



Calidad de agua y parámetros productivos del cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) gris en estanque de tierra

Water quality and production parameters of gray tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultivation in earth pond

L. Y. Delgado-Santillán*; Milton Trigoso; Gerardo C. Mamani M.; Leonardo Mendoza; Robert De La Cruz

Facultad de Ingeniería Zootecnista, Agronegocios y Biotecnología, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas, Amazonas, Perú.

* Autor corresponsal: L. Y. Delgado-Santillán [lenin.delgado@untrm.edu.pe | <https://orcid.org/0000-0001-7104-0112>]

Milton Trigoso [<https://orcid.org/0000-0003-4719-5581>]

Gerardo C. Mamani M. [<https://orcid.org/0000-0002-2514-468X>]

Leonardo Mendoza [<https://orcid.org/0000-0003-2098-3959>]

Robert De La Cruz [<https://orcid.org/0000-0001-5651-9934>]

Resumen

La tilapia es el segundo pez más cultivado en todo el mundo y su producción se ha cuadruplicado durante la última década debido a su idoneidad para la acuicultura, su comerciabilidad y su precio estable. Se determinó la calidad fisicoquímica del agua y los parámetros productivos de alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*) gris en estanque de tierra hasta la fase de engorde. Para el estudio se dispuso un estanque de tierra de 60 x 40 m en donde se realizaron mediciones de la calidad fisicoquímica del agua (temperatura, pH, oxígeno disuelto (OD), conductividad y transparencia), así como parámetros productivos (peso, talla, factor de conversión alimenticia, eficiencia de conversión alimenticia, porcentaje de mortalidad y tasa de sobrevivencia). Se sembraron 10 mil alevines de tilapia gris con un peso y talla promedio al inicio de la siembra de 0,8 g y 3,5 cm, respectivamente. Los alevines se alimentaron con alimento balanceado comercial, la calidad del agua se midió por un periodo de 17 semanas en 3 turnos del día (mañana, medio día y tarde), y los parámetros productivos se midieron cada 30 días. El agua se mantuvo a una temperatura por día entre 23,5 y 26,5 °C, pH entre 6,3 y 6,5, OD entre 29,6 y 34,1 mg/L, conductividad eléctrica entre 311,2 y 313,1 µS/cm, y transparencia un promedio de 0,31 m. Asimismo, después de 4 meses y en la etapa de engorde de la tilapia se obtuvo un peso promedio de 280,4 g y talla de 20,2 cm. Se concluye que la calidad del agua tiene influencia en el rendimiento productivo de la tilapia, con resultados favorables para la comercialización.

Palabras clave: Tilapia; calidad de agua; parámetros productivos; estanque de tierra.

Abstract

Tilapia is the second most cultivated fish worldwide and its production has quadrupled during the last decade due to its suitability for aquaculture, its marketability and its stable price. The physicochemical water quality and production parameters of grey tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings in earthen ponds up to the grow-out phase were determined. For the study, a 60 x 40 m earthen pond was used where measurements of the physicochemical quality of the water (temperature, pH, dissolved oxygen (DO), conductivity and transparency) were carried out, as well as productive parameters (weight, size, feed conversion factor, feed conversion efficiency, mortality percentage and survival rate). 10 thousand gray tilapia fingerlings were stocked with an average weight and size at the beginning of stocking of 0.8 g and 3.5 cm, respectively. The fingerlings were fed with commercial balanced feed, water quality was measured for a period of 17 weeks in 3 shifts of the day (morning, midday and afternoon), and productive parameters were measured every 30 days. The water was maintained at a temperature per day between 23.5 and 26.5 °C, pH between 6.3 and 6.5, DO between 29.6 and 34.1 mg/L, electrical conductivity between 311.2 and 313.1 µS/cm, and transparency an average of 0.31 m. Likewise, after 4 months and in the fattening stage of tilapia, an average weight of 280.4 g and a length of 20.2 cm were obtained. It is concluded that water quality has an influence on the productive performance of tilapia, with favorable results for marketing.

Keywords: Tilapia; water quality; production parameters; earthen pond.



1. Introducción

Tilapia es el nombre común de varias especies de peces cíclidos que habitan en arroyos, estanques, ríos y lagos de agua dulce y, con menor frecuencia, en aguas salobres. Según Nasrin et al. (2021) para la acuicultura, la tilapia se ha convertido en la estrella brillante, con granjas que se están iniciando y expandiendo en todo el mundo. La producción de pescado mediante la acuicultura está ganando importancia, es así como es el sector productor de alimentos de más rápido crecimiento en el mundo, con una tasa de crecimiento anual promedio del 5,3% durante el período 2001-2018; la producción acuícola mundial alcanzó 82,1 millones de toneladas en 2018 (FAO, 2020). La tilapia se ha vuelto popular entre los piscicultores. La acuicultura de tilapia desempeña un papel vital en la producción, distribución, comercialización y consumo de pescado, lo que contribuye al proceso de adición de valor y un papel más importante en el aumento del suministro de alimentos (Ahmed et al., 2012). La calidad del agua, incluidos los parámetros fisicoquímicos y biológicos, es muy importante para mantener la salud de las especies acuáticas y puede actuar como un factor limitante (Sharifinia, 2015). Calidad de agua, es un término que se utiliza para expresar las características físicas y químicas del agua (Chakroborty et al., 2017). Cualquier desviación de los niveles aceptables recomendados de los parámetros del agua (oxígeno disuelto (OD), pH, salinidad, sales nutrientes y metales) puede provocar estrés en las especies cultivadas y afectar al sistema inmunitario, la tasa de crecimiento y la reproducción de los peces (Shaaban et al., 2021). El oxígeno disuelto (OD) es un factor muy importante y limitante en los sistemas de acuicultura, ya que todos los organismos acuáticos (excepto algunas bacterias) necesitan una fuente de OD para vivir y desarrollarse. Por este motivo, la concentración de OD en la columna de agua es uno de los aspectos más importantes a gestionar para una acuicultura adecuada. Los niveles bajos de OD pueden afectar el consumo de alimento y, en casos extremos, pueden causar mortalidades masivas de organismos acuáticos (García Sánchez et al., 2018). La alimentación es un factor productivo importante en los cultivos acuícolas, que determina el 60% del costo de producción; lo que significa el factor de conversión alimenticia que mide el gasto del alimento para convertirlo en 1 kg de carne, se considera lo más eficiente cuando éste tiende a la unidad, mientras que, factores mayores a uno indican mayor gasto en alimento lo que provoca alteraciones en la calidad de agua (Zafra et al., 2019). Según Oliva et al. (2019) en su artículo titulado evaluación de parámetros productivos en el

