



CRIANZA DE TILAPIA *Oreochromis niloticus* EN SISTEMA RAS BAJO DOS DENSIDADES A MENOR ESCALA

PERU REARING OF TILAPIA *Oreochromis niloticus* IN A RAS SYSTEM UNDER TWO DENSITIES ON A SMALLER SCALE

Junior Ever Floriano Alvarez^{1*}; Angi Nicol Guevara Saenz¹; Alina Mabel Zafra Trelles²

¹ Escuela de Biología Pesquera, Universidad Nacional de Trujillo, Jr. San Martín 341, Trujillo, Perú.

² Departamento Académico de Pesquería, Universidad Nacional de Trujillo Jr. San Martín 341, Trujillo, Perú.

Junior Ever Floriano Alvarez

 <https://orcid.org/0000-0002-4066-0439>

Angi Nicol Guevara Saenz

 <https://orcid.org/0000-0001-9882-0012>

Alina Mabel Zafra Trelles

 <https://orcid.org/0000-0001-5570-5970>

Artículo Original

Recibido: 20 de marzo de 2023

Aceptado: 23 de junio de 2023

Resumen

La investigación se desarrolló en el Laboratorio SL04LA04 del Departamento de Pesquería de la Universidad Nacional de Trujillo de octubre 2022 a enero 2023. El objetivo general de la investigación fue determinar la crianza de "tilapia" *Oreochromis niloticus* en sistema RAS bajo dos densidades a menor escala. Se emplearon 40 ejemplares en dos tanques IBC 1m³ con un volumen de 850 L. Se trabajó con dos tratamientos a diferentes densidades. El tratamiento T1 se utilizó 12 tilapias/m³ y en tratamiento T2 fue de 28 tilapias/m³. Se evaluó alimentación, crecimiento, mortalidad y supervivencia; se determinó los parámetros físico - químicos, asimismo el factor de conversión alimenticia (FCA) y la eficiencia de conversión alimenticia (ECA). El crecimiento promedio de longitud y peso de *O. niloticus* para T1 fue de 19,6 cm y 163,0 g y en T2 fue de 19,0 cm y 136,9 g; el FCA y ECA en T1 y T2 fluctuaron entre 1,33 y 1,35; y de 75,2 a 74,2 %. La mayor mortalidad se registró en el T2 (3,6%) y con mayor supervivencia en T1 (100%). Se concluye que los tratamientos 1 y 2 de la crianza de *O. niloticus* con densidades de 12 y 28 peces/m³ no presentaron diferencias significativas estadísticamente.

Palabras clave: Crecimiento, densidad, mortalidad, supervivencia, *Oreochromis niloticus*

Abstract

The research was carried out in the SL04LA04 Laboratory of the Fisheries Department of the National University of Trujillo in October 2022 to January 2023. The general objective of the research was to determine the rearing of "tilapia" *Oreochromis niloticus* in RAS system under two densities on a smaller scale. Forty specimens were used in two 1m³ IBC tanks with a volume of 850 L. Two treatments were used at different densities. Treatment T1 was 12 tilapia/m³ and treatment T2 was 28 tilapia/m³. Feeding, growth, mortality and survival were evaluated; the physical-chemical parameters were determined, as well as the feed conversion factor (FCA) and feed conversion efficiency (ECA). The average growth in length and weight of *O. niloticus* for T1 was 19.6 cm and 163.0 g and in T2 it was 19.0 cm and 136.9 g; the FCA and ECA in T1 and T2 fluctuated between 1,33 and 1,35; and from 75,2 to 74,2 %. The highest mortality was recorded in T2 (3,6%) and with higher survival in T1 (100%). It is concluded that treatments 1 and 2 of *O. niloticus* rearing with densities of 12 and 28 fish/m³ did not present statistically significant differences.

Keywords: Growth, density, mortality, survival, *Oreochromis niloticus*

*Autor para correspondencia: E. mail: jflorianoa@unitru.edu.pe

DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2023.43.01.06>

Citar como:

Floriano, J., Guevara, A., & Zafra, A. (2023). Crianza de tilapia *Oreochromis niloticus* en sistema RAS bajo dos densidades a menor escala. *REBIOL*, 43(1), 53-64.



1. Introducción

La tilapia es una especie con múltiples cualidades que la hacen apta para el cultivo, entre ellas se destaca su habilidad para tolerar ambientes hostiles, resistir bajos niveles de oxígeno y crecer con rapidez, lo que la convierte en una opción de alta producción (Porteros, 2019).

En el Perú, las condiciones para el cultivo de tilapia son óptimas debido a su clima tropical y la disponibilidad de tecnologías que pueden mejorar la producción de los cultivos y garantizar un uso eficiente del agua, estas tecnologías incluyen sistemas de recirculación, aireadores, alimentadores automáticos y monitoreo de peces, los cuales aseguran la sanidad de los cultivos, como señalan (Mendoza et al., 2016).

Los sistemas de cultivo para la tilapia pueden incluir diferentes tipos de estructuras, tales como estanques, tanques, corrales y jaulas. En particular, a lo señalado por Baltazar & Palomino (2004), recomienda que los estanques rectangulares son beneficiosos para el cultivo de la tilapia.

En cuanto a otras estructuras como los tanques, Vidal et al. (2017) indican que son recipientes que ayuda almacenar el agua necesaria para el cultivo, utilizando diferentes materiales el concreto, PVC, fibra de vidrio, policarbonato o plástico y además pueden ser revestidos de geomembrana.

Ornelas et al. (2017) mencionan que el sector acuícola para la tilapia crece cada vez más a nivel mundial, pero el medio ambiente se está deteriorando a un ritmo acelerado, es fundamental utilizar tecnologías amigables con la naturaleza para mejorar la eficiencia en la producción acuícola, un sistema de recirculación propuesto es una opción ecológica y rentable, adaptable a las necesidades de cada región.

Reyes (2012) destaca que los sistemas de recirculación permiten una ventaja sobre el control y monitoreo de los parámetros fisicoquímicos además del uso racional del agua.

Para evaluar las condiciones del agua, es necesario examinar una serie de factores ambientales según Sierralta (2015) se debe tener en consideración los parámetros de temperatura, pH, amonio, nitritos, nitrato, turbidez y oxígeno disuelto.

Además, Valenzuela (2017) considera que los sistemas cerrados de recirculación de agua, están compuestos de cinco etapas que posibilitan sostener la calidad del agua, entre las cuales figura la circulación de agua, remoción de sólidos, biofiltración, oxigenación y eliminación de gases. Asimismo, Berger (2020) indica que el sistema de recirculación se caracteriza por su gran eficiencia del

espacio y del agua, facilitando la aplicación de medidas de bioseguridad y además de tener mayor prevención y control de enfermedades.

Esta investigación tuvo como objetivo general determinar la crianza de "tilapia" *Oreochromis niloticus* en sistema RAS bajo dos densidades a menor escala.

