

Evaluación de la calidad del agua y crecimiento de tilapia roja (*Oreochromis* sp) y cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) en estanques de tierra en Arauca, Colombia

*Water quality assessment and growth of red tilapia (*Oreochromis* sp.) and white cachama (*Piaractus brachypomus*) in earth ponds in Arauca, Colombia*

Rafael Mauricio Cobos-Hernández^a; Hisnel Franco-Márquez^b, Jorge Enrique Rangel-Soto^b, Ingrid Berenice Florez-Villamizar^b

^a Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación, Servicio Nacional de Aprendizaje, rmcobos@sena.edu.co; hfrancom@sena.edu.co; irangels@sena.edu.co

^b Fundación Universitaria Los Libertadores, Ingridbflorez1@gmail.com

Corresponding author: cobosmauricio90@gmail.com

Submitted: Mayo 30, 2025. Accepted: Febrero 03, 2026.

Resumen

En Colombia los policultivos suponen una actividad económica importante para la seguridad alimentaria y el desarrollo rural, usándose en conjunto las especies tilapia roja (*Oreochromis* sp.) y cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), esto debido a su adaptabilidad a diferentes condiciones acuáticas. Tomando en cuenta la brecha de conocimientos en la relación a la calidad de agua y el desarrollo biométrico de peces, el presente estudio buscó determinar el índice de calidad del agua en el policultivo y su relación con el desarrollo óptimo de las especies mencionadas. Se realizaron 4 muestreos, de cada muestreo se recolectaron datos fisicoquímicos del agua y biométricos de 10 individuos. Se determinó que hubo diferencia significativa entre los 4 muestreos en términos de parámetros fisicoquímicos y biométricos, se calculó el índice condición de Fulton (K) donde la cachama con un mayor puntaje aporta robustez a la hipótesis de considerarse una especie resistente, la correlación de Spearman determinó que el DO, ORP, y pH afectan negativamente el desarrollo; por otra parte el índice de calidad de agua demostró una mejora progresiva considerable en el puntaje, siendo el muestreo 4 el de mejor calidad con puntaje aceptable. Se puede concluir que índices de calidad de agua aceptables mostraron una asociación directa positiva con un mejor desempeño biométrico, independiente de las especies.

Palabras clave: Biometría, Correlación, Fulton, Parámetros fisicoquímicos, Policultivo.

Abstract

In Colombia, polycultures are an important economic activity for food security and rural development, using together the species red tilapia (*Oreochromis* sp.) and white cachama (*Piaractus brachypomus*), this due to their adaptability to different aquatic conditions. Taking into account the knowledge gap in relation to water quality and biometric development of fish, the present study sought to determine the water quality index in polyculture and its relationship with the optimal development of the mentioned species. Four samples were taken, from each sample physicochemical data of the water and biometric data of 10 individuals were collected. It was calculated that there was a significant difference between the 4 samples in terms of physicochemical and biometric parameters, the Fulton condition index (K) was calculated where the cachama with a higher score contributes robustness to the hypothesis of considering a resistant species, the Spearman valuation determines that DO, ORP, and pH negatively affect development; On the other hand, the water quality index showed a considerable progressive improvement in the score, with sample 4 showing the best quality and an acceptable score. It can be concluded that acceptable water quality indices showed a direct positive association with better biometric performance, regardless of the species.

Keywords: Biometrics, Correlation, Fulton, Physicochemical parameters, Polyculture.

1. Introducción

La acuicultura ha experimentado un crecimiento significativo en Colombia, convirtiéndose en una actividad económica clave para el desarrollo rural y la seguridad alimentaria, compuesta principalmente por la piscicultura y la camaronicultura, esto es debido a la aceptación por parte de la población hacia la proteína animal acuática. Entre las especies más cultivadas se destacan la tilapia roja (*Oreochromis* sp.) junto a la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), debido a su adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales y su alto valor comercial [4, 22].

El éxito de los sistemas de cultivo depende en gran medida de la calidad del agua, ya que esta influye directamente en la salud, el crecimiento y la supervivencia de los organismos acuáticos (Gualdrón-Durán, 2018 & Correa-Agudelo, et al, 2023). Estudios recientes han demostrado que parámetros fisicoquímicos como la temperatura, el pH, el potencial de óxido-reducción (ORP) y el oxígeno disuelto (DO) son determinantes en el rendimiento de especies acuícolas [7, 20, 25].

