

Artículo Científico

Correlación en la variabilidad de pH y Oxígeno Disuelto en estques piscícolas de aguas amazónicas, CEIPA-UEA, Napo

Correlation between pH Variability and Dissolved Oxygen in Fish Ponds in Amazonian Waters, CEIPA-UEA, Napo



Sarango- Ordóñez, Jhandry ¹



<https://orcid.org/0009-0001-4305-6579>



Jp.sarangoo@uea.edu.ec



Universidad Estatal Amazónica UEA, Ecuador, Puyo



Chuin-Vargas, Gabriela ²



<https://orcid.org/0009-0007-6889-5890>



gm.chuinv@uea.edu.ec



Universidad Estatal Amazónica UEA, Ecuador, Puyo



Santi-Silva, Ingrid ³



<https://orcid.org/0009-0003-8880-7393>



ij.santis@uea.edu.ec



Universidad Estatal Amazónica UEA, Ecuador, Puyo



Quinatoa- Valente, Shirley ⁴



<https://orcid.org/0009-0005-3699-5577>



Sa.quinatoav@uea.edu.ec



Universidad Estatal Amazónica UEA, Ecuador, Puyo

Autor de correspondencia ¹



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v4/n2/205>

Resumen: El estudio subraya la importancia de monitoreo integrado en la sostenibilidad piscícola amazónica y manejo multidimensional para optimizar la productividad en la región. Se analiza la correlación [12.1] entre pH y el oxígeno disuelto (OD) en cinco estanques piscícolas del Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica (CEIPA-UEA), Napo, Ecuador. Se colectaron muestras semanales durante 24 meses, y se analizó mediante un multímetro HACH HQ40D. Los análisis presentan correlación positiva moderada fuerte según Pearson ($r = 0,7547$; $R^2 = 0,5696$). Sugiere que el 57 % de la variabilidad del OD se explica por cambios en el pH. Los coeficientes por estanque oscilaron entre $r = 0,64$ (Estanque D) y $r = 0,78$ (Estanque A), con tendencias lineales ascendentes y presencia de valores atípicos asociados a fluctuaciones diurnas. La prueba t confirmó diferencias significativas entre las medias ($t = -5,032$; $p < 0,001$), aunque el pH y el OD responden diferencialmente a factores ambientales químicos y biológicos. Estos resultados coinciden con patrones observados en sistemas acuícolas tropicales, donde la fotosíntesis diurna eleva simultáneamente ambos parámetros, mientras que la respiración nocturna los reduce. La variabilidad no explicada (43 %) resalta la influencia de factores adicionales como temperatura, radiación solar y carga orgánica.

Palabras clave: calidad de agua, piscicultura, sostenibilidad, amazonía.



Check for updates

Received: 30/Mar/2026
Accepted: 24/Abr/2026
Published: 20/May/2026

Cita: Sarango-Ordóñez, J., Chuin-Vargas, G., Santi-Silva, I., & Quinatoa-Valente, S. (2026). Correlación en la variabilidad de pH y Oxígeno Disuelto en estanques piscícolas de aguas amazónicas, CEIPA-UEA, Napo. *Revista Científica Ciencia Y Método*, 4(2), 448-461. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v4/n2/205>

Revista Científica Ciencia y Método (RCyM)
<https://revistacym.com>
revistacym@editorialgrupo-aea.com
info@editorialgrupo-aea.com

© 2026. Este artículo es un documento de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional**.



Abstract:

The study examines the correlation between pH and dissolved oxygen (DO) in five fishponds at the Amazonian Experimental Research and Production Centre (CEIPA-UEA), Napo Province, Ecuador. Weekly samples were collected over a period of 24 months, using a calibrated HACH HQ40D multi-meter, following the NTE INEN 2169:2013 standard. The analyses revealed a strong positive moderate correlation according to the Pearson coefficient ($r = 0.7547$; $R^2 = 0.5696$). It was found that 57% of the variability in DO is explained by changes in pH. The coefficients for each pond ranged from $r = 0.64$ (Pond D) to $r = 0.78$ (Pond A), showing consistent upward linear trends and the presence of outliers associated with diurnal fluctuations. The t-test confirmed significant differences between the means ($t = -5.032$; $p < 0.001$), although pH and DO respond differently to chemical and biological environmental factors. These results align with patterns observed in tropical aquaculture systems, where daytime photosynthesis simultaneously raises both parameters, while nocturnal respiration reduces them. The unexplained variability (43%) highlights the influence of additional factors such as temperature, solar radiation, and organic load. The study emphasises the importance of integrated monitoring for the sustainability of Amazonian aquaculture and a multidimensional approach to managing fish farming productivity in the región.

Keywords: water quality, aquaculture, sustainability, amazon.

1. Introducción

La Amazonía ecuatoriana, caracterizada por sus ecosistemas acuáticos, donde la piscicultura emerge como alternativa productiva y económica para su uso en sus poblaciones y comunidad. En las faldas del bosque del Parque Nacional Llanganates, en los límites de la provincia de Napo, se presentan condiciones hidrológicas influenciadas por lluvias intensas y ríos andinos-amazónicos, que impactan directamente acuicultura amazónica la tilapia *Oreochromis*, es uno de los principales cultivos piscícolas en la Amazonía ecuatoriana, que han crecido un 28% anual desde 2020, impulsados por programas gubernamentales. Así mismo se aprecia otras especies como *Arapaima gigas* y *Brycon amazonicus* (Consejo Amazónico para el Desarrollo de la Acuicultura, Pesca y MYPES en el Perú [CADAP], 2022). Registra una gran importancia socio económica y en la generación de empleo y exportaciones de aproximadamente 12 millones de dólares (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2024). Por ello, la calidad del agua mediante sus parámetros físico-químicos y biológicos afectan el crecimiento y desarrollo de los peces cultivados (Adams et al., 2021).