cultivo semi-intensivo de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) en la zona de Zarumilla, Amazonas; el estudio pretendió contribuir a mejorar los parámetros técnicos del cultivo de tilapia gris manejados bajo la modalidad semi-intensiva, para ello se dispuso de tres estanques seminaturales subdivididos internamente en compartimientos de 10 m³ para el desarrollo de ensayos de pruebas de densidad de individuos en la etapa de engorde, T0 (testigo) = 2,5 peces/m³, T1 = 4 peces/m³, T2 = 5 peces/m³ y T3 = 6 peces/m³, se utilizó alrededor 650 alevines de tilapia con peso promedio individual de 1,2 g, se midieron las principales variables físico-químicas del agua, se realizaron control de biometrías, manejo de la alimentación, tasa de sobrevivencia y factor de conversión alimenticia. Los resultados obtenidos indicaron mejoras importantes en el manejo tanto del agua de cultivo como en los parámetros productivos de tilapia gris en relación al tratamiento testigo, las variables físicoquímicas como oxígeno disuelto, temperatura, pH y transparencia, mostraron una variación favorable; en términos productivos se ha evidenciado un incremento de la productividad; en conclusión, el estudio demostró que, bajo las condiciones de la zona de Zarumilla, es posible conducir un cultivo semi-intensivo a lo largo del año, con resultados favorables aplicando una densidad de 5 peces/m³ en la etapa de engorde. El cultivo de tilapia en el Perú y la Región Amazonas, representa una oportunidad viable para pequeños productores de áreas rurales debido al corto periodo de producción hasta la etapa de comercialización y también a su fácil adaptación a condiciones ambientales adversas, sin embargo, los pequeños productores desconocen el manejo técnico y las condiciones ambientales del agua, unido a esto los costos de producción para la crianza de esta especie acuícola; conllevando a obtener resultados desfavorables por hacer uso de una mala calidad de agua, alta mortalidad de peces ligado al manejo y en general parámetros productivos por debajo del estándar normal, desaprovechando así la oportunidad de percibir mejores ingresos que les permitan mejorar su calidad de vida y desarrollo económico familiar. En el presente trabajo de investigación se logró determinar la calidad fisicoquímica del agua: temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y la transparencia; también se evaluó los parámetros de desempeño productivo: peso, talla, factor de conversión alimenticia, eficiencia de conversión alimenticia, tasa de supervivencia y mortalidad en el cultivo de alevines de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) en estanque de tierra, hasta la fase de crecimiento e inicio de la etapa de engorde.

2. Metodología

Localización

El presente trabajo de investigación se desarrolló, en el caserío Leyva, distrito San Nicolás, Provincia Rodríguez de Mendoza, Amazonas, Perú (Figura 1); en la piscigranja Torres del Sr. Manuel Torres Gómez; los datos se obtuvieron durante el periodo de cultivo de tilapia gris con fines comerciales al cual se dedica la piscigranja. La ubicación georreferencial indica a $^{\circ}24'06.9''S$ y $77^{\circ}29'04.8''W$, con una temperatura promedio anual de $23^{\circ}C$.

Instrumentos y equipos

Para medir el oxígeno disuelto (OD) se utilizó un conductímetro (marca: HANNA, modelo: PCE-PHD 1) y para el pH, temperatura y conductividad se utilizó un equipo multiparámetro portátil (marca:

Oakton, modelo: PC 650). La turbiedad se midió con un Disco de Secchi el cual fue fabricado por el investigador (Figura 2). También se utilizó una balanza gramera digital, modelo: SF-400; y un vernier pie de rey modelo 401-13-212 para medir los parámetros productivos de los peces.

Material biológico

Se adquirieron un total de 10 mil alevines de tilapia gris de aproximadamente un mes de edad, con un peso promedio de 0,8 g y longitud promedio igual a 3,5 cm provenientes del centro de producción Acuícola de la Selva S.A.C (GENETIKA) de la ciudad de Tarapoto, Perú. Las características de los peces es que presentaron una reversión sexual de 95% según ficha técnica del centro de producción.