A pesar de los avances en la investigación acuícola, existe una brecha de conocimiento en cuanto a la relación entre la calidad del agua y el crecimiento de especies como la tilapia roja y la cachama blanca en estanques de tierra en regiones específicas de Colombia, como Arauca. Esta región, caracterizada por su clima tropical y su potencial para la acuicultura, requiere estudios locales que permitan optimizar los sistemas de producción mediante la mejora del manejo técnico [4].

Por lo tanto, en el marco del proyecto de investigación aplicada de SENNOVA titulado Senapez: una estrategia integral de fortalecimiento y crecimiento sostenible de la piscicultura en la región de Arauca (SGPS del proyecto: SGPS-12024-2024), el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua y su influencia en el crecimiento de un policultivo de la tilapia roja y la cachama blanca en un estanque de tierra en la vereda La Panchera, Arauca, Colombia, con el fin de aportar información valiosa para el desarrollo de prácticas acuícolas más eficientes y sostenibles en la región.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la finca productiva "El Cielo", ubicada en la vereda La Panchera, área rural de Arauca, Colombia. Se utilizó un estanque de tierra de 63 m², característico de los sistemas de cultivo extensivo en la región. El diseño experimental incluyó la medición de parámetros fisicoquímicos del agua y el monitoreo del crecimiento de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) y cachama

blanca (*Piaractus brachypomus*) durante un período de cuatro meses.

2.2. Diseño experimental y material biológico

Se realizaron adecuaciones en el estanque, que incluyeron la remoción manual de malezas, el retiro de sólidos, el encalado y el llenado del cuerpo de agua por parte del productor. Posteriormente, el proyecto SENAPEZ brindó apoyo técnico y se inició el registro de parámetros fisicoquímicos. Las mediciones iniciales se realizaron con un multiparámetro Hanna HI98194, registrando "in situ" variables como temperatura (°C), pH, potencial de óxido-reducción (ORP, mV) y oxígeno disuelto (DO, mg/L) durante un período de 24 horas, con intervalos de 30 minutos. Tras la siembra de 80 alevinos de tilapia roja y 80 de cachama blanca, se llevó a cabo el primer muestreo siguiendo metodologías estandarizadas para la evaluación del crecimiento en peces [20]. Se registró el peso y la talla de 10 individuos de cada especie. Adicionalmente, el monitoreo de los parámetros fisicoquímicos del agua se replicó el día previo a cada muestreo biométrico, aplicando el mismo protocolo de 24 horas con mediciones cada 30 minutos, realizándose en total 4 muestreos.

Los datos recolectados fueron registrados en una matriz de Excel, en donde se realizó la normalización y limpieza de los datos, y se inició el análisis estadístico utilizando el software RStudio versión 3.4.2. Se aplicaron análisis univariados o descriptivos de los parámetros fisicoquímicos y de la biometría de los individuos. Además, se estimó el índice de condición de Fulton y se calculó un índice de calidad de agua. Finalmente, se llevaron a cabo análisis bivariados y multivariados con métodos no paramétricos dada la distribución no normal de los datos con el objetivo de encontrar relaciones entre la biometría del pez y la calidad del agua. Para todos los análisis estadísticos se consideró un nivel de significancia $p < 0.05$, el cual es menor al nivel de significancia alfa.