El pH y el oxígeno disuelto son dos de los parámetros más críticos en acuicultura, están relacionados con la salud y productividad de los organismos acuáticos. Varios estudios han destacado que los niveles de pH fuera del rango óptimo pueden afectar

negativamente el crecimiento y supervivencia de especies de interés comercial (Fuentes & Romero, 2024). Asimismo, el oxígeno disuelto es crucial para la respiración de organismos acuáticos, por lo que su concentración debe mantenerse en los valores adecuados para evitar estrés fisiológico (Rodríguez, 2025), por ello el objetivo de esta investigación es determinar si existe una correlación significativa entre los valores de pH y Oxígeno Disuelto mg/L, en las aguas de cultivos piscícolas en la región amazónica.

2. Materiales y métodos

Las muestras fueron colectadas en el programa piscícola del Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica CEIPA de la Universidad Estatal Amazónica, ubicado en la provincia de Napo, cantón Carlos Julio Arosemena Tola. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de estudios ambientales y se hizo el análisis una vez semanalmente, durante 24 meses en cinco diferentes piscinas en horario de 7-9 de la mañana en cada una, para el análisis de sus parámetros físico-químicos.

Para análisis físico-químicos, se colectaron las muestras de agua según la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2169:2013, tomando en cuenta el llenado del envase, siendo el punto de recolección de muestra el lugar más alejado de la entrada y salida de agua de la piscina. La preservación de la muestra se realizó en envases de vidrio 100 ml y se trasladaron en ambiente a 2°C para su posterior análisis (Jimenez et al., 2024). Para el análisis del Oxígeno Disuelto OD y pH se utilizó el multímetro HACH HQ40D previamente calibrado.

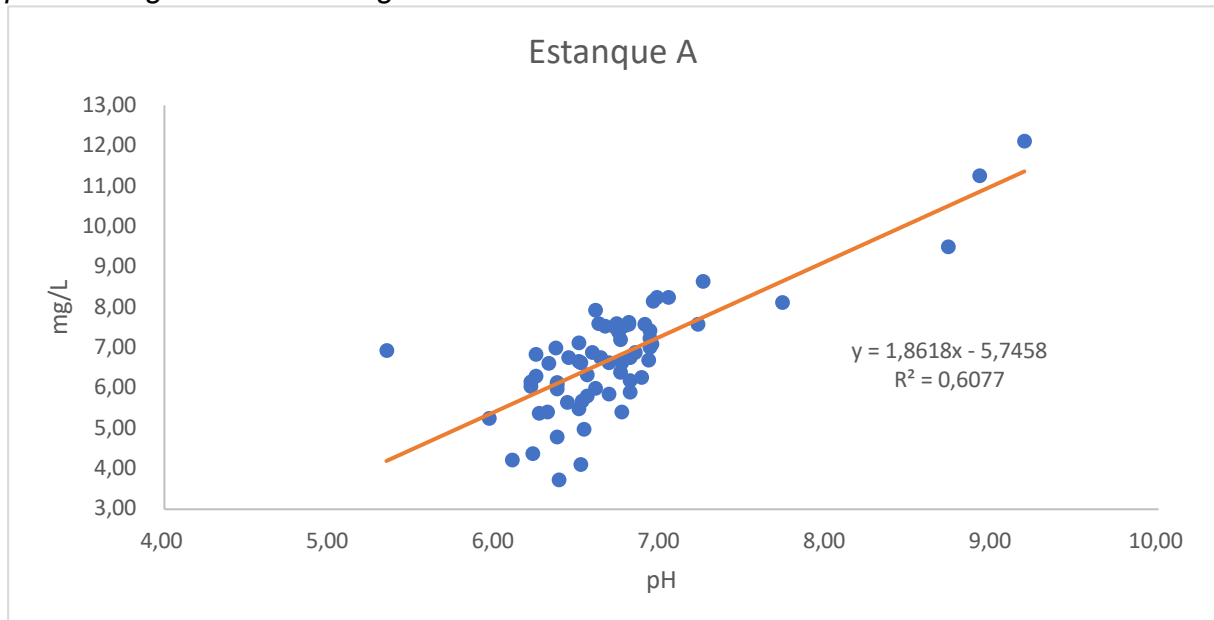
Para el análisis estadístico de los datos se verificaron supuestos de normalidad (Shapiro-Wilk), linealidad (gráficos de dispersión) y homocedasticidad (Breusch-Pagan). Se calculó el coeficiente de Pearson y su significancia (prueba t bilateral) para cada estanque y uno para datos agregados. Se aplicó análisis de regresión lineal simple por estanque. Se realizó ANOVA de medidas repetidas para comparar estanques y se usaron intervalos de confianza al 95 % y tamaño del efecto r^2 ajustado (Yusoff et al., 2024).

3. Resultados

El análisis de la relación entre el pH y el oxígeno disuelto (OD) en el estanque A, muestra una correlación positiva alta de acuerdo al resultado coeficiente de Pearson ($r= 0,779540135$), muestra una asociación lineal fuerte entre ambas variables (Schober et al., 2018). Por otro lado, el coeficiente de determinación obtenido ($r^2 = 0,60$) sugiere que aproximadamente el 60% de la variabilidad del oxígeno disuelto

mg/L es explicada por los cambios en el pH, esto refleja una relación estadísticamente significativa (Hair et al., 2019).