2. Materiales y Métodos

Área de Investigación

La investigación se llevó a cabo en el laboratorio SL04LA04 del Departamento de Pesquería de la Universidad Nacional de Trujillo.

Población y Muestra

Se empleó un total de 40 alevines de "tilapia" *Oreochromis niloticus* de 0,9 a 1,2 g. Los alevines fueron distribuidos en dos tratamientos a diferentes densidades, T1 - 12 individuos/m³ y T2 - 28 individuos/m³.

Elaboración de sistema RAS

Se realizó mediante la instalación de dos tanques IBC de 1m³, de polietileno, utilizando un volumen de 850 L. Se diseñaron dos decantadores artesanales con baldes de plástico de 20 L, con función de retener los sólidos en suspensión formado por la excreción y alimento restante, quedando el agua en la superficie para continuar con su recirculación, la cual era lavada cada tres días. El filtro mecánico estuvo compuesto por seis esponjas de 28 cm de diámetro y 1,5 cm de espesor, también se usó dos piezas de perlón de 30 x 15 cm. La función de este filtro fue remover los desechos sólidos restantes que pasaban del decantador y a la vez evita la saturación de las capas posteriores para mayor fluidez del agua en el sistema. Este filtro fue lavado de manera semanal y reemplazado por nuevas capas cada fin de mes. El filtro biológico fue diseñado en base a Cáceres (2017), lo cual estuvo formado por 60 paños de malla de 20 x 12 cm, 180 tarugos de 3/8 mm, 60 piezas de 6 cm de manguera corrugada, 3 Kg de gravilla y 3 Kg de piedras. Esta parte de filtración fue lavada de manera semanal. El filtro químico estuvo conformado por 3 Kg de carbón activo a granel, su función fue remover los iones metales que puedan afectar a la salud de los peces. Los decantadores y filtros artesanales fueron ubicados a una altura de 1,60 m en un espacio de 3m³ en el laboratorio. Para el sistema de recirculación del agua se usó una manguera ¾ reforzada a través de una bomba marca SOBO 240 V, y para la temperatura se manejó con tres termostatos marca SOBO 300W por tanque para llegar a la

temperatura adecuada de 28°C. El sistema estuvo conectado a una línea de aireación con piedras difusoras mediante tuberías de aire a un blower de aire marca GEBIAO de 250 W a 3400 r/min (Fig.1).



Figura 1. Parte externa del sistema de recirculación - RAS conformada por: B: blower de aireación, T1: Tanque IBC para el primer tratamiento, T2: Tanque IBC para el segundo tratamiento, H: hoja de identificación, D: decantador, F: filtro artesanal, M: mangueras de salida y entrada del agua, T: termómetros digitales.

Muestra biológica de tilapia nilótica

Los alevines de *O. niloticus* fueron adquiridos del Centro de Producción Acuícola FISH & AQUACULTURE en octubre del 2022 y fueron trasladados al laboratorio de Acuicultura SL04LA04 de la Universidad Nacional de Trujillo. La aclimatación de los alevines se realizó colocando la bolsa en el primer tanque y se dejó reposar por 30 minutos hasta alcanzar la temperatura de 28 °C, luego se realizó el conteo de alevines según su tratamiento para cada tanque, procediéndose a incorporarlos al medio. La siembra se realizó seleccionando los alevines por cada tratamiento, en el tratamiento 1-T1 con 12 individuos y en el tratamiento 2 - T2 se pusieron 28 individuos considerando la talla y peso de manera uniforme, para su posterior siembra en los tanques.

Parámetros físico – químicos

Se registró los parámetros físicos y químicos diariamente para cada tratamiento T1 y T2, como la temperatura del agua, con un termómetro digital, el pH con un phmetro digital, el oxígeno disuelto mediante un multiparámetro, marca "YSI 550ª", y para los parámetros químicos como amonio, nitrato y nitrito se determinó mediante un set Master Test Kit Api, guiado por una cartilla de instrucciones.

Alimentación

Se utilizó alimento balanceado extruido AQUATECH de diámetro 2 y 4 mm de 40 y 35 % de proteína con una

frecuencia de tres veces al día, con una tasa de alimentación inicial de 10 % que se reguló cada semana, basándose en la tabla de alimentación de la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (2022) en sistema controlado.

Biometría

La biometría de las tilapias se realizó en ambos tratamientos T1 y T2 de manera semanal, la longitud se registró con un vernier digital de 150 mm, posteriormente se utilizó un ictiómetro, y para el peso se determinó con una balanza digital marca CAMRY de 1 g a 5 kg de capacidad. Fueron extraídos con la ayuda de un carcal y depositadas a un balde de 20 L para el desarrollo de la biometría, paralelamente se realizó el recambio del agua del 25 % cada 15 días.

Procesamiento de datos

Biomasa (Baltazar & Palomino, 2004)

$$B = N * W$$

Donde:

B: biomasa (g)

N: número de peces

W: peso promedio (g)

Cantidad de alimento suministrado

$$C.A = B * TA * d$$

Donde:

B: biomasa (kg)

TA: tasa de alimentación

d: número de días

Incremento de peso (Parra et al., 2021)

$$\Delta P = Pf - Pi$$

Donde:

ΔP : Incremento de peso

Pf: peso final

Pi: peso inicial

Incremento de longitud

$$\Delta L = Lf - Li$$

Donde:

ΔL : Incremento de longitud

Lf: longitud final

Li: longitud inicial

Factor de conversión alimenticia (Zafra et al., 2019)

$$FCA = \text{cantidad de alimento(g)} / \Delta \text{Biomasa}$$

Donde:

FCA: factor de conversión alimenticia

Δ Biomasa: Diferencia de biomasa final – biomasa inicial

Eficiencia de conversión alimenticia

$$\% ECA = 1 / FCA * 100$$

Donde:

FCA: factor de conversión alimenticia

N_0 : número inicial de peces

Factor de condición (Nuñez, 2017)

N_t : número final de peces

$$FC = PT / L^3 * 100$$

Supervivencia

$$S = 100 - A$$

Donde:

Donde:

PT: Peso total (g)

S: Supervivencia

L^3 : Longitud total (cm)

A: Mortalidad

Tasa específica de crecimiento (Alvarado et al., 2014)

$$TEC = (\ln Pf - \ln Pi) / t * 100$$

Donde:

Análisis estadístico

ln: logaritmo natural

Sé utilizó un diseño experimental y con los datos recopilados en la investigación fueron registrados los datos de crecimiento de *O. niloticus* en ambos tratamientos, donde fueron evaluados con la prueba de análisis de varianza - ANOVA con un nivel de confianza del 95 %, procesado por medio de la hoja de cálculo del software Microsoft Excel, versión 2019.