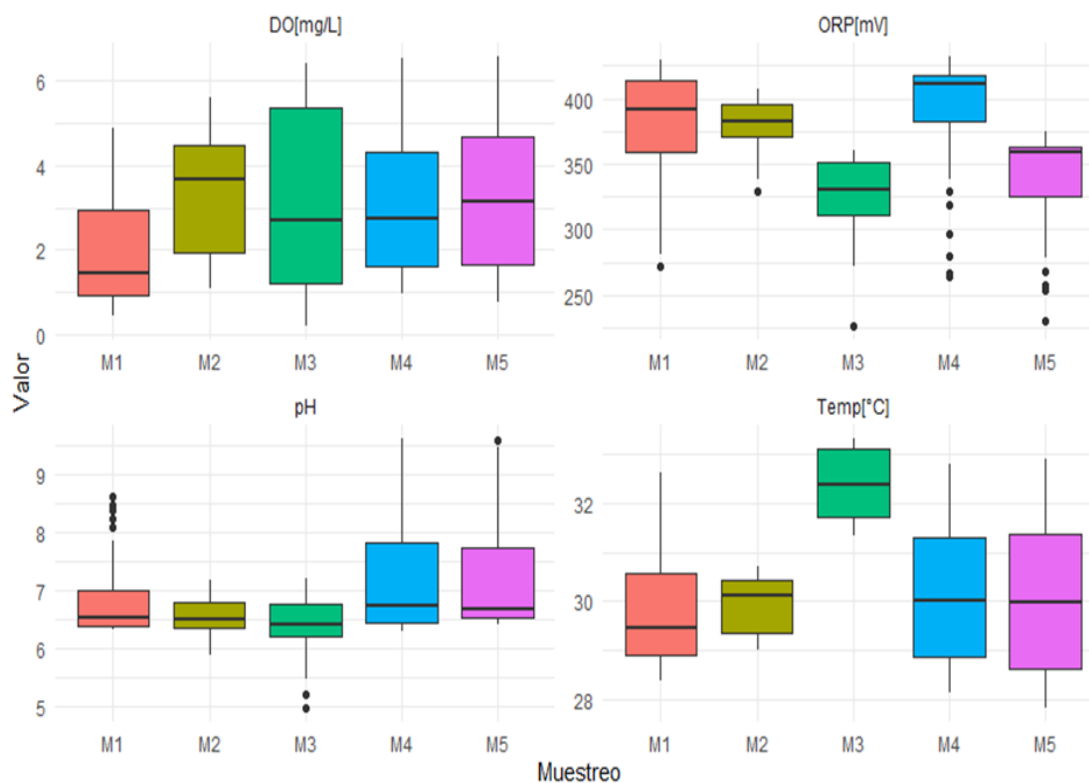
3. Resultados y discusión

En la tabla 1 y figura 1, se observa la distribución de los parámetros fisicoquímicos en cada muestreo; se observan valores bajos de DO(mg/L) en el muestreo 1 con ligero aumento para los muestreos subsecuentes, con respecto al potencial de óxido reducción (OPR mV) se mantiene en rangos estables y homogéneos, por otra parte, el pH presenta oscilaciones en rangos cercanos a la neutralidad. En el marco de la temperatura se encuentran variaciones de $\pm 3^{\circ}\text{C}$. Estas variabilidades indican diferencias en las condiciones ambientales generadas por temporadas de lluvia y sequía, presentadas durante los diferentes muestreos.

Tabla 1. Medias de parámetros fisicoquímicos por muestreo. Fuente: Autores.

Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5
DO (mg/L)	1.9	3.3	3.0	3.1	3.2

ORP (mV)	380	381	325	390	340
pH	6.8	6.5	6.4	7.2	7.2
Temp (°C)	29.8	29.9	32.4	30.1	30.0

**Figura 1.** Distribución de parámetros fisicoquímicos por muestreo. Fuente: Autores.

Se utilizó la prueba no paramétrica Kruskal Wallis, el cual permitió comparar si existen diferencias significativas entre los muestreos, el resultado indica que existen diferencias entre las variables en algunos de los muestreos DO[mg/L] $p = 7.05 \times 10^{-5}$, ORP[mV] $p = 2.71 \times 10^{-21}$, Temp[°C] $p = 1.48 \times 10^{-19}$, pH $p = 1.16 \times 10^{-7}$, por tal motivo se aplicó un análisis post-Hoc de Dunn con corrección de Bonferroni (el cual reduce el riesgo de errores tipo I o falsos positivos) para identificar cuál muestreo es distinto en términos de sus parámetros fisicoquímicos; se determinó, que la temperatura en el muestreo 3 fue diferente, en cuanto el pH se encontraron diferencias entre el M3 y M5 y el M2 y M4, el ORP mostró diferencias significativas en el M3, en cuanto al oxígeno disuelto el M1 fue significativamente diferente en comparación a los demás muestreos.