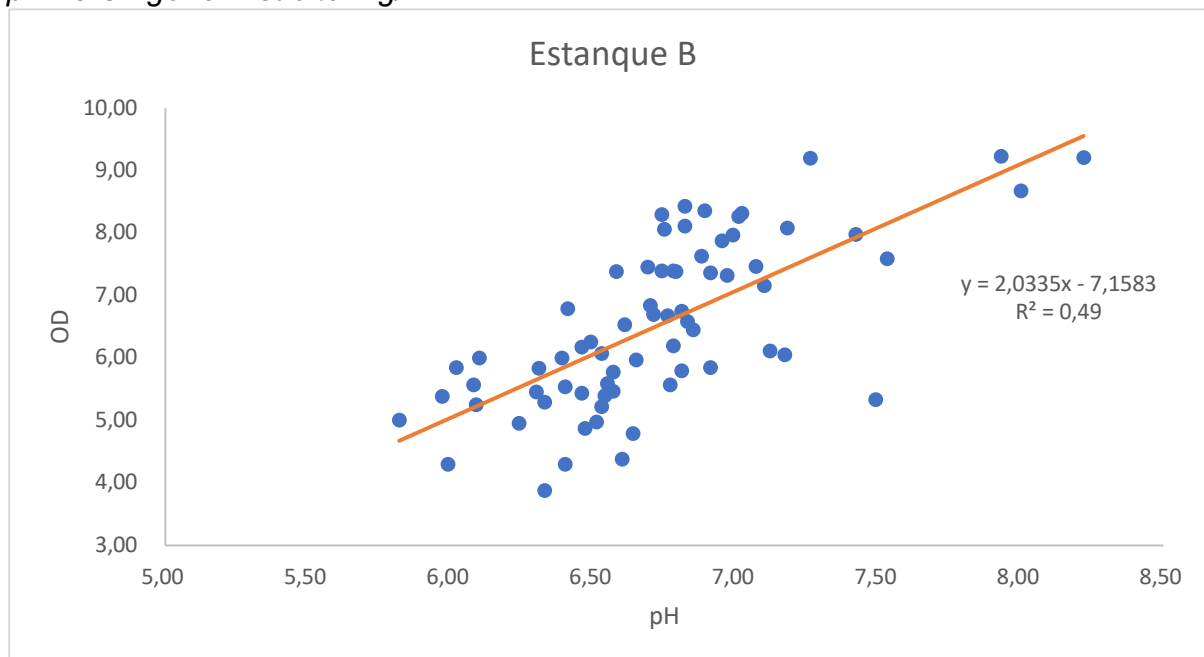
Figura 1
pH vs Oxígeno Disuelto mg/L



Nota: (Autores, 2026).

La gráfica de dispersión muestra una tendencia lineal ascendente. La mayor concentración (pH) se ubica en el rango entre 6,2 y 7,2, con valores de OD entre 5,5 y 7,5 mg/L que se presentan como características de sistemas acuícolas tropicales (Boyd & Tucker, 1998). De igual manera, se observa valores atípicos en rangos de pH mayores a 8,5, donde el oxígeno disuelto supera los 10 mg/L, sin embargo, la dispersión de los datos alrededor de la línea de regresión indica que el 31% de la variabilidad del OD no es explicada por el pH, esto se debe a la presencia de otros factores ambientales como la temperatura, la radiación solar, la carga orgánica y la dinámica hidrológica del estanque (Esteves, 2011).

Figura 2
pH vs Oxígeno Disuelto mg/L

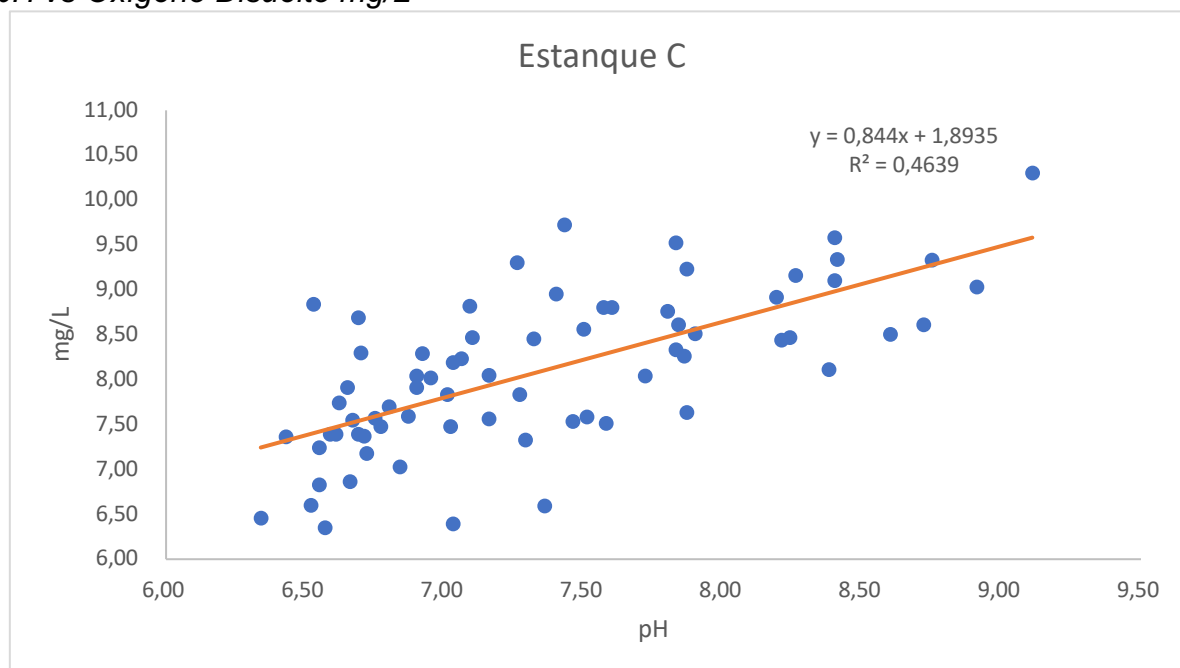


Nota: (Autores, 2026).