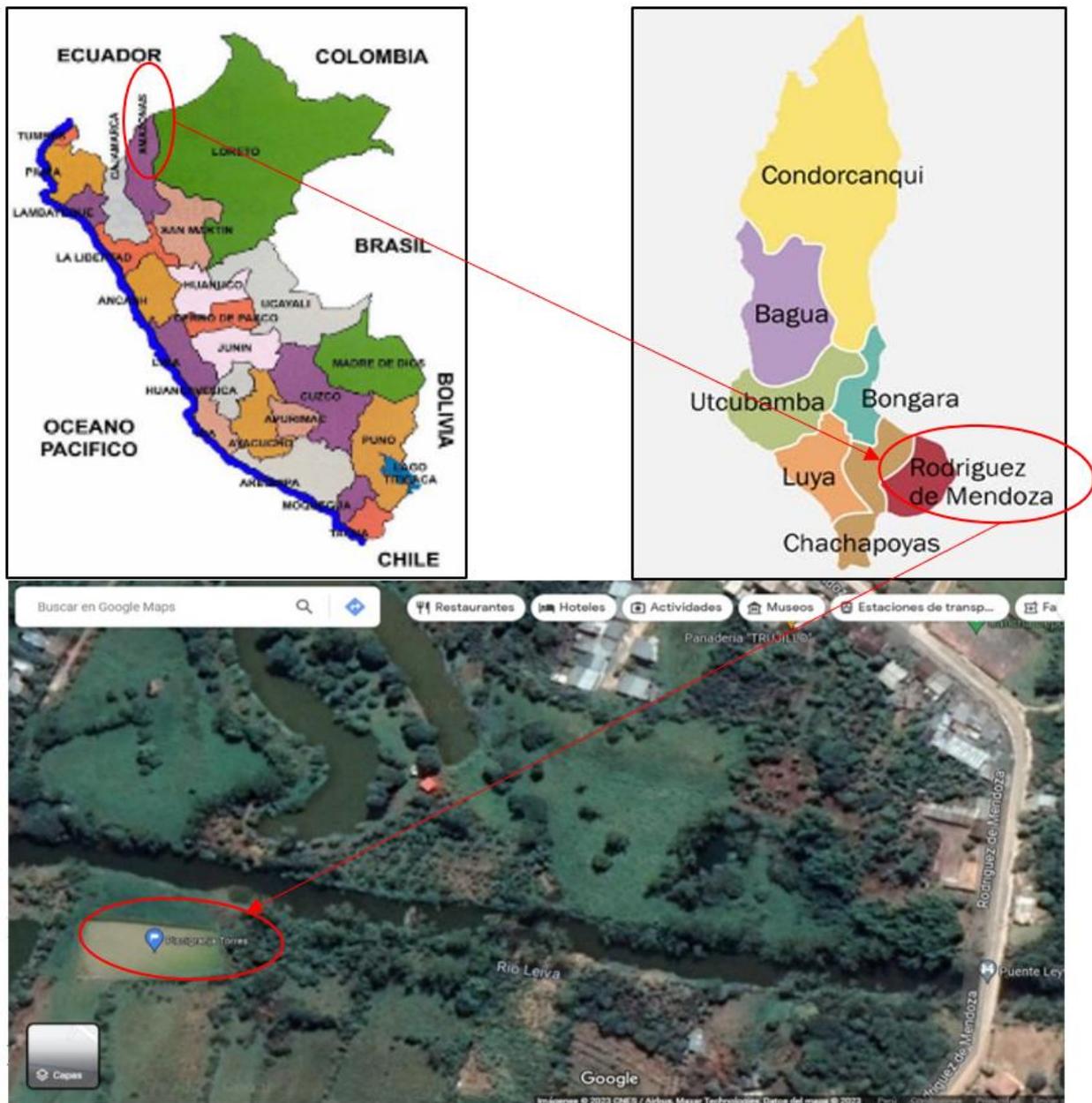


Figura 1. Ubicación del área de estudio.



Figura 2. Disco de Secchi para medir la turbidez del agua.

Transporte de los alevines de tilapia hasta el estanque

El traslado de los alevines hasta el estanque se realizó por vía terrestre en bolsas plásticas de polietileno selladas conteniendo 6 litros de agua con inyección de oxígeno que albergaron en promedio 350 peces y para el transporte se colocó dentro de un balde plástico de capacidad igual a 20 kg, haciendo un peso promedio aproximado de 7 kg por bolsa/balde (Figura 3). Al llegar al destino de

siembra, los alevines se colocaron en un estanque pequeño de tierra de 6 m de largo x 3 m de ancho, para pasar por un proceso de adaptación y aclimatación por un tiempo de 45 días antes de pasar al estanque definitivo de 60 x 40 m.

Análisis fisicoquímico del agua

El análisis fisicoquímico y de calidad del agua se midió con una frecuencia semanal y por un tiempo de diecisiete semanas durante el ciclo productivo de la tilapia: preinicio, inicio, crecimiento y engorde; se obtuvieron datos de: temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y transparencia o turbiedad, las medidas se tomaron en tres momentos del día (mañana, medio día y tarde).

Parámetros productivos

Peso y talla

Según la metodología empleada por Nhan et al. (2022), los parámetros productivos (control biométrico) como el peso y el tamaño se midieron cada 30 días desde el inicio de la siembra por un periodo de cuatro meses (Figura 4). Se trabajó con una muestra aleatoria de 30 peces utilizando red de arrastre con diferente luz de malla, se midió la longitud del total de peces muestreados que consistió en medir desde el extremo más proyectado de la cabeza hasta el borde de la aleta caudal; asimismo se pesaron el total de peces con una balanza electrónica de precisión de mesa y se registró el promedio para ambos parámetros.



Figura 3. Transporte y siembra de alevines de tilapia.



Figura 4. Muestreo de peces para medir parámetros productivos: peso y talla.

Factor de conversión alimenticia

El factor de conversión alimenticia (FCA) se determinó teniendo en cuenta la cantidad de alimento suministrado en cada etapa del periodo productivo sobre la variación de la biomasa en dicho periodo (Costa et al., 2017).

$$FCA = \frac{\text{Cantidad de alimento}}{\Delta \text{Biomasa}}$$

Eficiencia de conversión alimenticia

La eficiencia de conversión alimenticia (ECA) se determinó aplicando el inverso del factor de conversión alimenticia multiplicada por 100

$$ECA = \frac{1}{FCA} \times 100$$

Tasa de mortalidad y supervivencia

El porcentaje de mortalidad en el estanque se midió con una frecuencia semanal. Para calcular la mortalidad se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%mor = \frac{N^{\circ} \text{ de peces muertos}}{\text{Total de peces}} \times 100$$

Tasa de supervivencia: Según la metodología empleada por Wainaina et al. (2023).

$$TS (\%) = (N^{\circ} \text{ de peces al final del cultivo} / N^{\circ} \text{ inicial de peces sembrados}) * 100$$

Análisis de datos

Los datos fueron procesados a través del programa SPSS versión 26.0 en español para calcular estadísticos descriptivos y el lenguaje de programación R para gráficos y tablas.

3. Resultados y discusión

3.1. Parámetros fisicoquímicos del agua

La calidad fisicoquímica del agua cumple un papel fundamental durante el cultivo de peces como por ejemplo la tilapia gris; en la presente investigación se obtuvieron resultados promedios de temperatura, que van desde 23,5 hasta 27,6 °C como se muestra en la Tabla 1 y 2 según

turnos del día, lo cual se corrobora también en la Figura 5 temperatura vs tiempo de cultivo donde se muestra que los valores más bajos se obtuvieron durante el turno mañana y los más altos durante el medio día. Estos resultados coinciden con lo obtenido por Oliva et al. (2019) rangos de temperatura (22 - 25 °C) obteniendo buen desarrollo en individuos de tilapia; la misma que difiere con los estudios encontrado por Nehemia & Maganira (2012) quien describe que la temperatura óptima para el crecimiento de la tilapia está entre 29 y 31 °C, pero coincide con lo encontrado por Mohamed et al. (2020) quien encontró que temperaturas promedio entre 19,2 – 27,4 °C del agua dulce en estanques mostraron mejores resultados en la histología hematológica y bioquímica de las gónadas de la especie *Oreochromis niloticus*, con respecto a las aguas de drenaje.

Respecto al pH y según la Tabla 1 y 2 se obtuvieron resultados promedios que van desde 6,3 a 6,5 durante el periodo de estudio y según turnos del día; lo cual se corrobora también en la Figura 6 pH vs tiempo de cultivo, donde se muestra que los valores mínimos y máximos se han obtenido durante el turno tarde. Estos resultados se contradicen a lo encontrado por Hoang et al. (2020) con valores de pH que van entre 7,04 – 7,99, quienes obtuvieron resultados de rendimiento favorables para la cría de tilapia en policultivo con camarón blanco. Por otro lado, coinciden con los hallazgos de Nobre et al. (2014), quienes descubrieron que el rango de pH óptimo para los juveniles de tilapia del Nilo en crecimiento en agua verde es de 5 a 8. Respecto a los resultados de la investigación y al estar el promedio del pH ligeramente ácido, estos no alteraron los rendimientos de productividad al término del estudio.