Se estimó la condición de Fulton (K), durante las 4 etapas de muestreo, este índice es un factor utilizado en estudios en peces para estimar la relación del volumen en relación con el peso, así como el grado de bienestar del mismo, si el índice es menor a 1 los peces se consideran malnutridos o delgados, si es mayor a 1 se consideran bien nutridos [3,18, 23]. En ese sentido en la figura 2 y figura 3 se observa la distribución del índice por especie, la mojarra tiene una distribución más pronunciada y asimétrica que la cachama cuya distribución es más uniforme, así mismo la mojarra tiene un promedio menor de K con respecto a la cachama, lo que indica que esta última tiene una mejor condición corporal, posteriormente se aplicó el test Mann-Whitney U donde el $p = 0.014$ confirma que sí existe una diferencia significativa entre ambas especies en términos de índice Fulton.

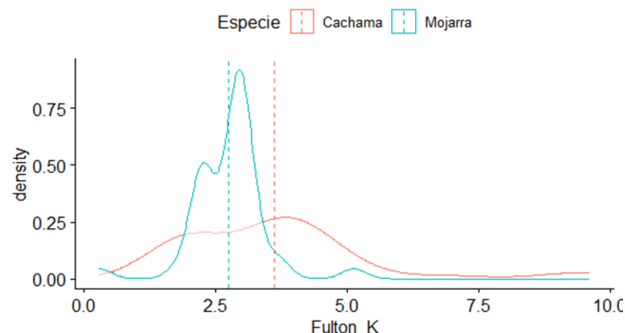


Figura 2. Distribución del índice Fulton (K) por especie (Diagrama de densidad). Fuente: Autores.

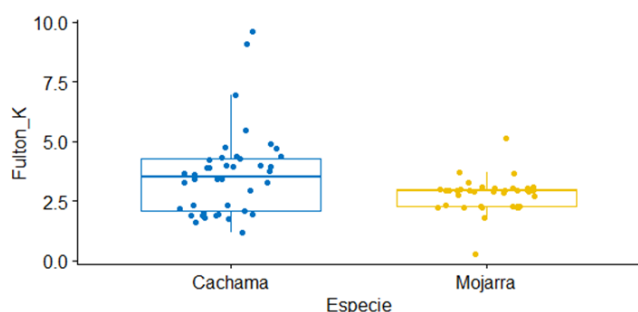


Figura 3. Distribución del índice Fulton (K) por especie. Fuente: Autores.

Para determinar qué parámetro fisicoquímico pudo afectar el índice Fulton de ambas especies se aplicó un análisis de correlación de Spearman, en la figura 4 se observa que el índice Fulton (K) tiene una correlación positiva fuerte con la temperatura, esto quiere decir que a mayor temperatura mayor índice Fulton (K), es decir, temperaturas cálidas favorecen la condición corporal de las especies, por otra parte se observa una correlación negativa con el DO, ORP y pH esto quiere decir que el aumento de estos parámetros afecta negativamente el desarrollo de ambas especies.

Con respecto a la correlación positiva de la variable temperatura, investigaciones [17, 19, 24] evidencian la adaptación de estas dos especies ícticas a temperaturas promedio de 30°C en ambientes tropicales, donde se favorece el metabolismo, la eficiencia alimentaria y la ganancia de peso, lo que se refleja en una mejor condición corporal de estos organismos ectotérmicos.

Por otra parte, el incremento de la temperatura influye negativamente sobre la solubilidad de oxígeno, potencial de óxido-reducción y pH del medio; por lo tanto, especies que no estén adaptadas al estrés generado por valores bajos de estas variables, presentan reducción significativa en su reproducción, aumento en la susceptibilidad a enfermedades y muerte por hipoxia [11]. Tanto la tilapia roja como la cachama blanca, son especies que están adaptadas a estas condiciones de estrés, por lo cual, son las especies predominantes en los estanques de producción de la región [4].

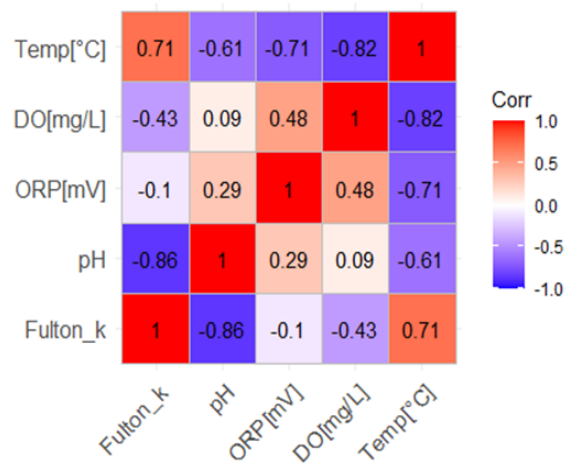


Figura 4. Análisis de correlación de Spearman de los parámetros fisicoquímicos. Fuente: Autores.