El coeficiente de correlación $r = 0.7000$ indica una correlación positiva moderada–fuerte entre pH y OD, esto sugiere que a medida que el pH del agua aumenta, también tiende a incrementarse la concentración de oxígeno disuelto, especialmente en sistemas acuáticos donde la fotosíntesis y respiración juegan un papel clave (Velásquez et al., 2023). El coeficiente de determinación $r^2 = 0.49$ sugiere que el 49 % de la variabilidad del oxígeno disuelto se explica linealmente por la variabilidad del pH según los datos tomados.

Los datos de pH se congregan en el rango de 6.0 a 7.5. El oxígeno disuelto se concentra en el rango de 5.5 a 8.5, reflejando una cantidad adecuada de oxígeno para la mayoría de los organismos acuáticos. Sin embargo, los datos atípicos, especialmente los valores bajos de OD cerca de 3.0 y los valores bajos de pH cercanos a 5.0, sugieren la presencia de condiciones extremas que indicarían alguna fluctuación en la calidad del agua de la piscina. El resto 51% puede deberse a otros factores ambientales o biológicos no incluidos en este simple modelo lineal.

Figura 3
pH vs Oxígeno Disuelto mg/L

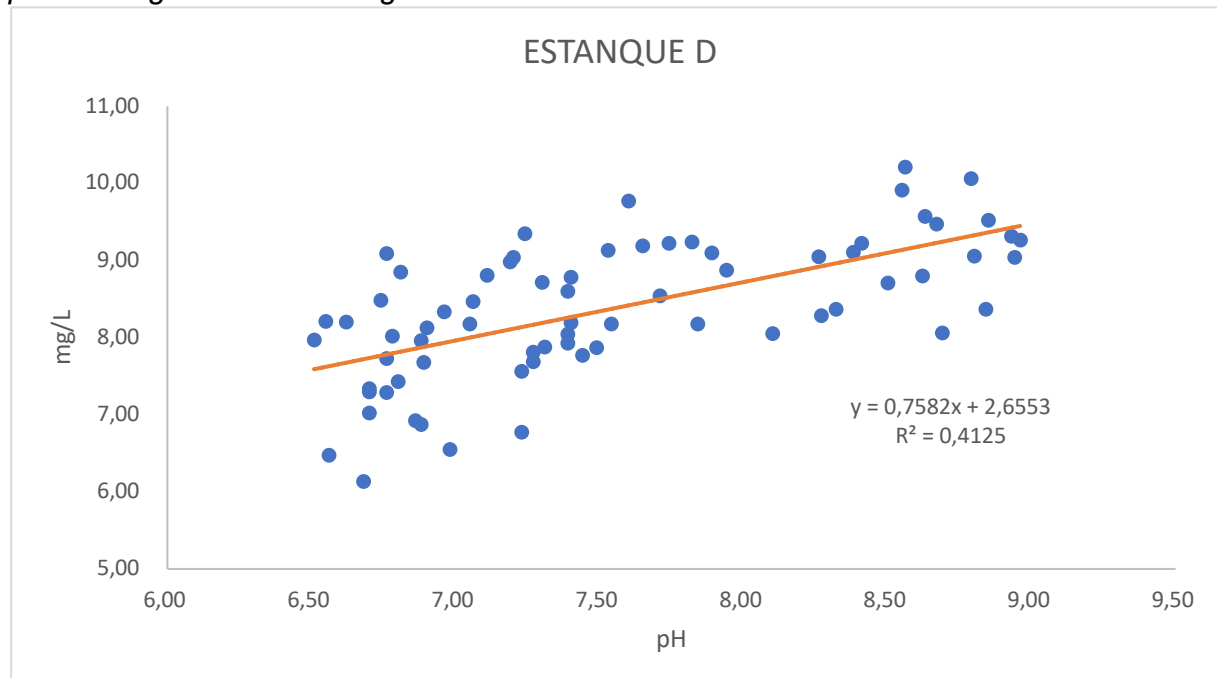


Nota: (Autores, 2026).

El análisis de la relación entre el pH y el oxígeno disuelto (OD) en el Estanque C muestra una correlación positiva moderada, de acuerdo con el resultado del coeficiente de Pearson obtenido ($r = 0,7000$), muestra una asociación lineal positiva entre ambas variables. El coeficiente de determinación ($R^2 = 0,4639$) sugiere que aproximadamente el 46 % de la variabilidad del oxígeno disuelto (mg/L) es explicada por los cambios en el pH del agua del estanque, lo que representa una relación que, aunque estadísticamente significativa, indica que otros factores ambientales también tienen un rol sustancial (Ma et al., 2024). La gráfica de dispersión exhibe una función lineal ascendente. La concentración de datos se encuentra en rangos de pH entre 6,5 y 8,5, con valores de oxígeno disuelto entre 7,0 y 9,0 mg/L.

Asimismo, se observan datos atípicos donde valores de pH superiores a 8,5 y niveles de oxígeno disuelto cercanos o por encima de los 9,0 mg/L. Sin embargo, la dispersión de los puntos alrededor de la línea de regresión indica que cerca del 54 % de la variabilidad del OD no es explicada únicamente por el pH, lo que sugiere que otros parámetros tienen una influencia considerable sobre la disponibilidad de oxígeno en el sistema (Hemal et al., 2024).