Pf: peso final

Pi: peso inicial

t: tiempo (días) del cultivo

Tasa de crecimiento absoluto en peso (Porteros, 2019)

$$TCW(p) = (\text{peso promedio final}) - (\text{peso promedio inicial}) / \text{periodo de días}$$

Tasa de crecimiento absoluto en longitud

$$TCW_{(l)} = (\text{longitud promedio final}) - (\text{longitud promedio inicial}) / \text{periodo de días}$$

Mortalidad

$$A = N_0 - N_t / N_0 * 100$$

Donde:

A: Mortalidad

3. Resultados

El crecimiento de *O. niloticus* para en tratamiento 1 - T1, presentó un rango entre 4,0 a 19,6 cm en longitud y en peso promedio fue de 1,5 a 163,0 g en 119 días de crianza (Tabla 1).

Tabla 1. Longitud (cm) y peso promedio de *O. niloticus* de crianza en el tratamiento T1 (12 peces/m³) alcanzado durante 119 días de crianza.

Mes	Semanas	Longitud (cm)	Peso (g)
Octubre	0	4,0	1,5
	1	5,1	2,6
	2	6,2	4,4
	3	7,2	7,3
	4	8,5	11,5
Noviembre	5	9,4	16,9
	6	10,7	24,6
	7	11,7	32,6
	8	12,7	45,2
Diciembre	9	13,3	54,0
	10	14,4	66,3
	11	15,3	78,8
	12	16,4	93,1
Enero	13	16,9	107,1
	14	17,8	119,9
	15	18,3	133,9
	16	19,0	145,9
	17	19,6	163,0

Existió un aumento de longitud de 4 a 19,6 cm y un peso de 1,5 a 163,0 g del tratamiento 1, esto indica que hay una relación directa entre el aumento del peso y la longitud, ya que la longitud aumenta a medida que aumenta el peso (Fig. 2).

Para los valores promedios mínimos y máximos de longitud (cm) se tuvo rangos de 3,5 a 23,6 cm, con promedio final de 19,6 cm, en cuanto al peso el valor

mínimo fue de 0,8 g a un máximo de 262,0 g, teniendo como promedio final a 163,0 g (Tabla 2).

Para el crecimiento de la crianza de *O. niloticus* para el tratamiento 2 - T2, su longitud promedio fue de 4,0 a 19,0 cm y su peso promedio fue de 1,5 a 136,9 g de octubre 2022 a enero 2023 en 119 días de crianza (Tabla 3).

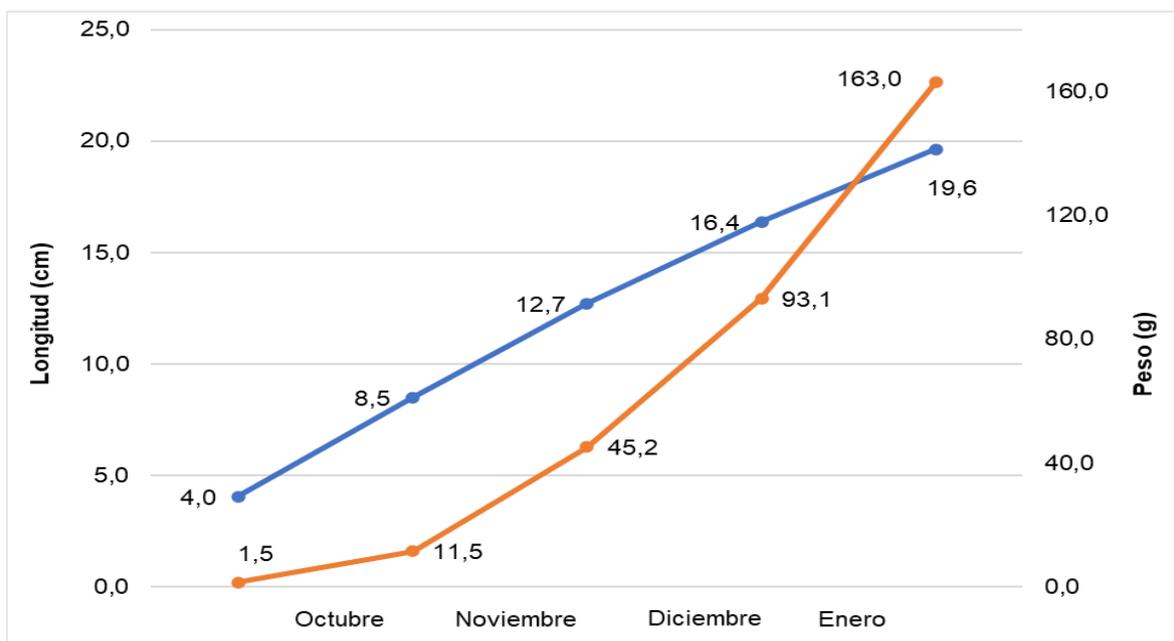


Figura 2. Curva de crecimiento en relación a la longitud (-) (cm) y peso (-) (g) del tratamiento 1 - T1 con 12 individuos/m3.

Tabla 2. Valores promedios, mínimos y máximos de longitud (cm) y peso (g) de tratamiento 1 – T1 (12 peces/m3).

Mes	Fecha	Longitud (cm)		Promedio (cm)	Peso (g)		Promedio (g)
		Mínimo	Máximo		Mínimo	Máximo	
Octubre	2-Oct	3,5	4,7	4,0	0,8	2,2	1,5
	9-Oct	4,5	5,8	5,1	1,6	3,8	2,6
	16-Oct	5,3	7,4	6,2	2,3	7,6	4,4
	23-Oct	5,5	8,9	7,2	2,7	13,3	7,3
	30-Oct	5,9	10,1	8,5	3,2	20,2	11,5
Noviembre	6-Nov	6,3	11,6	9,4	3,9	28,6	16,9
	13-Nov	6,8	13,1	10,7	4,6	40,7	24,6
	20-Nov	6,9	14,1	11,7	4,8	56,1	32,6
	27-Nov	7,1	15,6	12,7	5,2	81,3	45,2
Diciembre	4-Dic	7,1	16,2	13,3	5,3	94,0	54,0
	11-Dic	7,4	17,4	14,4	5,6	107,0	66,3
	18-Dic	7,5	18,0	15,3	7,0	121,0	78,8
	25-Dic	7,9	19,5	16,4	7,4	147,0	93,1
Enero	1-Ene	8,0	20,3	16,9	8,0	187,0	107,1
	8-Ene	8,5	21,3	17,8	8,4	200,0	119,9
	15-Ene	9,0	22,3	18,3	11,0	226,0	133,9
	22-Ene	9,5	23,0	19,0	13,0	245,0	145,9
	29-Ene	10,0	23,6	19,6	18,0	262,0	163,0

Tabla 3. Longitud (cm) y peso(g) promedio de *O. niloticus* en el tratamiento T2 (28 peces/m3) alcanzado durante 119 días de crianza.