En las figuras 5 y 6 se observan que la mojarra presenta un peso y una talla más robusta en el muestreo 4 con respecto a la cachama, para determinar si la diferencia es significativa, se aplicó una prueba de ANOVA, ya que la distribución de los datos en términos biométricos es normal, con un $p < 0.001$ se encontró que existe una diferencia significativa en términos de peso y talla entre ambas especies. Es importante tomar en cuenta que estas diferencias pueden deberse a características específicas de cada especie, a la densidad poblacional e incluso factores climáticos.

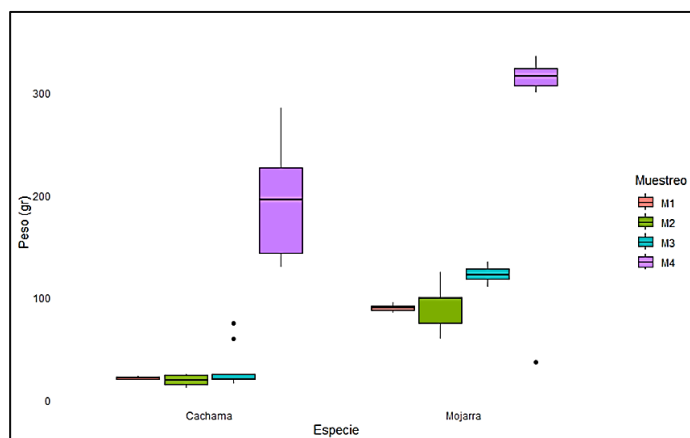


Figura 5. Peso de las especies durante los 4 muestreos. Fuente: Autores.

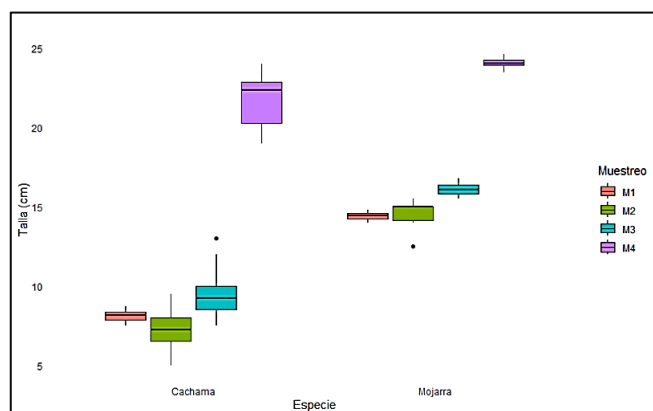


Figura 6. Talla de las especies durante los 4 muestreos. Fuente: Autores.

Los índices de calidad del agua I.C.A son un instrumento con valores numéricos que permite identificar el deterioro de un cuerpo de agua de acuerdo a determinados parámetros y al uso que se le aplicará al agua (Girardi, et al., 2018), estos índices son especialmente importantes en policultivos donde el establecimiento de las condiciones debería permitir rangos tolerables de diferentes parámetros para cada especie. Landwehr y Denninger [15] demostraron que el cálculo de los índices de calidad de agua mediante técnicas multiplicativas es superior a las aritméticas, es decir que son mucho más sensibles a la variación de los parámetros, reflejando con mayor precisión un cambio de calidad, el índice descrito es una adaptación del modelo Dinius por medio de interpolación según método Delphi, el cual tiene la característica de ser multiparamétrica, es decir se identifican variables de importancia a las que se le desarrollan curvas de función para determinar la variación de la calidad causada por el nivel que presenta cada una de las variables y posteriormente se les aplica un peso a cada una, indicando de esta manera la relevancia del parámetro con respecto a la calidad del agua. Se calculan los promedios de las valoraciones otorgadas método similar al usado por NSF [1, 14]. Los parámetros usados en el presente índice son los establecidos por ITALCOL, 2025 y los rangos de clasificación aplicable para pesca y vida acuática se muestran en la tabla 2.