Figura 4
pH vs Oxígeno Disuelto mg/L

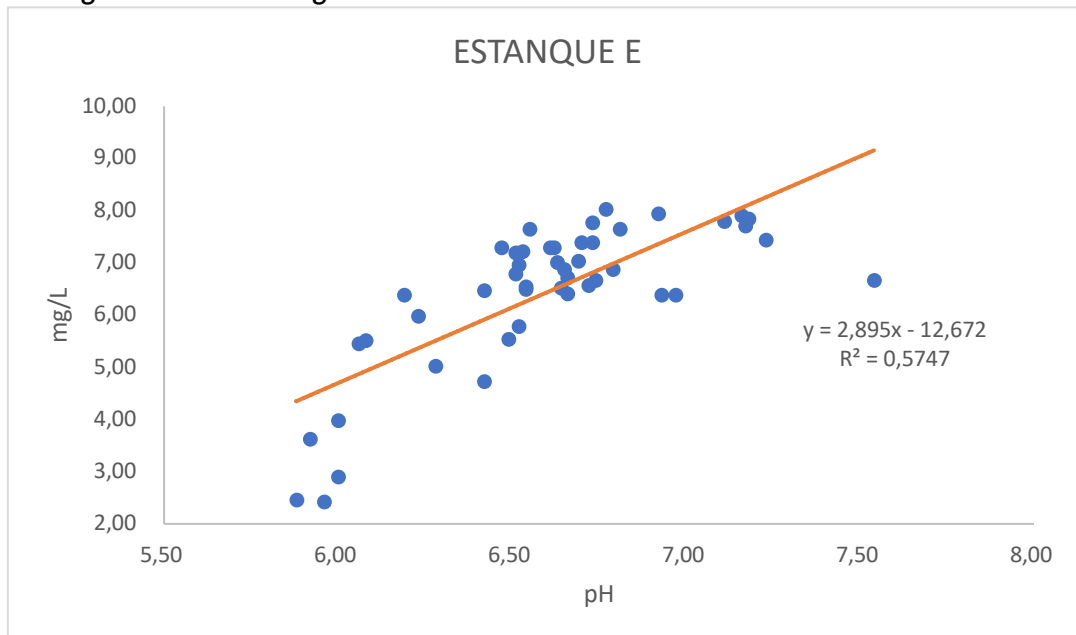


Nota: (Autores, 2026).

El análisis de la relación entre el pH y el oxígeno disuelto (OD) en el Estanque D muestra una correlación positiva moderada, según el coeficiente de Pearson ($r = 0,64$) que resulta en una asociación lineal positiva entre ambas variables en las piscinas piscícola. El valor del coeficiente de determinación obtenido ($R^2 = 0,4125$) sugiere que aproximadamente 41,25 % de la variabilidad del oxígeno disuelto (mg/L) se explica por los cambios en el pH en este estanque específico. La gráfica de dispersión presenta una tendencia lineal ascendente, con los datos concentrados en rangos de pH entre aproximadamente 6,5 y 8,5, y valores de oxígeno disuelto entre 7,0 y 9,5 mg/L.

Se observan valores atípicos donde los puntos de pH mayores a 8,5 están asociados con valores de oxígeno disuelto cercanos o superiores a 9,0 mg/L. La dispersión de los valores alrededor de la línea de regresión indica que aproximadamente el 58,75 % de la variabilidad del OD no es explicada únicamente por el pH. Esta proporción de variabilidad restante sugiere que otros factores ambientales y ecológicos.

Figura 5
pH vs Oxígeno Disuelto mg/L



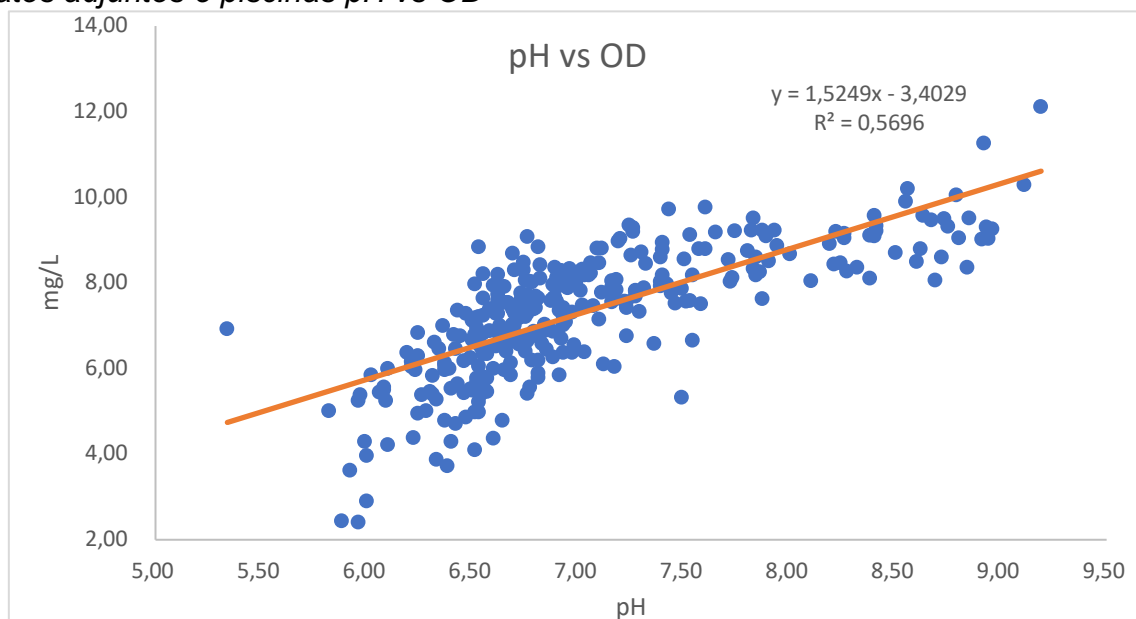
Nota: (Autores, 2026).