Mes	Semanas	Longitud (cm)	Peso (g)
Octubre	0	4,0	1,4
	1	4,9	2,2
	2	6,0	3,7
	3	7,0	6,0
	4	8,2	9,1
Noviembre	5	9,1	13,8
	6	10,2	19,7
	7	11,2	26,5
	8	12,0	37,8
	9	12,8	44,1
Diciembre	10	13,6	54,1
	11	14,5	64,5
	12	15,6	76,1
	13	16,4	89,4
	14	17,0	98,8
Enero	15	17,8	111,6
	16	18,4	122,3
	17	19,0	136,9

Se encontró que la longitud se incrementó en 15 cm mientras que su peso aumento en 135,4 g durante los cuatro meses. Durante los primeros dos meses, se observó un aumento en la longitud de 4 cm, seguido por

un aumento de 3 cm en los dos meses siguientes. Asimismo, se registró un incremento progresivo en el peso, con un aumento de 7,6 g en octubre, 29 g en noviembre, 38,3 g en diciembre y 60,8 g en enero (Fig.3).

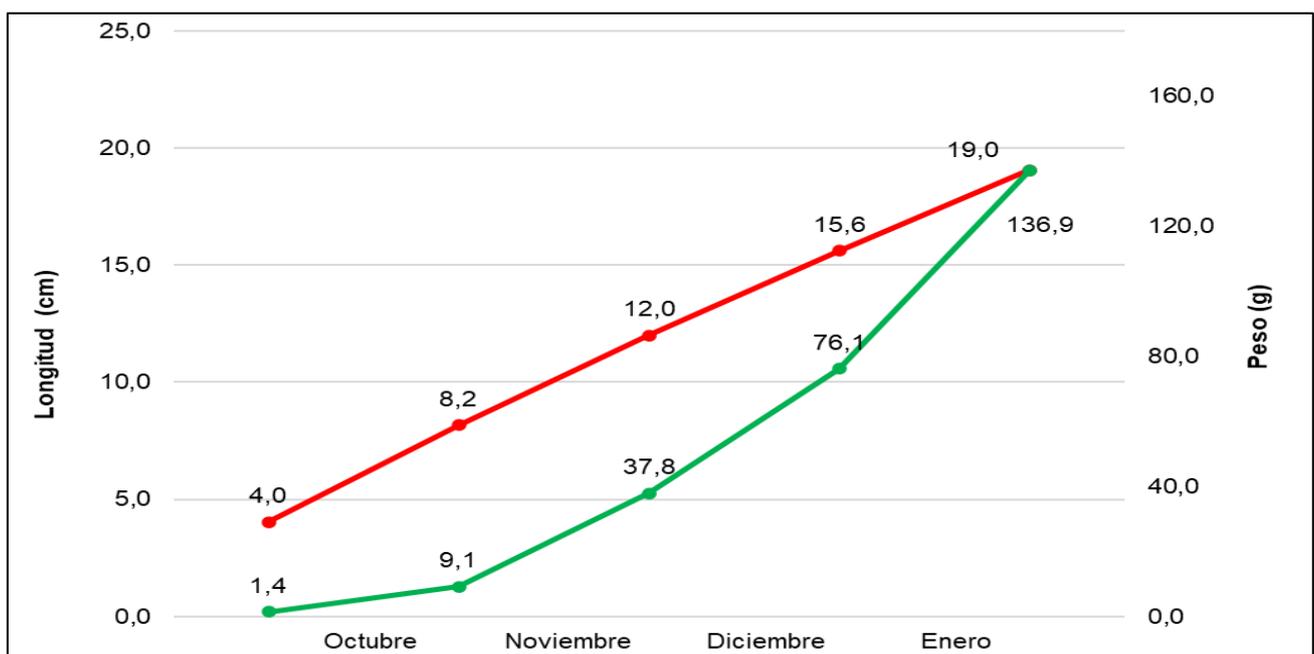


Figura 3. Curva de crecimiento en relación longitud (-) (cm) y peso (-) (g) del tratamiento 2 – T2 con 28 individuos/m3.

Para la longitud y peso promedio se observó rangos mínimos de 3,4 cm y 0,7 g y máximos de 23,7 cm y 235,0 g. con resultados promedios finales de longitud a 19 cm y peso con 136,9 g.

Las longitudes de *O. niloticus* para ambos tratamientos T1 y T2, fue similar en octubre y de noviembre a enero se observó diferencias de 0,71; 0,78 y 0,58 cm (Fig. 4).

Tabla 4. Valores promedios, mínimos y máximos de longitud (cm) y peso (g) de tratamiento 1 – T1 (12 peces/m3).

Mes	Fecha	Longitud (cm)		Promedio (cm)	Peso (g)		Promedio (g)
		Mínimo	Máximo		Mínimo	Máximo	
Octubre	2-Oct	3,4	4,9	4,0	0,7	3,0	1,4
	9-Oct	4,3	5,8	4,9	1,3	3,4	2,2
	16-Oct	5,1	7,1	6,0	2,1	5,8	3,7
	23-Oct	5,6	8,3	7,0	2,6	10,2	6,0
	30-Oct	5,9	9,8	8,2	2,9	16,9	9,1
Noviembre	6-Nov	6,3	11,1	9,1	3,8	25,0	13,8
	13-Nov	6,7	12,4	10,2	4,3	34,0	19,7
	20-Nov	7,1	13,7	11,2	5,2	47,9	26,5
	27-Nov	7,4	15,1	12,0	7,0	73,8	37,8
Diciembre	4-Dic	7,8	16,4	12,8	7,4	86,0	44,1
	11-Dic	8,4	17,3	13,6	9,0	98,0	54,1
	18-Dic	8,5	18,0	14,5	11,0	116,0	64,5
	25-Dic	9,1	19,6	15,6	13,0	147,0	76,1
Enero	1-Ene	9,6	20,5	16,4	14,0	197,0	89,4
	8-Ene	10,0	21,6	17,0	16,0	177,0	98,8
	15-Ene	10,8	22,4	17,8	20,0	194,0	111,6
	22-Ene	11,0	23,0	18,4	20,4	206,0	122,3
	29-Ene	11,3	23,7	19,0	21,0	235,0	136,9