Las variables utilizadas para el contexto piscícola del presente proyecto fueron temperatura, pH, sólidos totales disueltos y oxígeno disuelto, esto de acuerdo a estudios realizados por Luis, Chiepete [6] y León-Vizcaino [16]. sin embargo, las variables seleccionadas no representan un dogma y están sujetas al criterio del comité de expertos.

En la Tabla 3 se presentan los resultados de los puntajes del indicador de calidad del agua por cada muestreo, los resultados evidencian que en el primer y tercer muestreo, el agua fue clasificada como fuertemente contaminada, la cual es una condición inaceptable para la actividad pesquera, por otra parte el segundo muestreo indicó una clasificación de contaminada, si bien no es una condición ideal, permite la supervivencia o mejor desarrollo de especies resistentes, se destaca que en el muestreo final la calidad del agua mostró

una mejora significativa, alcanzando una clasificación de aceptable, la cual representa un límite tolerable para especies sensibles, una posible explicación a estos resultados de mejora creciente en el puntaje de calidad del agua, puede ser la disminución de cargas contaminantes por procesos naturales de autorregulación o al momento de realización del muestreo, así como a las medidas de manejo que se implementaron a lo largo del estudio.

Tabla 2. Índices de calidad del agua I.C.A [10]

Rango	Clasificación	Descripción
70-100	Excelente	Pesca y vida acuática abundante.
60-70	Aceptable	Límite para peces muy sensibles.
50-60	Ligeramente Contaminada	Dudosa la pesca sin riesgos de salud.
40-50	Contaminada	Vida acuática limitada a especies muy resistentes.
30-40	Fuertemente Contaminada	Inaceptable para actividad pesquera.
0-30	Excesivamente Contaminada	Inaceptable para vida acuática.

Si bien la calidad del agua es importante en el desarrollo de los peces, debido a que estos realizan intercambio de gases por difusión directa entre la sangre y el agua por medio de las branquias, en ese sentido un medio acuático con parámetros inapropiados afecta directamente su salud, diversos estudios han determinado que la cachama es reconocida en el medio piscícola como una especie con rápida tasa de crecimiento y tolerancia a enfermedades, mala calidad del agua y condiciones ambientales diversas [2, 9] esto respalda los resultados del presente estudio pues la Cachama tuvo mejor datos biométricos en los muestreos donde la calidad de agua estuvo comprometida.

Finalmente, se evaluó la relación entre el peso y la talla del pez con respecto a la calidad del agua. Tomando en cuenta que la variable calidad del agua se encuentra en una escala cualitativa ordinal, las categorías fueron codificadas numéricamente manteniendo su orden jerárquico y permitiendo el análisis de asociaciones o tendencias monotónicas entre las variables, sin asumir que exista causalidad.

Tabla 3. Índices de calidad del agua I.C.A. Fuente: Autores.

Muestreo	Puntaje indicador calidad del agua	Clasificación calidad del agua
Primer	34.7	Fuertemente contaminada
Segundo	40.2	Contaminada
Tercer	39.2	Fuertemente contaminada
Cuarto	52.3	Ligeramente contaminada
Quinto	64.7	Aceptable

La codificación se realizó de la siguiente manera: fuertemente contaminada (1), contaminada (2), ligeramente contaminada (3) y aceptable (4), estos valores crecientes representan una mejora progresiva en la calidad del agua. Es importante destacar que la asignación numérica no implica que las distancias entre categorías sean equidistantes, solo permite ordenar las observaciones para el análisis de asociación.

Posteriormente, se aplicó un análisis de correlación de Pearson con fines exploratorios con el objetivo de evaluar dirección y fuerza de la asociación, determinándose una correlación positiva moderada entre la calidad del agua y el peso ($r = 0.66$), así como entre la calidad del agua y la talla ($r = 0.70$) (Figura 7). Estos resultados sugieren que inherente a la capacidad de resistencia de una especie, las mejoras en la calidad del agua tienen un efecto favorable sobre el desarrollo óptimo biométrico del pez.