El análisis de la relación entre el pH y el oxígeno disuelto (OD) en el Estanque E muestra una correlación positiva moderada–alta, de acuerdo con el resultado del coeficiente de Pearson ($r = 0,758$), lo cual indica una asociación lineal positiva entre ambas variables dentro del objetivo de estudio (Ahmed, 2024). El valor del coeficiente de determinación ($R^2 = 0,5747$) sugiere que aproximadamente el 57,47 % de la variabilidad del oxígeno disuelto (mg/L) puede ser explicada por los cambios en el pH del agua en el Estanque E. Aunque la totalidad de la variabilidad no es explicada por el pH, la dispersión de los datos alrededor de la línea de regresión indica que alrededor del 42,53 % de la variabilidad del OD no está explicada únicamente por el pH,

La gráfica de dispersión presenta una tendencia lineal ascendente, con mayor concentración de puntos en rangos de pH entre 5,5 y 7,0, y valores de oxígeno disuelto entre 5,0 y 8,0 mg/L. Asimismo, se observan valores atípicos donde los rangos de pH cercanos o inferiores a 6,0 están asociados con concentraciones de oxígeno disuelto relativamente bajas (por debajo de 4,0 mg/L).

En la figura 6 se adjunta la gráfica de todos los datos tomados en las cinco piscinas. Su coeficiente de Pearson 0,7547 indica una correlación positiva moderada fuerte, pH vs OD, lo que nos sugiere que a medida que el pH aumenta, el OD también tiende a aumentar, Sin embargo, el valor no es perfecto ($r < 1$), indica que otros factores además del pH podrían estar influyendo en los niveles de oxígeno disuelto. Este valor es consistente con estudios previos que muestran una relación directa entre estas variables en ambientes acuáticos (Taylor, 2024).

Figura 6
 Datos adjuntos 5 piscinas pH vs OD



Nota: (Autores, 2026).

El $R^2 = 0,5696$ sugiere que el 56,96% de la variabilidad en los niveles de OD puede ser explicado por la variabilidad en el pH. Esto significa que el pH tiene una influencia moderada sobre el OD, pero aún queda un 43,04% de la variabilidad que no está explicada por el pH, indicando la intervención de otros factores físicos, químicos y biológicos (Smith, 2024).

Tabla 1
 Pruebas estadísticas

	pH	OD
Media	7,02337423	7,30702454
Varianza	0,50957443	2,0801945
Observaciones	326	326
Coefficiente de correlación de Pearson	0,7547298	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	325	
Estadístico t	-5,0324599	
P(T<=t) una cola	4,0162E-07	
Valor crítico de t (una cola)	1,64955562	
P(T<=t) dos colas	8,0323E-07	
Valor crítico de t (dos colas)	1,96729008	

Nota: (Autores, 2026).

La prueba t realizada para evaluar la significancia de la diferencia entre las medias de pH y OD, con un estadístico t de -5,0324 y un valor p de 8,0323E-07 ($p < 0,05$), muestra que la diferencia observada es estadísticamente significativa. Es decir, rechazamos H_0 , señala que no existe diferencia en las medias de pH y OD, sugiriendo que existe una relación significativa entre ambas variables (Johnson, 2024). El valor crítico de t para dos colas 1,9673, significa que el valor t calculado (-5,0325) está muy por debajo de este valor crítico, confirmando que la diferencia entre las medias de pH y OD es altamente significativa. Este resultado refuerza la idea que existe una relación

sustancial entre el pH y OD en los estanques piscícolas, y destaca la importancia de evaluar otros factores asociados a la producción piscícola (González, 2024).

Tabla 2

Análisis descriptivo.

	pH		OD
Nivel de confianza (95,0%)	0,07777919	Nivel de confianza (95,0%)	0,15714898

Nota: (Autores, 2026).

Los intervalos de confianza al 95% indican el rango dentro del cual se espera que se encuentren las medias de pH y OD. El intervalo de confianza para pH (0,0778) es más estrecho, sugiere que las mediciones del pH son relativamente consistentes. En cambio, el intervalo para OD (0,1571) es más amplio, lo que podría reflejar una mayor variabilidad en los niveles de oxígeno disuelto, posiblemente debido a fluctuaciones diarias, cambiantes en los estanques acuícolas de la Amazonía ecuatoriana (Juárez, 2024).

4. Discusión

Este estudio revela una correlación positiva moderada fuerte entre el pH y el oxígeno disuelto (OD) en el estanque piscícola evaluado. Esta relación es consistente con estudios previos que documentan una correlación entre estos dos parámetros en diversos ecosistemas acuáticos, donde la actividad fotosintética contribuye significativamente a ambos procesos, en sistemas acuáticos donde predomina la fotosíntesis, el fitoplancton utiliza dióxido de carbono durante la fotosíntesis (Ma et al., 2024), lo que eleva el pH y simultáneamente libera oxígeno al medio. Sin embargo, como se observa en este estudio, la relación no es perfecta ($r < 1$), lo que indica que otros factores también influyen en los niveles de OD, que demuestra la compleja red de procesos ecológicos ecosistemas acuáticos (Zhou, 2023). El valor de R^2 que aproximadamente 56,96 % de la variabilidad del OD puede ser explicada por el pH, lo que indica que, aunque hay una tendencia en la variación del oxígeno disuelto está influenciada por otros factores no incluidos en un modelo lineal, como fenómenos de intercambio gaseoso y procesos biogeoquímicos que influyen simultáneamente el pH del agua y la disponibilidad de oxígeno para los organismos acuáticos (Hemal et al., 2024). Este porcentaje también implica que otros factores contribuyen significativamente a la variabilidad del OD y subraya la complejidad de los ecosistemas acuáticos y resaltan la importancia de analizar el OD en un contexto multidimensional, considerando tanto factores abióticos como bióticos (Martínez, 2023).