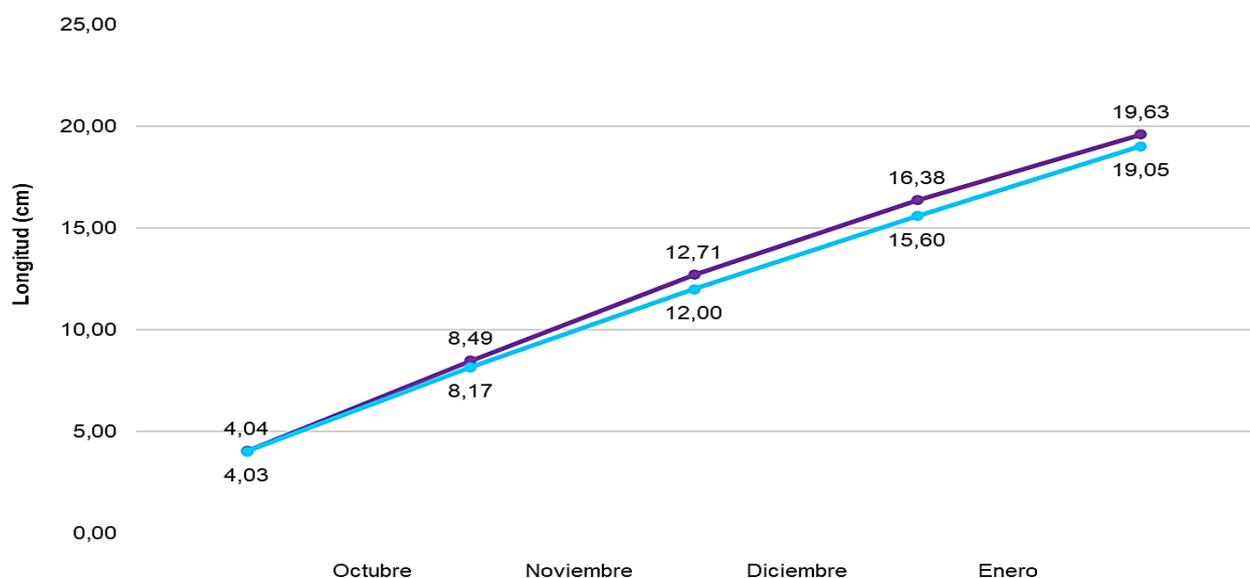


Figura 4. Comparación de longitudes promedio T1(-) y T2(-) de *O. niloticus* de octubre 2022 a enero 2023.

Los pesos (g) fluctuaron de 1,48 g a 163,00 g de octubre a enero 2023 en el tratamiento 1 y de 1,45 g a 136,93 g en el tratamiento 2, notándose que en T 1 y T2 el peso

incrementó a partir de noviembre alcanzado pesos de 163,00 y 136,93 g (Fig.5).

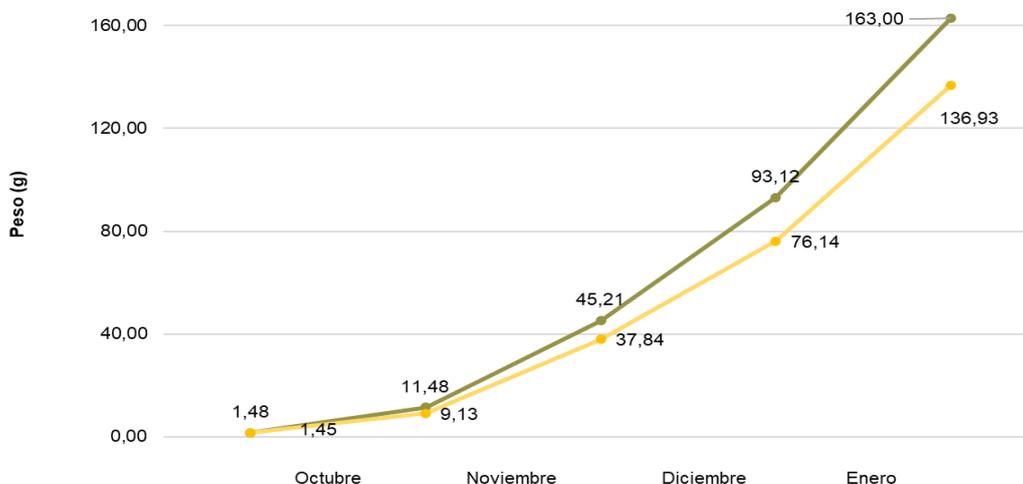


Figura 5. Comparación de pesos (g) de T1(-) y T2(-) en la crianza de *O. niloticus* en un sistema de recirculación durante octubre 2022 a enero 2023.

En resumen, los parámetros de crecimiento podemos decir que el tratamiento T1 con 12 peces/m³ (T1) logró mejores resultados en peso promedio (163,0 g), longitud promedio (19,6 cm) tasa de crecimiento absoluto en

peso (3,98 g/día), tasa específica de crecimiento (6,8 %/día), factor y eficiencia de conversión alimenticia de 1,33 y 75, 19 % con un factor de condición de 2,09 % y una supervivencia al 100 %.

Tabla 5. Parámetros de crecimiento en la crianza de "tilapia" *O. niloticus* en sistema RAS bajo dos densidades a menor escala.

PARÁMETROS	T1 (12 peces/m ³)		T2 (28 peces/m ³)	
	SIEMBRA	COSECHA	SIEMBRA	COSECHA
Fecha (dd/mm/aa)	2/10/2022	29/01/2023	2/10/2022	29/01/2023
Longitud promedio (cm)	4,04	19,63	4,03	19,05
Incremento en longitud(cm)	-	15,59	-	15,02
TCW (l) Tasa de crecimiento absoluto en longitud (cm/día)	-	0,15	-	0,14
Peso promedio (g)	1,48	163,00	1,45	136,93
Incremento en peso (g)	-	161,52	-	135,48
TCW (p) Tasa de crecimiento absoluto en peso (g/día)	-	3,98	-	3,40
TEC - Tasa específica de crecimiento (%/día)	-	6,79	-	6,20
Tasa de alimentación (%)	10,00	2,00	10,00	2,00
Alimento suministrado (Kg)	-	2,32	-	4,93
Biomasa (Kg)	0,02	1,75	0,04	3,70
Δ Biomasa (Kg)	-	1,73	-	3,66
FCA - Factor de conversión alimenticia total	-	1,33	-	1,35
ECA - Eficiencia de la conversión alimenticia (%)	-	75,19	-	74,16
FC - Factor de condición (%)	-	2,09	-	1,94
Mortalidad (%)	-	0,00	-	3,57
Supervivencia (%)	100,00	100,00	100,00	96,43

En relación a los parámetros físicos y químicos, se registró intervalos aceptables para esta especie, la temperatura del ambiente fluctuó entre 23,8 y 27,0°C, con 25,6 °C de promedio; en la temperatura del agua tuvo un rango desde 28,2 a 28,6°C con promedio de

28,4°C; el pH se mantuvo constante con un promedio de 7,34; el oxígeno disuelto varió desde 4 a 6 mg/L con promedio de 5,82 mg/L; en cuanto a los valores de amonio, nitrito y nitrato se registraron promedios de 0,33; 0,35 y 0,04 ppm (Tabla 6).

Tabla 6. Valores promedios mensuales de parámetros físico - químicos en los tratamientos T1 (12 peces/m³) y T2 (28 peces/m³) en el sistema de recirculación.

Meses	T° ambiente (°C)	T° del agua (°C)	pH	Oxígeno disuelto (mg/L)	Amonio (ppm)	Nitrito (ppm)	Nitrato (ppm)
Octubre	23,8	28,2	7,31	4,00	0,20	0,20	0,00
Noviembre	24,7	28,3	7,33	4,98	0,34	0,36	0,03
Diciembre	26,9	28,5	7,35	5,82	0,37	0,40	0,05
Enero	27,0	28,6	7,37	6,07	0,41	0,45	0,08
Promedio	25,6	28,4	7,34	5,22	0,33	0,35	0,04

Se aplicó análisis de varianza de las longitudes promedios de *O. niloticus* de ambos tratamientos T1 (12 peces/m³) y T2 (28 peces/m³) donde se observó que el valor crítico de F con 4,130 es superior que el F calculado

con 0,154, determinando así que no existió una diferencia significativa entre las longitudes de los dos tratamientos (Tabla 7).

