implementación de sistemas de aireación continua, para mantener estables los niveles de oxígeno disuelto.

Con respecto al pH, se entiende que los valores de pH extremos aseguran la mortalidad de los peces, donde aguas ácidas generan problemas respiratorios asociados a la branquias y aguas básicas la acumulación de amonio y la consecuente intoxicación por este compuesto (Hanna, 2023). Durante la evaluación del mes de julio el pH se mantuvo en valores aceptables con una media de 6.9 en junio y 7.14 en julio.

La temperatura es un parámetro que tiene influencia en cada etapa biológica del pez y es dependiente de la especie, se puede controlar con la entrada de agua al estanque, en el proyecto la temperatura media de junio fue de 29.7°C, mínima de 25°C y máxima de 32°C, y en julio se registró una media de 28.8°C, mínima de 24.8 y máxima de 32°C los cuales se consideraron como rangos aceptables para el desarrollo saludable de esta especie, pues la cachama es un pez de aguas cálidas, esto concuerda con lo encontrado por diversos autores (Parrado, 2012; Poleo et al., 2011; Silva-Acuña & Guevara, 2002; Gonzales & Herida, 1998).

Los valores de los demás parámetros fisicoquímicos registrados y evaluados se encontraron dentro de rangos aceptable.

CONCLUSIONES.

El aumento de la biomasa de la población es proporcional al requerimiento de oxígeno disuelto, así como sus requerimientos de espacio y condiciones óptimas de la calidad de agua de los estanques.

El monitoreo de los parámetros fisicoquímicos permite caracterizar la calidad del agua de los estanques para generar y aplicar estrategias que mejoren el desarrollo óptimo de los peces.

Factores externos como depredadores vertebrados e invertebrados afectan considerablemente la densidad de la población.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azim, M. E., & Little, D. C. (2008). The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 283, 29-35.
- Barbosa, C. A., Ferreira, F. P. de M., De Souza, N. R., & Barbosa, M. J. (2009). Avaliação da taxa metabólica do Tambaqui (*Colossoma macropomum*) e da tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), submetidas ao isolamento. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, 4(2), 46-55. Disponible en <http://www.ppg.revistas.uema.br>
- Chamberlain, G., Avnimelech, Y., McIntosh, R. P., & Velasco, M. (2001). Advantages of aerated microbial reuse systems with balanced C: N. III: Practical applications. *Global Aquaculture Advocate*, 4, 50-54.
- Dantas, J. R., & Apolinário, M. O. (2014). Otimização do cultivo de tilápias *Oreochromis niloticus* (linhagem chitralada) em sistema de tanques-redé no açude boqueirão do cais, cuité-pb. En *XI Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Campina Grande*, 03, 04 e 05 de Nov, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil. Disponible en <http://www.revistas.ufeg.edu.br>
- González, J. A., & Heredia, B. (1998). *El cultivo de la cachama (Colossoma macropomum)* (2ª ed.). Maracay: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
- Hanna Colombia. (2023). Monitoreo de agua en piscicultura. Retrieved from <https://www.hannacolombia.com/aqua/blog/item/monitoreo-de-agua-en-piscicultura>
- Isla Molleda, M., Flores Gutiérrez, E. R., Tore Lunestad, B., Karlsen, O., Rodríguez Cruzata, P., Vega, A. B., & Coello, D. M. (2019). Estado ambiental de la zona donde se desarrolló el cultivo de cobia (*Rachycentron canadum*) en jaulas flotantes, bahía de cochinos, Cuba. *Rev. cubana de Investigaciones Pesqueras*, 36(2), 73-81.
- López, P., & Anzoátegui, D. (2013). Engorde de la cachama (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1816) cultivada en un sistema de recirculación de agua. *Zootecnia Tropical*, 31(4), 271-278. Recuperado en 08 de julio de 2024, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692013000400001&lng=es&tlng=es
- Marín Martínez, N. (2023). *Manual de medición de parámetros de calidad de agua con fotómetro multiparamétrico*. Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

- Molina Domínguez, L., & Vergara Martín, J. M. (2005). Impacto ambiental de jaulas flotantes: estado actual de conocimientos y conclusiones prácticas. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*, 21(1-4), 75-81.
- Parrado, Y. A. (2012). *Historia de la acuicultura en Colombia*. Obtenido de http://www.revistaaquatic.com/aquatic/pdf/37_9.pdf
- Paredes Arismendi, F. A., & Rodríguez Méndez, K. Y. (2023). *Evaluación de la calidad del agua en una producción de policultivos piscícolas en el municipio de Capitanejo – Santander* (Trabajo de grado para optar al título de Zootecnista). Universidad Industrial de Santander, Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia IPRED, Programa de Zootecnia.
- Pineda, S. H., Olivera, A. M., Urcuqui, I. S., Trujillo, B. E., & Builes, G. J. J. (2006). Evaluación del polimorfismo por microsatélites en individuos de *Piaractus brachypomus* (Characidae, Serrasalminae) provenientes del río Meta, Colombia. *Rev. Colom. Cienc. Pecua*, 19, 66-69.
- Poleo, G. (2011). Cultivo de cachama blanca en altas densidades y en dos sistemas cerrados. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 46, 429-437.
- Rakocy, J. E. (2002). An integrated fish and field crop system for arid areas. En B. A. Costa-Pierce (Ed.), *Ecological aquaculture: The evolution of the blue revolution* (pp. 263-285). Oxford: Blackwell Science.
- Rodríguez, L. (2023). Evaluación del rendimiento de filete y composición de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 15, 191-210. <https://doi.org/10.22490/21456453.6547>
- Silva-Acuña, A., & Guevara, M. (2002). Evaluación de dos dietas comerciales sobre el crecimiento del híbrido de *Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*. *Zootecnia Tropical*, 20, 449-459.
- Timmons, M. B., Ebeling, J. M., Wheaton, F. W., Summerfelt, S. T., & Vinci, B. J. (2002). *Recirculating aquaculture systems* (2ª ed.). New York: Cayuga Aqua Venture.
- Tunque Huamani, J. F. J. (2022). *Evaluación del efecto en los parámetros físico, químico y microbiológico del agua debido a la producción intensiva de trucha en jaulas flotantes en la laguna Choclococha - Huancavelica 2018* (Tesis de pregrado, Universidad Continental, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental). Huancayo.
- Valbuena-Villarreal, R., & Cruz-Casallas, P. (2006). Efecto del peso corporal y temperatura del agua sobre el consumo de oxígeno de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). *Orinoquia*, 10(1), 57-63