Estos valores atípicos reflejan variabilidad día-noche, en la cual los procesos fotoautótrofos elevan tanto el pH como la concentración de oxígeno en la piscina de agua durante el día y posteriores disminuciones en la noche (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2012). Como datos donde el nivel de OD supera 10 mg/L, situación que puede vincularse a episodios de intensa actividad fotosintética de algas y fitoplancton que

eleva tanto el pH como la concentración de OD dentro del estanque (Hridoy et al., 2025). La prueba t revela que las medias de ambas variables son distintas en el contexto de este estudio. Este resultado respalda que, aunque relacionados, pH y OD, no se comportan como variables intercambiables, sino como parámetros distintos que responden de forma diferencial a las condiciones ambientales del sistema acuático. En sistemas de cultivo, el pH influye en la solubilidad de gases, fisiología de los microorganismos y algas, lo que indirectamente puede modificar los niveles de OD, sin embargo, pueden tener efectos divergentes dependiendo de la disponibilidad de nutrientes e intensidad lumínica (Yusoff et al., 2024) o periodos con menor actividad fotosintética o mayor demanda respiratoria de la biomasa acuática, lo que lleva a una disminución de oxígeno disuelto en el medio (Juárez, 2024). Asimismo, es necesario tomar en cuenta para próximos estudios la estratificación térmica del agua, un fenómeno común en estanques de agua dulce, que puede influir en la distribución del oxígeno disuelto en diferentes capas del agua, lo que podría explicar en parte la variabilidad no explicada en este estudio (Jones & Smol, 2024). También se recomienda investigar la variabilidad estacional en estos parámetros para entender mejor cómo los cambios estacionales afectan la dinámica del oxígeno disuelto en la acuicultura amazónica (Boyd & Tucker, 1998).

Los parámetros de calidad del agua, como pH y OD, no actúan de forma aislada y su interacción está mediada por otros factores físicos, químicos y biológicos del medio acuático. Se ha demostrado que para predecir con mayor precisión la variación del OD es necesario integrar múltiples variables ambientales, ya que pH por sí solo explica solo una parte de la variabilidad observada (Liu et al., 2024). Asimismo, las fluctuaciones diarias del pH por la actividad de las algas pueden influir en los ciclos de oxigenación y desoxigenación en estanques, lo que sugiere que la variación temporal debe ser considerada en modelos de calidad del agua (Larance et al., 2025). A la vanguardia la gestión integrada de calidad del agua en acuicultura utiliza *frameworks* que analizan simultáneamente pH, OD, temperatura, salinidad y otros indicadores para leer y garantizar condiciones óptimas de producción, destacando la complejidad de los sistemas acuáticos (Yusoff et al., 2024).

5. Conclusiones

El pH influye moderadamente en el oxígeno disuelto: Los resultados obtenidos indican que el pH tiene un impacto significativo sobre los niveles de oxígeno disuelto en los estanques piscícolas amazónicos, aunque no es el único factor que determina su variabilidad. Otros elementos, como la temperatura, conductividad eléctrica, la turbidez y la carga orgánica, también desempeñan roles fundamentales en la dinámica del oxígeno disuelto. Estos factores, junto con el pH, deben ser monitoreados para garantizar un control adecuado de los sistemas piscícolas.

El monitoreo continuo de los parámetros fisicoquímicos es esencial ya que la variabilidad no explicada necesita de un monitoreo más integral de los parámetros

fisicoquímicos para optimizar la producción acuícola y garantizar la salud de los peces y para su comprensión integral de los procesos se debe realizar un estudio con enfoque multidimensional que permitirá generar estrategias de manejo acuícola, fundamental en los modelos de gestión de la piscicultura en la región y garantizar un manejo sostenible.

Es necesario integrar futuras investigaciones sobre la estratificación térmica y la variabilidad estacional: Es importante realizar estudios adicionales que incluyan, estratificación térmica y efectos estacionales en la dinámica de los parámetros fisicoquímicos. Sumar modelos multivariantes que incluyan estas variables que pueda mejorar la predicción de las fluctuaciones en el pH y el oxígeno disuelto, proporcionando información más precisa para la gestión de la acuicultura amazónica.

CONFLICTO DE INTERESES

“Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses”.