Tabla 7. Varianza de las longitudes promedios de T1 y T2 de la crianza de *O. niloticus* en el sistema de recirculación.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2,124	1	2,124	0,088	0,767	4,130
Dentro de los grupos	815,913	34	23,997			
Total	818,038	35				

Asimismo, para los pesos promedios el valor crítico para F fue de 4,130 siendo superior que el F calculado con 0,492 observándose así que no existe ninguna diferencia

significativa en los pesos promedios de los dos tratamientos (Tabla 8).

Tabla 8. Varianza de los pesos promedios de T1 y T2 de la crianza de *O. niloticus* en el sistema de recirculación.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1006,788	1	1006,788	0,404	0,528	4,130
Dentro de los grupos	84527,380	34	2486,099			
Total	85534,1692	35				

4. Discusión

El Sayed (2006) y Hernández et al. (2016) reportan que la temperatura óptima para la tilapia es de 28 °C a 28,2 °C lo que coincide con la investigación que fue de 28,4 °C, donde se mantuvo fijado con termostatos, igualmente Oliva et al. (2019) mencionan que una temperatura estable durante el crecimiento de las tilapias es crucial para su buen desarrollo.

Según Baltazar & Palomino (2004) y Saavedra (2006) afirman que el pH óptimo para la crianza de tilapias es de 6 a 9, lo cual para la investigación se encontró un pH de 7,3 que coincidió con los resultados encontrados por Solís et al. (2010) y Coreas et al. (2021) con 7,1 y 7,7 lo que podemos decir que se mantuvo dentro del rango y fue constante en 7 favoreciendo a la eficiente recirculación del agua.

Oviedo et al. (2013), Espinal & Matulíe (2019) y Vargas et al. (2021) indican que el oxígeno disuelto en el rango de 4,5 a 9,0 mg/L son favorable para el crecimiento del pez, y en la investigación se tuvo un valor promedio de 5,2 mg/L, encontrándose dentro del rango reportado, esto debido a que se manejó dos líneas de aireación mediante piedras difusoras permitiendo obtener una buena aireación en los tanques de cultivo.

En cuanto a los parámetros de amonio, nitrito y nitrato en la investigación tuvieron valores de 0,33, 0,35 y 0,04 ppm, respectivamente, siendo similares a los encontrados por Cantor (2007), Al-Hafedh et al. (2008) dentro de los rangos tolerables indicados. Estos resultados fueron posiblemente debido al recambio y limpieza regular del sistema, lo que permitió mantener bajos los niveles de nitrato, como lo hace notar Perdomo et al. (2012) y Rivas et al. (2021) en sus investigaciones.

En la crianza de *O. niloticus* mantener una calidad adecuada del agua fue un aspecto fundamental y requiere un monitoreo y control cuidadoso en los parámetros físico – químicos para garantizar la supervivencia, el crecimiento y la salud de los peces.

El factor de conversión alimenticia promedio fue de 1,33 para T1 y 1,35 para T2, lo que difiere con Rueda et al. (2013) que reporta con valores superiores de 1,88. García (2010) sugiere que un FCA mayor a 2 indica una baja eficiencia en la conversión del alimento a biomasa por parte de los peces, y lo ideal es que sea cercano a 1. Como lo hace notar Nuñez (2017) y Garrido et al. (2020) en sus

investigaciones con valores que fluctuaron de 1,33 a 1,37 los cuales fueron similares al de la investigación T1 y T2 con 1,33 y 1,35 demostrando una adecuada conversión de 1 Kg de alimento para 1 kg de tilapia.

En cuanto a la eficiencia de la conversión alimenticia (ECA) de *O. niloticus*, según las investigaciones de Castro (2012) varió en 50 %, siendo inferior a los obtenidos en esta investigación, teniendo una eficiencia para T1 y T2 de 75,2 y 74,2 %. Estos resultados fueron similares a los encontrados por Zafra et al. (2019) con 71,4 % con *O. aureus*, esto se debió a la alta cantidad de proteína en la dieta y la temperatura adecuada.

Baltazar & Palomino (2004) afirman que la tasa de alimentación decrece a medida que los individuos aumentan su tamaño y peso, en tal sentido se trabajó iniciando con una tasa del 10 % lo cual se alimentó disminuyendo hasta 2 %, lo que coincide también con Vidal et al. (2017), esto sucede porque se manejó una tabla de alimentación actualizada de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2022) conforme a la evaluación biométrica de *O. niloticus* semanal para ambos tratamientos.

Cantor (2007) y García, et al. (2012) reportan resultados de crecimiento en 119 días, con pesos promedios de 162 y 147 g, respectivamente, siendo similar a la investigación logrando mayor peso y longitud en el tratamiento 1 con 163 g y 19,63 cm a diferencia del tratamiento 2 con 136,9 g y 19,04 cm. Comparado con Castro (2012) obtuvo un crecimiento menor en 176 días con 125,8 g debido a su densidad de 100 peces/m³

Esto sucede porque la tilapia es influenciada por la densidad y el espacio de crianza, mejor dicho, a mayor densidad, menor ganancia de peso y mayor tiempo de crianza. A pesar de encontrar investigaciones con diferentes densidades, estas no presentaron diferencias significativas al igual que nuestra investigación

De acuerdo con Timmons & Ebeling (2010) y Malone (2013), consideran que manteniendo los parámetros físico-químicos adecuados en un sistema de recirculación se pueden mejorar las tasas de crecimiento en los organismos cultivados. Como se puede afirmar en las investigaciones de Yakubu et al. (2013), Gullian y Arámburu (2013) y Rueda et al. (2013), lo cual trabajaron de 32 a 55 peces/m³ con una tasa específica de crecimiento mayor de 4 %/día, lo que coincidió con los resultados encontrados en la investigación siendo

superior T1 con 6,8 %/día a diferencia de T2 con 6,2 %/día.

Sin embargo, se encontró que a altas densidades de siembra mayores a 60 peces/m³, como la encontrada en Hernández et al., (2016) tiene tasa de crecimiento inferiores a 2 %/día, lo que posiblemente se deba a la densidad de carga. Rueda et al. (2013) y Embus & Morales (2019) reportan que obtuvieron una tasa de crecimiento absoluto en peso de 1,68 y 1,53 g/día, siendo menores a los encontrados en la investigación para ambos tratamientos T1 y T2 con 3,98 y 3,40 g/día, teniendo mayor tasa de crecimiento en el tratamiento 1.

Nuñez (2017) manifiesta que obtuvo una tasa de crecimiento absoluto en longitud que fue de 0,10 cm/día, lo que es similar con lo obtenido de esta investigación con 0,15 y 0,14 cm/día para T1 y T2.