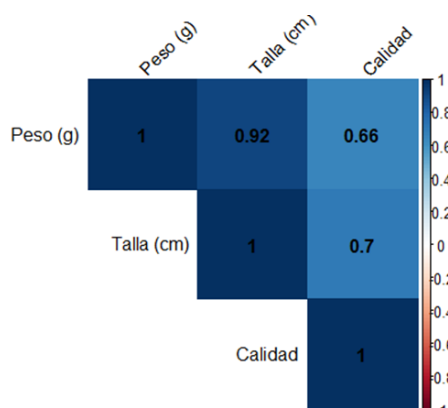


Figura 7. Correlación de Pearson talla, peso y Calidad del agua. Fuente: Autores

4. Conclusiones

Es importante que se genere un seguimiento eficaz de los índices de calidad de agua, pues si bien se puede asociar que la variación en los puntajes de la calidad del agua del presente estudio se pudieron deber momentos pocos favorables para muestreo como la época de lluvia, es evidente que una calidad de agua aceptable facilita un entorno más favorable para el crecimiento óptimo de los individuos así como para mantener estándares apropiados en términos de sostenibilidad en la productividad pesquera y biodiversidad acuática.

La principal limitación estadística del presente estudio fue el tamaño muestral ($n = 10$ individuos por especie). Además, la investigación se llevó a cabo en un único estanque de tierra, por lo tanto, limita la extrapolación estadística de los datos generados.

Pese a la alteración en términos de calidad del agua por la fuente externa, los hallazgos contribuyen al entendimiento de la interacción entre calidad de agua y biometría, así como, el manejo apropiado de policultivos en ambientes acuáticos tropicales.

Agradecimientos

Agradecemos al Servicio Nacional de Aprendizaje, a su ecosistema Sennova, así como al grupo de investigación Giisata por el apoyo a los proyectos de investigación que permiten generar información pertinente para la mejora de los procesos productivos en el departamento de Arauca.

References

- [1] Ball, R.O., & Church, R.L. (1980). Water Quality Indexing and Scoring. *Journal of the Environmental Engineering Division*, 106, 757-771.
- [2] Benavides, C. A., & Daza, Y. C. (2020). Evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en agua de un sistema acuapónico para la producción de cachama blanca (*Piaractus brachipomus*), fresa (*Fragaria vesca*) y albahaca (*Ocimum basilicum*) en la Fundación Universitaria de Popayán [Trabajo de grado, Fundación Universitaria de Popayán]. Fundación Universitaria de Popayán.
- [3] Bonilla-Flórez, J. A., Mayer, P., Estruch-Fuster, V. D., & Jover-Cerdá, M. (2017). Cambios en el índice de condición y relación longitud-peso durante el ciclo de crecimiento de la dorada (*Sparus aurata* L.) en jaulas marinas. *AquaTIC*, (47), 20-31.
- [4] Burgos-Cañas, D., Correa-Núñez, A. C., & Piza-Jerez, A. C. (2024). Estudio de mercado de alevinos en el departamento de Arauca como estrategia de fortalecimiento de la acuicultura. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 27(2). <https://doi.org/10.31910/rudeca.v27.n2.2024.2726>
- [5] Casas, D. 2008. Sistema de recirculación de agua para la cría intensiva de cachama blanca (*Piaractus brachipomus*). Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Cabudare-Venezuela. Universidad Centroccidental. 1-97. Consultado el 17 de junio de 2015.