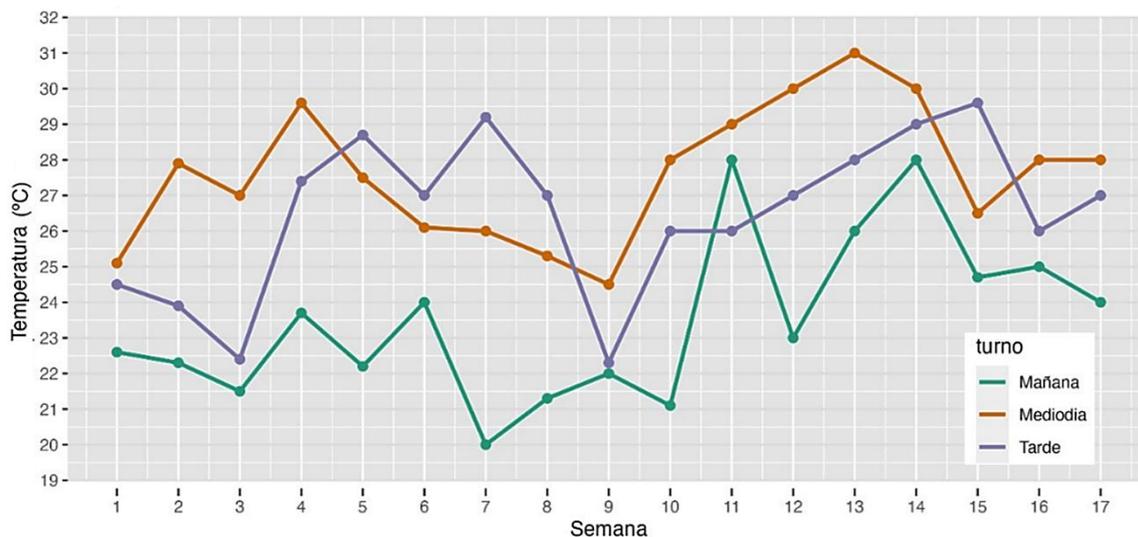


Figura 5. Medición de Temperatura - tiempo de cultivo.

Tabla 1
Parámetros fisicoquímicos del agua registrados según turno del día

Semanas	Turno	Temperatura (°C)	pH	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad (µS/cm)	Transparencia (m)
1	M	22,6	6,3	23,4	466	0,38
	MD	25,1	6,3	26,1	459,3	0,38
	T	24,5	7,21	27,4	472,8	0,38
2	M	22,3	6,38	31,3	410,1	0,30
	MD	27,9	6,48	28,3	386,5	0,40
	T	23,9	6,4	27,4	385,4	0,38
3	M	21,5	6,25	21,1	348,3	0,30
	MD	27	6,26	31,6	341,6	0,40
	T	22,4	6,6	40,9	305,4	0,35
4	M	23,7	6,12	22,8	316,8	0,25
	MD	29,6	6,34	38	317,9	0,30
	T	27,4	6,93	39,8	306,6	0,35
5	M	22,2	6,47	30,8	291,6	0,35
	MD	27,5	6,43	32,4	278,4	0,38
	T	28,7	6,32	26,5	309,7	0,37
6	M	24	7	26,6	297,5	0,30
	MD	26,1	6,74	38,9	283,3	0,35
	T	27	6,27	30,1	302,2	0,36
7	M	20	6,4	30,5	289,4	0,30
	MD	26	6,44	33,1	305	0,29
	T	29,2	6,3	27,2	302,9	0,28
8	M	21,3	6,93	31,6	289,6	0,35
	MD	25,3	6,25	38,7	276,8	0,30
	T	27	6,2	39,9	305,7	0,36
9	M	22	6,18	32,5	302,5	0,30
	MD	24,5	5,94	34,4	292,5	0,30
	T	22,3	6,22	33,3	301,8	0,28
10	M	21,1	5,97	22,7	303,8	0,30
	MD	28	6,41	33,5	301,5	0,33
	T	26	6,3	32,9	299,7	0,34
11	M	28	6,41	36,6	298,1	0,27
	MD	29	6,42	37,5	299,2	0,25
	T	26	6	34,2	304,2	0,29
12	M	23	5,98	30,4	306,4	0,30
	MD	30	7,01	35,2	297,1	0,28
	T	27	6,87	37,1	287,3	0,29
13	M	26	6,12	31,1	308,2	0,30
	MD	31	6,45	33,3	307,9	0,26
	T	28	5,98	34,6	296,3	0,30
14	M	28	6,75	36,6	284	0,24
	MD	30	6,27	36,4	307	0,32
	T	29	5,3	36,2	309,1	0,30
15	M	24,7	5,4	29,1	222,1	0,30
	MD	26,5	6,61	31,2	223,9	0,28
	T	29,6	6,5	34,5	226,4	0,25
16	M	25	6,76	33,7	301,6	0,27
	MD	28	6,73	37,1	308,9	0,31
	T	26	6,66	35,2	298,3	0,26
17	M	24	6,41	32,8	287,2	0,23
	MD	28	6,8	34,3	303,1	0,29
	T	27	6,79	36,6	306,4	0,33

Nota: M: mañana, MD: medio día, T: tarde.

Tabla 2

Estadísticos descriptivos, según parámetros del agua por turno de medición

		T° C-M	T° C-MD	T° C-T	pH-M	pH-MD	pH-T	OD (mg/L)-M	OD (mg/L)-MD	OD (mg/L)-T	COND (μS/cm)-M	COND (μS/cm)-MD	COND (μS/cm)-T	TRANS (m)-M	TRANS (m)-MD	TRANS (m)-T
N	Válido	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
	Perdidos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Media		23,5	27,6	26,5	6,3	6,5	6,4	29,6	34,1	33,8	313,1	311,2	313,0	0,3	0,3	0,3
Desviación		2,3	1,9	2,2	0,4	0,3	0,4	4,7	3,6	4,6	53,8	50,1	50,2	0,0	0,0	0,0
Varianza		5,3	3,6	4,9	0,2	0,1	0,2	22,5	12,7	21,6	2892,7	2509,8	2515,8	0,0	0,0	0,0
Mínimo		20,0	24,5	22,3	5,4	5,9	5,3	21,1	26,1	26,5	222,1	223,9	226,4	0,2	0,3	0,3
Máximo		28,0	31,0	29,6	7,0	7,0	7,2	36,6	38,9	40,9	466,0	459,3	472,8	0,4	0,4	0,4

Nota: T: temperatura, OD: oxígeno disuelto, COND:(conductividad eléctrica), Trans (transparencia o turbiedad); M, MD, T (mañana, medio día y tarde) respectivamente.