Porteros (2019) sostienen en sus investigaciones que factores de condición (K) de 3,70 % demuestra la relación volumétrica en función del peso y longitud siendo similares a los obtenidos en la presente investigación para T1 y T2 con 2,09 y 1,94 %. Nuñez (2017) argumenta que los peces mayores a 1 % gozan de buena salud, estando de acuerdo a nuestros resultados ya que esto sucede porque fue influenciado con el recambio del agua del 25 %.

Kubitza (2009) reporta que en la producción de tilapia la mortalidad total no debe superar el 10 %. Castro (2012) obtuvo el 3 % en su investigación similar con nuestros resultados obtenidos, dado que tenemos en T2 con 3,6 % de mortalidad, y en T1 no se presentó mortalidad, porque fue manejado con menor cantidad de peces a diferencia de T2 que se trabajó con más del doble de individuos siendo propensos al estrés.

Medina et al., (2022) y Nuñez (2017), obtuvieron una supervivencia que varió entre el 95,8 y 100 % lo que coincide en esta investigación con 100 (T1) y 96,4 % (T2) de supervivencia, logrando así una buena supervivencia debido al mayor control posible en el sistema de recirculación.

5. Conclusiones

Se concluyó que en la crianza de *O. niloticus* en 119 días en sistema RAS bajo dos densidades de 12 y 28 individuos/m³, el crecimiento en longitud en el tratamiento 1 fue de 19,6 cm y 163,0 g y en el tratamiento

2 fue de 19,0 cm y 136,9 g sin diferencia significativa estadísticamente. El factor de conversión alimenticia fluctuó 1,33 a 1,35 y la eficiencia de conversión alimenticia fue de 75,2 al 74,2% con una supervivencia de 100 y 96,4 % respectivamente.

5. Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento a la Universidad Nacional de Trujillo, a las personas que brindaron su respaldo para llevar a cabo esta investigación en el SL04LA04 – Laboratorio de Acuicultura en el Departamento de Pesquería.

6. Contribución de los autores

J.E.F.A: Adquisición, redacción, análisis y la interpretación de los datos.

A.N.G.S: Concepción, redacción y el diseño del estudio.

A.M.Z.T: Redacción y la aprobación definitiva de la versión que se presenta.

7. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

8. Referencias Bibliográficas

- Al-Hafedh, YS, Alam, A. y Beltagi, MS (2008). Producción de alimentos y conservación de agua en un sistema acuapónico de recirculación en Arabia Saudita en diferentes proporciones de alimento para peces a plantas. *Revista de la Sociedad Mundial de Acuicultura*, 39 (4), 510–520. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2008.00181.x>
- Alvarado-Claudett, K., Joutex-Orben, J., Tacuri-Cevallos, G., Torres-Noboa, A., Parra-Riofrío, G. (2022). Eficiencia de una dieta con base en harina de lenteja (*Lens culinaris*), en el crecimiento de alevines de tilapia. *Revista Iberoamericana de Acuicultura*, Vol. 4(1), 40-52.
- Baltazar, P. & Palomino, A. (2004). *Manual de cultivo de tilapia*. Edición – FONDEPES.
- Berger, C. (2020). La acuicultura y sus oportunidades para lograr el desarrollo sostenible en el Perú. *South Sustainability*, Vol.1, 1 – 11. <https://doi.org/10.21142/SS-0101-2020-003>
- Cáceres, R. (2017). Filtración mecánica, química y biológica. *Scientific bigData*, Vol. 1(1),1-15.
- Cantor, F. (2007). *Manual de producción de tilapia*. Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla. Puebla, México. 59 pp.
- Castro, J. (2012). Efecto de dos dietas con diferente nivel proteico en la crianza de *Oreochromis niloticus* "tilapia" en sistema cerrado. [Tesis para título, Universidad Nacional de Trujillo].
- Coreas, A., Gutiérrez, J., Rodríguez, E. & Flores, J. (2021). Evaluación de diferentes densidades de siembra de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en estanques artesanales de agua dulce en San Luis Talpa, La Paz, El Salvador. *Revista Agrociencia*, 5(21), 16–23. <https://www.agronomia.ues.edu.sv/agrociencia/index.php/agrociencia/article/view/10/11>
- El Sayed, A. (2006). *Tilapia Culture*. Oxfordshire: CABI Publishing,1-277.
- Embus, N., & Morales, Á. (2019). Efecto del sistema de aireación sobre el rendimiento de tilapia roja en estanques de geomembranas en Garzón-Huila. *Revista de Investigaciones Agroempresariales*, 6(1)1-12. <https://doi.org/10.23850/25004468.4662>
- Espinal, C. & Matulí, D. (2019). *Recirculating Aquaculture Technologies*.