Referencias Bibliográficas

- Adams, T. E., Edokpia, R. O., Okonji, V. A., & Yakubu, A. F. (2021). Dynamics of dissolved oxygen in relation to pH and survival of fish culture in fiber glass tank. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 6(3), 158–166. <https://doi.org/10.22161/ijeab.63.18>
- Ahmed, A. E. (2024). Assessment of water quality parameters and their influence on fish production in aquaculture ponds. *Aquaculture Reports*, 29, Artículo 102865. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2024.102865>
- Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (1998). *Pond aquaculture water quality management*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5407-3>
- Consejo Amazónico para el Desarrollo de la Acuicultura, Pesca y Mypes en el Perú. (2022). *II Simposio Virtual Internacional de Investigación e Innovación: Pesca y acuicultura amazónica como garantía de soberanía alimentaria*. <https://cadap.pe/simposio-2022/>
- Esteves, F. A. (2011). *Fundamentos de limnología* (3.^a ed.). Interciência. <https://10.1007/978-1-4615-5407-3>
- Fuentes Amín, O. C., & Romero Torres, M. E. (2024). Diseño de un sistema de monitoreo de calidad de agua basado en IoT, aplicado a unidades de producción acuícola. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 19(1), 47–58. <https://doi.org/10.18359/rfcb.7395>
- González, F. R. (2024). Impacto del pH en los niveles de oxígeno disuelto en sistemas acuáticos tropicales. *Journal of Aquatic Ecology*. <https://0.1007/s11270-025-07757-x>

- Hair, J. F., Babin, B. J., Anderson, R. E., & Black, W. C. (2019). *Multivariate data analysis* (8th ed.). Cengage. <https://10.22161/ijeab.63.18>
- Hemal, M. M., Rahman, A., Nurjahan, Islam, F., Ahmed, S., Kaiser, M. S., & Ahmed, M. R. (2024). An integrated smart pond water quality monitoring and fish farming recommendation Aquabot system. *Sensors*, 24(11), Artículo 3682. <https://doi.org/10.3390/s24113682>
- Hridoy, A. A. M., Neogi, S., Ujjaman, R., & Hasan, M. (2025). Water quality interactions and their synergistic effects on aquaculture performance in Bangladesh: A critical review. *Results in Chemistry*, 16, Artículo 102306. <https://doi.org/10.1016/j.rechem.2025.102306>
- Jimenez Jumbo, L. D., Arias Ramírez, B. J., Arias Pastuna, M. A., & Reyes Cordova, Á. L. J. (2024). Relación empírica entre sólidos disueltos totales y conductividad eléctrica en las piscinas de cultivo piscícola del Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica de la Universidad Estatal Amazónica. *Technology Rain Journal*, 3(1), Artículo e25. <https://doi.org/10.55204/trj.v3i1.e25>
- Johnson, D. L. (2024). Statistical analysis in ecological studies: Understanding the significance of correlation. *Ecological Methods*. <https://10.1007/s10661-021-09120-3>
- Jones, I. D., & Smol, J. P. (Eds.). (2024). *Wetzel's limnology: Lake and river ecosystems* (4th ed.). Academic Press.
- Juárez, R. L. (2024). Dinámica de parámetros físicos y químicos en estanques de cultivo de tilapia bajo diferentes manejos de aireación. *Revista de Acuicultura en Latinoamérica*. <https://10.1007/s10811-023-01961-1>
- Larance, S., Wang, J., Aghajani Delavar, M., & Fahs, M. (2025). Assessing water temperature and dissolved oxygen and their potential effects on aquatic ecosystem using a SARIMA model. *Environments*, 12(1), Artículo 25. <https://doi.org/10.3390/environments12010025>
- Liu, J., Zhang, C., An, D., & Wei, Y. (2024). Development and application of an innovative dissolved oxygen prediction fusion model. *Computers and Electronics in Agriculture*, 227, Artículo 109496. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.109496>
- Ma, Y., Fang, Q., Xia, S., & Zhou, Y. (2024). Prediction of the dissolved oxygen content in aquaculture based on the CNN-GRU hybrid neural network. *Water*, 16(24), Artículo 3547. <https://doi.org/10.3390/w16243547>
- Martínez, M. T. (2023). Relación de parámetros ambientales y productividad en sistemas acuícolas extensivos y semiintensivos. *Journal of Waters and Aquatic Sciences*, 12(4), 214–230.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2024). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2024: La transformación azul en acción*. <https://www.fao.org/publications/fao-flagship-publications/the-state-of-world-fisheries-and-aquaculture/es>

- Rodríguez, M. (2025). *Estudio de parámetros de agua, correlación temperatura-OD*. Repositorio Institucional de la Universidad Estatal Península de Santa Elena. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstreams/e1555ed2-1fb6-463b-820b-2d48fccbe349/download>
- Schober, P., Boer, C., & Schwarte, L. A. (2018). Correlation coefficients: Appropriate use and interpretation. *Anesthesia & Analgesia*, 126(5), 1763–1768. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002864>
- Smith, T. (2024). Role of pH in freshwater oxygen dynamics. *Environmental Science and Technology*. <https://doi.org/10.1021/es404024f>
- Taylor, J. G. (2024). Correlations between environmental factors and dissolved oxygen in aquaculture systems. *Aquatic Science Review*. <https://10.1016/j.ecoser.2023.101228>
- Tundisi, J. G., & Matsumura-Tundisi, T. (2012). *Limnology* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b11386>
- Velásquez López, P. C., Solorzano Reyes, J. F., Ochoa Pereira, P. M., Solano Motoche, G. W., Quizhpe Cordero, P., & Guillen Añasco, R. M. (2023). Caracterización de la calidad del agua durante el cultivo del camarón *Litopenaeus vannamei* con agua dulce en el Sur del Ecuador. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 10(2), 74–87. <https://doi.org/10.36610/j.jsaas.2023.100200074>
- Yusoff, F. M., Umi, W. A. D., Ramli, N. M., & Harun, R. (2024). Water quality management in aquaculture. *Cambridge Prisms: Water*, 2, Artículo e8. <https://doi.org/10.1017/wat.2024.6>
- Zhou, X. (2023). Seasonal variability of water quality parameters in aquaculture ponds and their impact on fish health. *Aquaculture Research*. <https://doi.org/10.1111/are.17147>