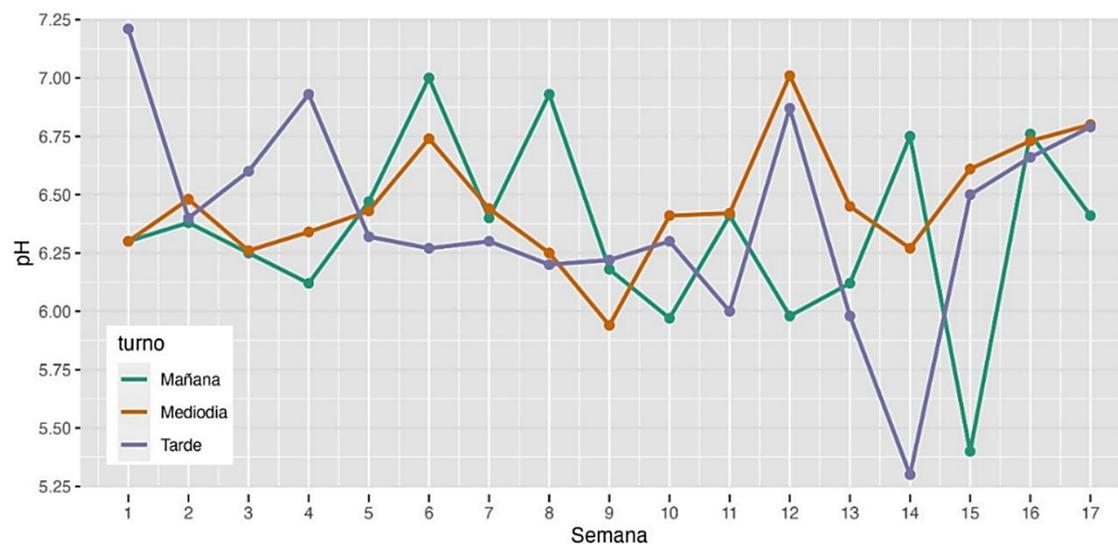


Figura 6. Medición del pH-tiempo de cultivo.

Según Riche & Garling (2003) el OD (oxígeno disuelto) del agua preferido para el crecimiento óptimo de la tilapia está por encima de 5 mg/L. Esto coincide con lo encontrado por Khanjani et al. (2021) con valores de OD entre 5,43 y 6,47 mg/L quienes estudiaron el crecimiento de alevines de tilapia alimentado con diferentes fuentes de carbono en sistema de cultivo heterótrofo. Según la Tabla 1 y 2, en este estudio, se obtuvieron resultados promedios de OD que van desde 29,6 a 34,1 mg/L, lo cual se corrobora también en la Figura 7 de oxígeno disuelto vs tiempo de cultivo, donde se muestra que los valores mínimos se han obtenido durante el turno mañana y los máximos durante el turno tarde. Estos resultados han contribuido de igual manera en la obtención de parámetros productivos aceptables durante los 4 meses de evaluación de los alevines de tilapia gris. En cuanto a la conductividad eléctrica, esta se refiere al grado en que el agua conduce la

corriente eléctrica debido a la presencia de minerales y sales disueltas. Las fuentes de estos compuestos pueden provenir de disoluciones de minerales naturales dentro del estanque y los no naturales provenientes de fertilizantes agrícolas, desechos animales, sistemas sépticos y aguas de escorrentía, otros, etc. La investigación realizada por Akongyuure & Alhassan (2021) encontró valores de conductividad promedio que oscilaron entre 46,63 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 99,97 $\mu\text{S}/\text{cm}$ entre los años 2015 - 2016. Sin embargo, este resultado difiere con lo obtenido en la presente investigación y como se observa en la Tabla 1 y 2 se han obtenido resultados promedios de conductividad que van desde 311,2 hasta 313,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo cual se corrobora también en la Figura 8 conductividad vs tiempo de cultivo, donde se muestra que los valores han sido altos las primeras semanas y estos han ido disminuyendo conforme pasaron los días, teniendo el pico más bajo en la semana 15 de estudio.

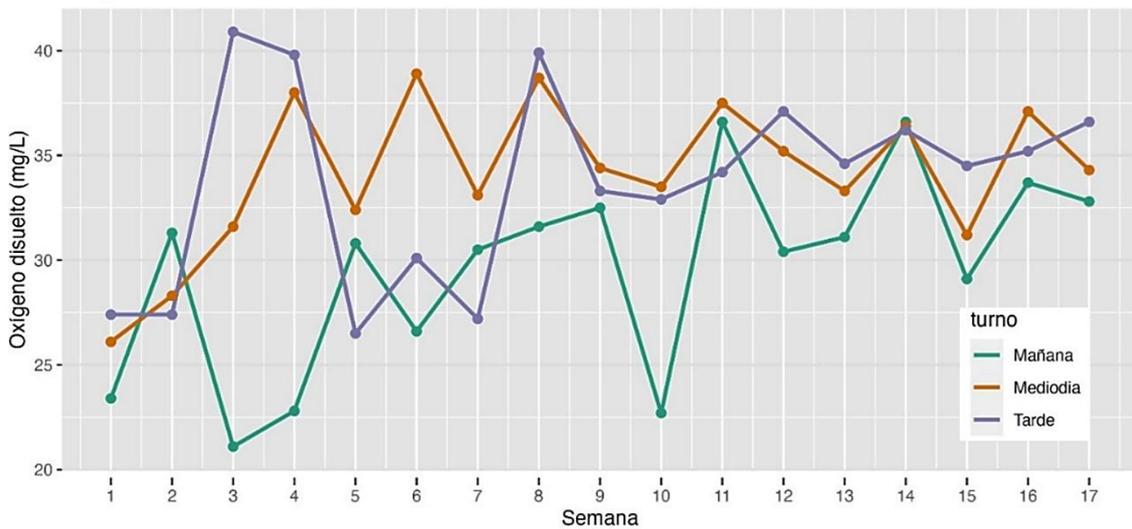


Figura 7. Medición de Oxígeno disuelto -tiempo de cultivo.

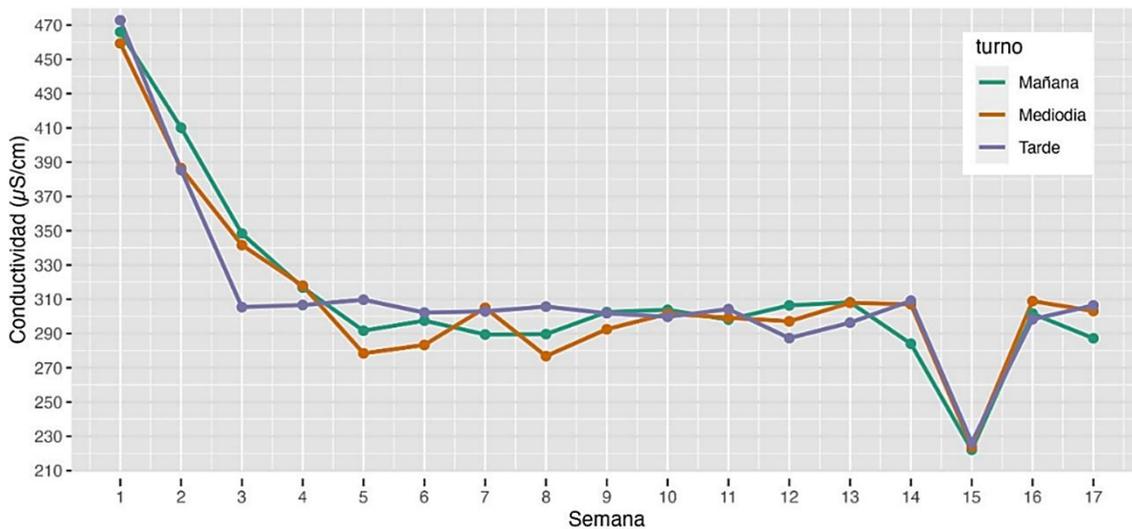


Figura 8. Medición de la Conductividad-tiempo de cultivo.