- En: Goddek, S., Joyce, A., Kotzen, B., Burnell, GM (Ed.) Aquaponics Food Production Systems, (pp.1-42). Springer, Cham https://doi.org/10.1007/978-3-030-15943-6_3
- García, A., Tume, J., & Juárez, V. (2012). Determinación de los parámetros de crecimiento de la Tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus*) en un estanque revestido con geomembrana y abastecido con agua de subsuelo. *Ciencia y desarrollo*, 15(2), 46- 55. <http://repebis.upch.edu.pe/articulos/cienc.desarro/v15n2/a5.pdf>
- García, U. (2010). Acuicultura rural en la Costa Sur de Jalisco: caso de estudio. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 14(2), 29-48.
- Garrido, E., Annichiárico, N., Guevara, C. (2020). Evaluación del rendimiento productivo de la tilapia roja en sistemas de recirculación acuícola en el CAA. *Revista INNDECOMM*, Vol. 1(2), 1-8.
- Gullian-Klanian, M, & Arámburu-Adame, C. (2013). Performance of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fingerlings in a hyper-intensive recirculating aquaculture system with low water exchange. *Latin american journal of aquatic research*, 41(1), 150-162. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=175025740011>
- Hernández, E & Fajardo, H. (2019). Evaluación de la productividad de tilapia (*Oreochromis niloticus*) con tres pesos iniciales y tres densidades de siembra en un sistema de recirculación, Managua, 2017-2018. [Tesis para título, Universidad Nacional Agraria].
- Hernández-Barraza, C., Trejo-Martínez, A., Loredó-Ostí, J., & Gutiérrez-Salazar, G. (2017). Evaluación de la eficiencia productiva de tres cepas de reversión sexual de tilapia en un sistema de recirculación (RAS). *Revista Latinoamericana de Investigaciones Acuáticas*, 44 (4), 869-874. <https://dx.doi.org/10.3856/vol44-issue4-fulltext-24>
- Kaneshima, K., De la Cruz, K., Ponciano, M., Toledo, N., Culquichicón, Z. (2022). Efecto de la temperatura en el crecimiento de juveniles de *Oreochromis niloticus* tilapia en un sistema de recambio acuícola (RAS). *Manglar*, 19(1), 39-44. <https://doi.org/10.17268/manglar.2022.005>
- Kubitza, F. (2009). Produção de tilápias em tanques de terra: estratégias avançadas no manejo. *Panorama da Aqüicultura*, 1(15):14-21. http://www.acquaimagem.com.br/docs/Pan115_Kubitza.pdf
- Malone, R. (2013). Recirculating Aquaculture Tank Production Systems A Review of Current Design Practice. Southern Regional Aquaculture Center N°453.
- Mendoza, D. Berger, C. Berger, K. (2016). La acuicultura peruana - una mirada al 2025. *Infopesca*, Vol.1 (63), 18-19.
- Medina, L. de S., Emerenciano, MGC., Bittencourt, F., Brum, A., Souza, HB de., & Mello, GL. (2022). Sistema de recirculación de acuicultura: relaciones peso-longitud y factores de condición de cuatro especies de peces tropicales. *Investigación, Sociedad y Desarrollo*, 11 (4), 1-10. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i4.27368>
- Ministerio de la Producción. (2008). Declaración de Interés Nacional sobre el Desarrollo de la Acuicultura en el Perú. Decreto Supremo 020-2008-PRODUCE y Decreto Legislativo 1032. <https://vusp.produce.gob.pe/Content/docs/marco-legal/ds-020-2008-produce.pdf>
- Núñez, W. (2017). "Efecto de cuatro densidades de cultivo de *Oreochromis niloticus* (. tilapia) en fase de crecimiento, sobre los parámetros bioeconómicos". [Tesis para título, Universidad Nacional Agraria de la Selva].
- 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- 91. <https://doi.org/10.25127/aps.20193.506>
- Ornelas-Luna, R., Aguilar-Palomino, B., Hernández-Díaz, A., Hinojosa-Larios, J., Godínez-Siordia, D. (2017). Un enfoque sustentable al cultivo de tilapia. *Acta universitaria*, 27(5), 19-25. <https://doi.org/10.15174/au.2017.1231>
- Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (2022). Sistema de Información sobre Alimentos y Recursos Fertilizantes para la Acuicultura. FAO, Sec. Tablas - 28. https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/affris/docs/NileTilapiaSpAnishTables/NileTilapiaTabSp28.pdf
- Oviedo P, M., Brú C, S., Atencio G, V., & Pardo C. S. (2013). Potencialidad de la región costera de Córdoba -Colombia- para el cultivo de tilapia nilótica. *Revista MVZ Córdoba*, 18(3), 3781-3789
- Parra, J., Velásquez Arboleda, O., & Pineda Santis, H. (2021). Parámetros zootécnicos de tilapia roja *Oreochromis* sp con densidad diferencial y aireación constante. *Revista De Investigación De Agroproducción Sustentable*, 5(3), 39-47. <https://doi.org/10.25127/aps.20213.817>
- Perdomo, D., Corredor, Z., & Ramírez, L. (2012). Características físico-químicas y morfométricas en la crianza por fases de la tilapia roja (*Oreochromis* spp.) en una zona cálida tropical. *Zootecnia Tropical*, 30(1), 99-108. <http://ve.scielo.org/pdf/zt/v30n1/art11.pdf>
- Porteros, L. (2019). Crecimiento de *Oreochromis niloticus* "tilapia nilótica" etapa de levante cultivada a dos densidades en San Juan de Curumuy. 2018. [Tesis para título, Universidad Nacional de Piura].
- Reyes, M. (2012). Sistemas de recirculación en acuicultura: una visión y retos diversos para Latinoamérica. *Revista. Industria Acuícola*, Vol.8(2), 1-44. https://issuu.com/industriaacuicola/docs/edicion8_2
- Rivas Salazar, D., Silva-Acuña, R., Barrios Maestre, R., & Noriega Salazar, A. (2021). Recambio de agua, su efecto sobre características físico-químicas y crecimiento en juveniles de tilapia roja. *Revista ESPAMCIENCIA*, 12(1), 8-16. https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v12i1.260
- Rueda-López, S., Viana, MT, Badillo-Zapata, D., Martínez-Palacios, CA, & Correa-Reyes, G. (2013). Sustainable tilapia production in a backyard system for rural areas using fish byproducts in formulated diets. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 16(3) 475-482. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93929595017>
- Saavedra, M. (2006). Manejo del cultivo de tilapia. Documentación. Centro de Investigaciones de Ecosistemas Acuáticos (CIDEA-UCA), Managua, 1-24.
- Salazar-Murillo, L & Chacon, A & Herrera-Muñoz, J. (2023). Crecimiento, eficiencia y composición de tilapia (*Oreochromis aureus*) alimentada con lombriz roja (*Eisenia fetida*). *Nutrición Animal Tropical*, 17(1), 1-35.
- Sierralta. (2015). Cultivo de Tilapia: Técnicas y procedimientos. *Revista de Ciencia. Veterinaria*, Vol. 31(4), 1-16. <https://docplayer.es/85059520-Cultivo-de-tilapia-tecnicas-y-procedimientos.html>
- Solís, J., García, A., Ancona, A., Castillo, K., Sánchez, J. (2010). Evaluación de la densidad de siembra y factor de conversión alimenticia en el cultivo de Tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) en sistemas intensivos con bajos niveles de recambios de agua en tanques de fibra de vidrio. *Revista TechnoINTELECTO*, Vol 14(2), 26-34.
- Timmons, M.B. & Ebeling, J.M. (2010) *Recirculating aquaculture*, 2nd Edition. Cayuga Aqua Ventures.
- Valenzuela, R., Martínez, P., & Arévalo, J. (2017). Evaluación preliminar de un sistema de recirculación de aguas para un prototipo implementado en la producción de tilapia roja (*Oreochromis* sp.). *Revista Científica Ingeniería y Región*, 18(2), 25-33. <https://doi.org/10.25054/22161325.1737>
- Vargas, R., Grajales, J., Ríos Moreno, A., Guerra, R., Arjona, M., & Guerra, I. (2021). Evaluación de parámetros de desempeño zootécnico y bienestar animal en juveniles de Tilapia del Nilo en un sistema de recirculación. *Revista Investigaciones Agropecuarias*, 4(1), 72-88. https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias/article/view/2512
- Vidal, V., Olvera, M. Morales, V., Cuellar, J., Ríofrio, A., Morales, R., Barato, P., Chávez, M., García, & Montoya, L. (2017). Manual de Buenas Prácticas de Manejo para la Piscicultura en Agua Dulce. OIRSAOSPECA, C.A. pp. 145.
- Yakubu, A.F., Ajiboye, O.O, Nwogu, N.A., Ojaji, E.D., Adams, T.E., & Obule, E.E. (2013). Effect of stocking density on the growth performance of sex-reversed Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings fed chicken eggs diet. *World Journal of Fish and Marine Sciences*, 5(3): 291-295. [https://idosi.org/wjfm/wjfm5\(3\)13/11.pdf](https://idosi.org/wjfm/wjfm5(3)13/11.pdf)
- Zafra, A.; Díaz, M.; Dávila, F.; Fernández, R.; Vela, K.; & Guzmán, H. (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://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v26n2/a19v26n2.pdf>