- [6] Chipepe, L., et al. (2021). Evaluation of the Main Physical and Chemical Water Quality Parameters for Tilapia Production. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 30(4), 12-22.
- [7] Correa Agudelo, L., Ramírez Guerra, A., Pérez-García, J., & Arango Vacares, F. J. (2023). Estatus sanitario en pequeños sistemas productivos piscícolas de tilapia en el municipio de San Carlos, Antioquia. *Ciencia Y Tecnología Agropecuaria*, 24(2). https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num2_art:2776
- [8] Cortés, S., & Pérez, M. (2021). Formulación de un índice de calidad del agua (ICA) a partir de parámetros fisicoquímicos. Estudio de caso: Río Bogotá (Periodo 2010-2020). Universidad del Bosque. Bogotá.
- [9] Eslava, P. (2009). Principales Problemas Sanitarios de Peces de Aguas Cálidas de Colombia: Aproximación a la Situación Sanitaria de la Piscicultura Comercial. *Revista Electrónica de Ingeniería En Producción Acuicola*, 4(4), 1-18. <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/reipa/issue/view/197>
- [10] Girardi, C., González, F., Jara, S., Charte, R., Elorrieta, M., Sanchis, E., Arancibia, A., & Castillo, I. (2018). Metodología de construcción de índice de calidad para aguas superficiales. Chile.
- [11] González-Hernández, R., & Méndez, S. (2020). Effect of temperature, pH, salinity and dissolved oxygen on fishes. *Journal of Aquatic Biology*. Recuperado de <https://www.jspae.com/index.php/jzs/article/view/198>
- [12] Gualdrón-Durán, L. (2018). Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros fisicoquímicos y biológicos. *Dinámica Ambiental*, 83-102. <https://doi.org/10.18041/2590-6704/ambiental.1.2016.4593>
- [13] Instituto Colombiano Agropecuario. (2024). Acuicolas. Instituto Colombiano Agropecuario. Recuperado el 24 de marzo de 2025, de [https://www.ica.gov.co/getdoc/b082c759-18c7-47da-bed6-0ebe76b48fe0/acuicolas-\(1\).aspx](https://www.ica.gov.co/getdoc/b082c759-18c7-47da-bed6-0ebe76b48fe0/acuicolas-(1).aspx)
- [14] Kummar, D. y Alappat, B., (2009). NSF-Water Quality Index: Does It Represent the Experts Opinion? *Pract. Period. Hazard. Toxic Radioact. Waste Manage.* 2009.13:75-79.
- [15] Landwehr, J. and Denninger, R. (1976). Comparison of several water quality indices. *Water Pollution Control Fed.*, 48(5), 954-958.
- [16] León-Vizcaino, L. F. (1998). Índices de calidad del agua (ICA), forma de estimarlos y aplicación en la cuenca Lerma-Chapala. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Cuernavaca, Morelos, México.
- [17] López-Gómez, A., & Torres, P. (2021). Influencia del peso corporal y de la temperatura del agua sobre el consumo de oxígeno de la cachama blanca. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. Recuperado de <https://revistas.udea.edu.co/index.php/rccp/article/view/323954>
- [18] Martínez, L. (1987). Métodos de evaluación, control y racionamiento en la alimentación práctica. Alimentación en Acuicultura. Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica. Madrid: Espinoza y Labarta Editores.
- [19] Pérez-González, M., & Rodríguez, F. (2017). Effects of water physico-chemical parameters on tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth in earthen ponds. *Aquaculture Research*. Recuperado de <https://fas.biomedcentral.com/articles/10.1186/s41240-017-0075-7>
- [20] Piza-Jerez, A. C., Álvarez-Rubio, N. C., & Correa-Núñez, A. C. (2024). Buenas Prácticas de Producción Acuicola (BPPA). Una herramienta para el fortalecimiento de la acuicultura en el departamento de Arauca. Federación Colombiana de Acuicultores Fedecauca. Bogotá, Colombia. ISBN digital: 978-958-5521-06-3
- [21] Quadros, D., & Bolini, H. (2015). Biometric characterization, proximate composition, and fillet yield and waste of serra spanish mackarel (*Scomberomorus brasiliensis*). *Boletim do Instituto de Pesca*, 41, 877-888.
- [22] Ríos-Pulgarín, M., Jiménez-Segura, L., & Taborda, A. (2023). Pesca y acuicultura en Colombia.
- [23] Santoyo Telles, F., Mariscal Romero, J., Gómez Galindo, C., & Gutiérrez Pulido, H. (2019). Relaciones talla-peso y factor de condición de la tilapia *Oreochromis niloticus* en cinco cuerpos de agua del estado de Jalisco, México. *CIBA Revista Iberoamericana De Las Ciencias Biológicas Y Agropecuarias*, 8(16), 82-105. <https://doi.org/10.23913/ciba.v8i16.92>
- [24] Smith, J. D., & Nguyen, T. Q. (2024). Temperature and feeding frequency: interactions with growth, immune response, and water quality in juvenile Nile tilapia. *Journal of Fish Physiology*. Recuperado de <https://bmcvetres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12917-024-04366->
- [25] Torres Borja, L. D., Rangel Soto, J. E., & Franco Márquez, H. (2024). Evaluación de parámetros fisicoquímicos del agua en producción de cachama blanca (*Piaractus brachipomus*) en estanques de tierra en Arauca, Colombia. *Revista Semilla Del Este*, 5(1), 27-43. <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v5n1.6069>