Estos resultados son un indicador de alta conductividad eléctrica del agua por la presencia de iones disueltos y esto debido a un tratamiento con cloruro de sodio (NaCl) que se realizó al estanque durante el primer mes de la siembra de los alevines como una medida para controlar la mortalidad. Sin embargo, este resultado no está del todo mal ya que coincide con los estudios realizado por Trejo-Albarrán et al. (2021), quienes encontraron resultados de conductividad del agua para peces en el rango de 669 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 1751 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que indica que se encuentran dentro de los valores máximos permisibles recomendados en los ecosistemas acuáticos.

Respecto a la turbidez o transparencia del agua, los datos se obtuvieron con la ayuda de un Disco de Secchi, y según la Tabla 1 y 2 la profundidad media obtenida fue de 0,30 m, lo cual se corrobora en la Figura 9 transparencia vs tiempo de cultivo, con valores mínimos obtenidos durante el turno mañana y máximos durante el mediodía. Estos resultados coinciden con lo encontrado por Oliva et al. (2019) quien obtuvo un mínimo de 29,44 cm de transparencia del agua y un máximo de 32,82 cm y que los valores encontrados en horas de la tarde son ligeramente superiores al de los demás turnos de medida durante el día. Por otro lado, estos resultados son parecidos a los encontrados por Mahmud et al. (2021) quien estudió la variación del crecimiento de tilapia con variación de parámetros ambientales, los valores oscilaron entre 26,2 cm a 30,5 cm según la región evaluada concluyendo que los estanques en ambos sitios fueron productivos.

3.2. Parámetros de desempeño productivo

En cuanto a los parámetros productivos y después de cuatro meses de estudio, se obtuvo

un peso promedio de 280,4 g, y una talla de 20,2 cm, según se puede observar en la Tabla 3 y Figura 10. En la investigación se utilizó 1,485kg de alimento balanceado de tipo extruido con porcentajes de proteína que van desde 45,40,32 y 28% hasta la etapa de engorde; se determinó un factor de conversión alimenticia promedio de 0.766, y una eficiencia de conversión alimenticia de 190,4%, según se puede observar en la Tabla 4 y Figura 11, las etapas 1 y 4 son los que presentan mejores resultados por tener valores FCA cercanos a 1. Estos resultados difieren por lo en contrato por Zafrá et al. (2019) quien estudió la conversión y eficiencia alimenticia de *Oreochromis aureus* var, bajo sistema de crianza de en tanques con recirculación de agua en un laboratorio de Acuicultura y que a pesar que evaluaron más días igual a 135 días de crianza respecto a 119 días de la presente investigación, obtuvieron resultados desfavorables respecto al nuestro con un FCA en etapa de alevinaje y crianza de 1,39 y 1,79 respectivamente y ECA que osciló entre 71,43% y 55,77%. Por otro lado, coincide con los resultados encontrados por Ibrahim et al. (2022), en su investigación sobre en alevines de Plata Rasboa (*Rasbora argyrotænia*) quienes encontraron valores de FCR en el rango de 0,90 a 1,30 siendo ideal al ser menor a 1,5 según las diferentes densidades de población evaluadas. Las diferencias con la investigación se dan debido a que en el caso nuestro el estudio se basó en un sistema abierto de crianza en estanque de tierra teniendo en cuenta que los parámetros del agua estudiados mostraron índices óptimos para la crianza y se abarcó todo el proceso de crianza desde preinicio hasta engorde siguiendo un estricto control en la alimentación en función a la biomasa y a la conducta alimenticia en cada etapa del proceso de crianza.

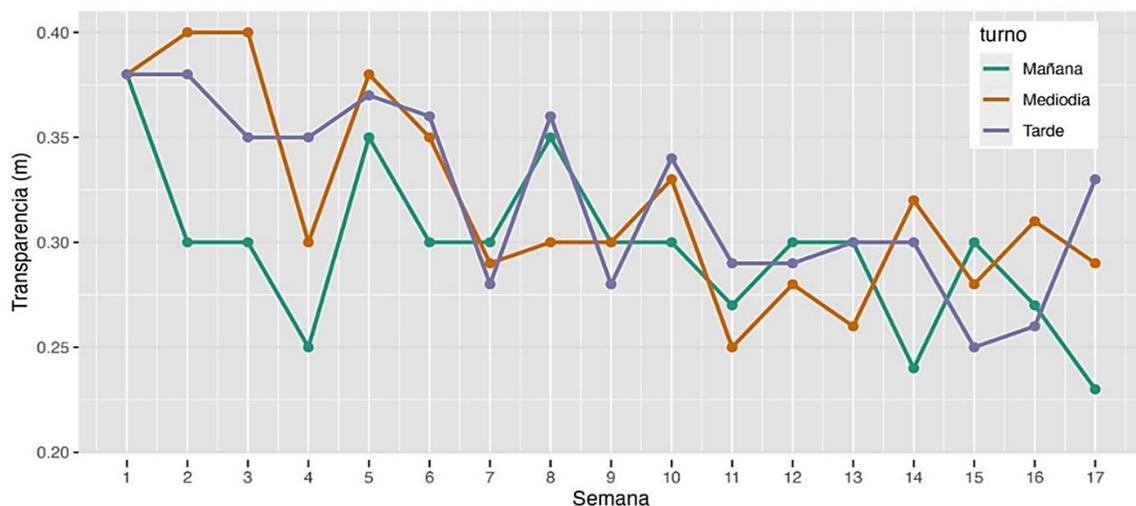


Figura 9. Medición de la Transparencia-tiempo de cultivo.

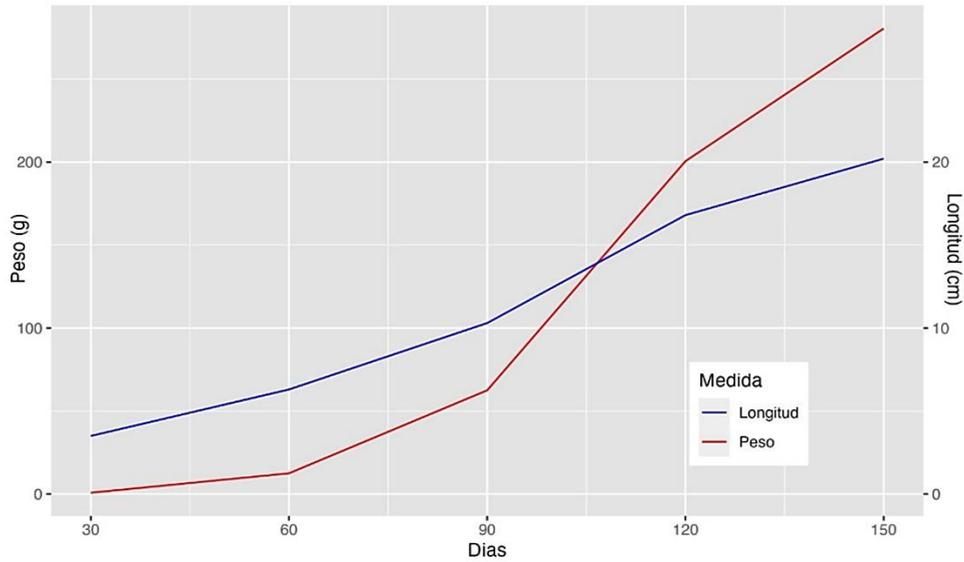


Figura 10. Biometría durante el periodo de estudio, peso y longitud ganado por los peces durante los días de cultivo.

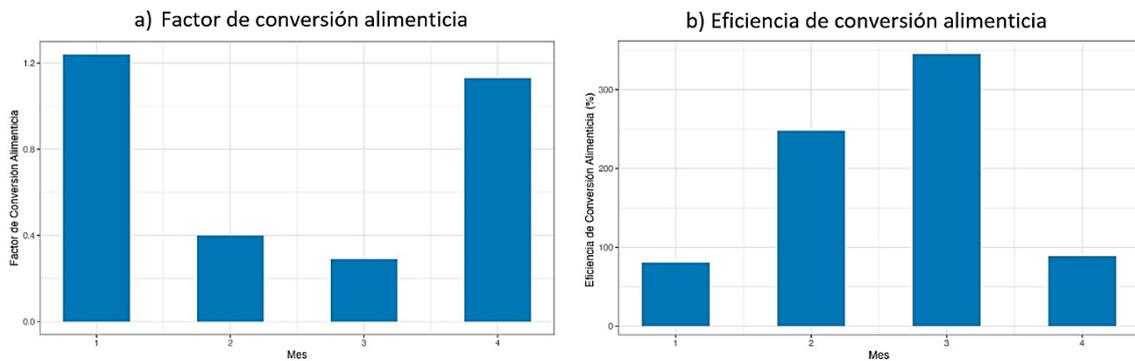


Figura 11. Factor de conversión y eficiencia de conversión alimenticia de alevines de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*), durante el periodo de evaluación.

Tabla 3
Peso y longitud promedio de la tilapia según la edad

Días	Peso (g)	Longitud (cm)
30	0,8	3,5
60	12,5	6,3
90	62,5	10,3
120	200,5	16,8
150	280,4	20,2

Por otro lado, respecto al porcentaje de mortalidad y supervivencia de las tilapias, durante el transporte terrestre y en el primer mes de

adaptación y hasta el segundo mes se ha registrado una mortalidad igual a 10% y supervivencia de 90%, según se observa en la Tabla 5, estos resultados difieren con los estudios de Fantini-Hoag et al. (2022), quienes estudiaron el cultivo de bagre y tilapia en un sistema de producción por estanques, encontrando una tasa de supervivencia de la tilapia entre 67-70% debido a que no utilizaron alimento comercial sino más bien el alimento fue el plancton disponible por los efluentes de los canales de engorde del bagre.

Tabla 4
Factor y eficiencia de conversión alimenticia

Mes	Alimento comercial	CA (g)	BF (g)	BI (g)	ΔB (g)	FCA	ECA (%)
1	Preinicio (45%)	135000	116625	8000	108625	1,243	80,463
2	Inicio (40%)	180000	562500	116625	445875	0,404	247,708
3	Crecimiento (32%)	360000	1804500	562500	1242000	0,290	345,000
4	Crecimiento + engorde (32% -28%)	810000	2523600	1804500	719100	1,126	88,778
Promedio						0,766	190,487
Acumulado		1485000	2523600				

Nota: Cantidad de alimento (CA), Biomasa (BF final, BI inicial, ΔB variación de Biomasa), Factor de Conversión Alimenticia (FCA) y Eficiencia de Conversión Alimenticia (ECA).

Tabla 5
Mortalidad de los peces durante el periodo de estudio

Semana	Cantidad	Acumulado
1	200	200
2	250	450
3	100	550
4	120	670
5	100	770
6	100	870
7	80	950
8	50	1000
9	0	1000
10	0	1000
11	0	1000
12	0	1000
13	0	1000
14	0	1000
15	0	1000
16	0	1000
17	0	1000

% de mortalidad = $1000/10000=10\%$

Tasa de supervivencia = $100\% - 10\% = 90\%$.

4. Conclusiones

Los parámetros de calidad como: la temperatura, el oxígeno disuelto (OD), conductividad eléctrica y transparencia del agua obtenidos en la presente investigación estuvieron dentro de los niveles óptimos para el crecimiento de la tilapia, mientras que el pH estuvo algo ligeramente ácido respecto al promedio ideal; pero esto no influyó en los resultados de productividad de la tilapia durante el periodo de crianza; lográndose obtener a los cuatro meses de estudio y en la etapa comercial un peso promedio de 280,4 g y longitud de 20,2 cm indicadores promedio dentro de los parámetros normales de crecimiento y desarrollo de la tilapia; por lo tanto podríamos decir según los resultados obtenidos de que la calidad fisicoquímica del agua influye en los parámetros productivos de la tilapia. La mejor conversión y eficiencia del alimento en *Oreochromis niloticus* para el presente estudio fue de 1,126 (88,78%) y 1,246 (80,46%) en la etapa de crecimiento y engorde con una alimentación basada en 32 - 28% en proteína y preinicio con una alimentación de 45% en proteína, respectivamente. Cualquier cambio en el entorno de crianza de los peces ligados a la calidad del agua y también otros factores como la densidad de siembra, calidad y cantidad del alimento, etc., añade estrés a los peces, generando retrasos en el crecimiento y pérdidas por mortalidad y por lo tanto bajos rendimientos en el estanque.

Referencias bibliográficas

Ahmed, N., Young, J. A., Dey, M. M., & Muir, J. F. (2012). From production to consumption: A case study of tilapia marketing systems in Bangladesh. *Aquaculture International*, 20(1), 51–70. <https://doi.org/10.1007/s10499-011-9441-0>

Akongyuure, D. N., & Alhassan, E. H. (2021). Variation of water quality parameters and correlation among them and fish

catch per unit effort of the Tono Reservoir in Northern Ghana. *Journal of Freshwater Ecology*, 36(1), 253–269. <https://doi.org/10.1080/02705060.2021.1969295>

Chakraborty, M., Kumar Bundela, A., Agrawal, R., Sabu, B., Kumar, M., Raipat, B. S., Saha, P., & Kumar, P. (2017). Studies on Physico Chemical Parameters of 5 water bodies of Ranchi (Jharkhand). *Balneo Research Journal*, 8(2), 51–57. <https://doi.org/10.12680/balneo.2017.142>

Costa, A. P., Roubach, R., Dallago, B. S. L., Bueno, G. W., McManus, C., & Bernal, F. E. M. (2017). Influence of stocking density on growth performance and welfare of juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in cages. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 69(1), 243–251. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8939>

Fantini-Hoag, L., Hanson, T., & Chappell, J. (2022). Production trials of in-pond raceway system growing stocker and foodsize hybrid Catfish plus Nile tilapia. *Aquaculture*, 561. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738582>

FAO. (2020). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. In *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020*. FAO. <https://doi.org/10.4060/ca9229es>

García Sánchez, S., Juárez Agis, A., Olivier Salome, B., Rivas González, M., & Zeferino Torres, J. (2018). [ENVIRONMENTAL PHYSICO-CHEMICAL VARIABLES THAT AFFECT THE SHRIMP FARMING *Litopenaeus vannamei*, COYUCA DE BENÍTEZ, GUERRERO, MEXICO]. In *Revista Mexicana de Agroecosistemas* (Vol. 5, Issue 2).

Hoang, M. N., Nguyen, P. N., Maria Vital Estrocioc Martins Bossier, A., & Bossier, P. (2020). The effects of two fish species mullet, *Mugil cephalus*, and tilapia, *Oreochromis niloticus*, in polyculture with white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, on system performances: A comparative study. *Aquaculture Research*, 51(6), 2603–2612. <https://doi.org/10.1111/are.14602>

Ibrahim, A. M., Khalil, M. T., Emam, W. M., El-Halim Saad, A. A., & Allah Abdel-Hameid, N. (2022). *The Effect of Stocking Density on Growth Performance and Water Quality of the Silver rasbora (Rasbora argyrotaenia) Fry Reared in Plastic-lined Pond*. <https://ejabf.journals.ekb.eg/journal/editorial.board>

Khanjani, M. H., Alizadeh, M., & Sharifinia, M. (2021). Effects of different carbon sources on water quality, biofloc quality, and growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings in a heterotrophic culture system. *Aquaculture International*, 29(1), 307–321. <https://doi.org/10.1007/s10499-020-00627-9>

Mahmud, M. T., Rahman, M. M., Shathi, A. A., Rahman, M. H., & Islam, M. S. (2021). Growth variation of tilapia (*Oreochromis niloticus*) with variation of environmental parameters. *Journal of Agriculture, Food and Environment*, 02(02), 75–79. <https://doi.org/10.47440/jafe.2021.2213>

Mohamed, M. Y., Ghannam, H. E., & Ahmed, N. M. (2020). Impact of water quality changes on hematological, biochemical and gonads histology of oreochromis niloticus from two types of water. *Egyptian Journal of Histology*, 43(4), 1177–1187. <https://doi.org/10.21608/EJH.2020.22152.1228>

Nasrin, S., Rahman, Md. H., Awal, Md. R., Das, M., Hossain, Md. S., & Sarker, F. (2021). Effect of feeding frequency on the growth of GIFT (*Oreochromis niloticus*). *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 9(2), 98–107. <https://doi.org/10.22271/fish.2021.v9.i2b.2446>

Nehemia, A., & Maganira, J. (2012). Length-Weight relationship and condition factor of tilapia species grown in marine and fresh water ponds. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 3(3), 117–124. <https://doi.org/10.5251/abjna.2012.3.3.117.124>

Nhan, D. T., Tu, N. P. C., & Tu, N. Van. (2022). Comparison of growth performance, survival rate and economic efficiency of Asian seabass (*Lates calcarifer*) intensively cultured in earthen ponds with high densities.

- Aquaculture*, 554. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738151>
- Nobre, M. K. B., Lima, F. R. dos S., Magalhães, F. B., & do Carmo e Sá, M. V. (2014). Misturas alternativas para calagem em piscicultura. *Acta Scientiarum - Animal Sciences*, 36(1), 11–16. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v36i1.21282>
- Oliva, M., Oliva, L., & Torres, C. (2019). Evaluación de parámetros productivos en el cultivo semi-intensivo de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) en la zona de Zarumilla - Amazonas. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 3(3), 84. <https://doi.org/10.25127/aps.20193.506>
- Riche, M., & Garling, D. (2003). *Feeding Tilapia in Intensive Recirculating Systems*.
- Shaaban, N. A., El-Rayis, O. A., & Aboeleneen, M. S. (2021). Possible human health risk of some heavy metals from consumption of tilapia fish from Lake Mariut, Egypt. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 19742–19752. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-12121-z>/Published
- Sharifinia, M. (2015). Macroinvertebrados de águas correntes do irã: Uma revisão. In *Acta Limnologica Brasiliensia* (Vol. 27, Issue 4, pp. 356–369). Sociedade Brasileira de Limnologia. <https://doi.org/10.1590/S2179-975X1115>
- Trejo-Albarrán, R., Flores-Ibarra, K. L., Trujillo-Jiménez, P., Granados-Ramírez, J. G., Gómez-Márquez, J. L., & Sánchez, L. A. D. (2021). Calidad del agua en estanques de cultivo de peces mediante algunos parámetros físicos y químicos / Water quality in fish farming ponds using some physical and chemical parameters. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 4(4), 5490–5509. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n4-049>
- Wainaina, M., Opiyo, M. A., Charo-Karisa, H., Orina, P., & Nyonje, B. (2023). On-Farm Assessment of Different Fingerling Sizes of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) on Growth Performance, Survival and Yield. *Aquaculture Studies*, 23(2). <https://doi.org/10.4194/AQUAST900>
- Zafra, M., Díaz, M., Dávila, F., Fernández, C., Vela, K., & Guzmán, S. (2019). Conversión y eficiencia alimenticia de *Oreochromis aureus* var. *suprema* (Cichlidae) con diferente alimento balanceado en sistema cerrado, Trujillo, La Libertad, Perú. *Arnaldoa*, 26(2), 815–826. <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.262.26219>