

Recepción: 25 de junio de 2021

Aceptación: 19 de agosto de 2021

https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias**EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE DESEMPEÑO ZOOTÉCNICO Y BIENESTAR ANIMAL EN JUVENILES DE TILAPIA DEL NILO EN UN SISTEMA DE RECIRCULACIÓN**

Reynaldo Vargas¹, <https://orcid.org/0000-0002-5420-9761> Joseph Grajales¹ <https://orcid.org/0000-0002-1021-3945>
 Alex Ríos Moreno^{2*} <https://orcid.org/0000-0003-3117-9659> Reggie Guerra^{2,4} <https://orcid.org/0000-0001-8471-2862>
 Mario Arjona¹ <https://orcid.org/0000-0002-6100-1731> Ivonne Guerra^{3,5} <https://orcid.org/0000-0002-2289-9534>

¹Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Zootecnia, Panamá²Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Protección Vegetal, Panamá³Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Panamá⁴Sistema Nacional de Investigación (SNI), Panamá⁵Ministerio de Educación (MEDUCA), Panamá*reynaldo.vargas@up.ac.pa, joseph.grajales@up.ac.pa, alex.morenom@up.ac.pa, reggie.guerra@up.ac.pa,
mario.arjona@up.ac.pa, ivonne.guerra@up.ac.pa**RESUMEN**

En el presente estudio se evaluó el efecto del sistema de recirculación sobre el desempeño productivo y bienestar animal de juveniles de tilapia del Nilo. Se utilizaron 165 juveniles de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) con un peso promedio de 12.80 ± 0.25 g. El estudio se dividió en dos partes la primera se realizó una comparación de un sistema de flujo continuo y de recirculación a iguales densidades de 10 peces/tanque (T0 y T1 respectivamente). En la segunda parte se evaluó el desempeño productivo y bienestar animal en un sistema de recirculación a diferentes densidades de 10, 15 y 20 peces/tanque (T1, T2, T3, respectivamente). Se utilizaron tanques de 350 litros de volumen útil. Los resultados mostraron que el sistema de recirculación no afectó parámetros de desempeño zootécnico ni de bienestar animal (Mann-Whitney, Kruskal-Wallis, $p > 0.05$, respectivamente). Sin embargo, el T1 ahorró más de 95% del volumen de agua consumido por T0 durante los 35 días de estudio. El T3 incrementó la biomasa final en aproximadamente 100% comparado con T1 y de aproximadamente 20% con T2. El T2 incrementó la biomasa final en aproximadamente 30% comparado con T1. En conclusión, podemos decir que el sistema de recirculación puede ser una alternativa para la producción de peces en zonas con limitaciones de agua.

PALABRAS CLAVES: acuicultura, desempeño productivo, estrés, peces.

Recepción: 25 de junio de 2021**Aceptación:** 19 de agosto de 2021https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias

Volumen 4, N°1, pp. 72-88

Diciembre 2021 - Mayo 2022

Panamá

Periodicidad. Semestral

EVALUATION OF ZOOTECHNICAL PERFORMANCE PARAMETERS AND ANIMAL WELFARE IN NILE TILAPIA JUVENILES IN A RECIRCULATION SYSTEM

ABSTRACT

In the present study, the effect of the recirculation system on the productive performance and animal welfare of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) was evaluated. 165 Nile tilapia juveniles with an average weight of 12.8 ± 0.25 g were used. The study was divided into two parts, the first one was a comparison of a flow through and recirculation system at equal densities of 10 fish/tank (T0 and T1 respectively). In the second part, the productive performance and animal welfare were evaluated in a recirculation system at different densities of 10, 15 and 20 fish/tank (T1, T2, T3, respectively). 350 liter tanks of useful volume were used. The results showed that the recirculation system did not affect zootechnical performance or animal welfare parameters (Mann-Whitney, Kruskal-Wallis, $p > 0.05$, respectively). However, T1 saved more than 95% of the volume of water consumed by T0 during the 35 days of study. T3 increased the final biomass by approximately 100% compared to T1 and approximately 20% with T2. T2 increased the final biomass by approximately 30% compared to T1. In conclusion, we can say that the recirculation system can be an alternative for fish production in areas with water limitations.

KEYWORDS: aquaculture, fish, performance, stress.

Recepción: 25 de junio de 2021

Aceptación: 19 de agosto de 2021

https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias

INTRODUCCIÓN

La acuicultura de peces comestibles registró una producción de 80 millones de toneladas con un valor de mercado de 231,600 millones de USD, siendo la Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) la tercera especie cultivada a nivel mundial (FAO, 2018). La producción de esta especie se caracteriza por una alta variación en la adopción de tecnologías y manejos lo que se ve reflejado en las densidades cultivadas con rangos inferiores a 1 Kg/m³ hasta superiores a los 150 kg/m³ (Ono & Kubitza, 2003).

La heterogeneidad observada en la producción de tilapia del Nilo está muy relacionada con la sostenibilidad de la actividad en la medida que puede ser asociada a impactos ambientales (Mente *et al.*, 2006), como altos consumos de agua y al inadecuado manejo de las aguas residuales que pueden afectar severamente la actividad e incrementar los efectos del cambio climático (Badiola *et al.*, 2018).

Según estimaciones se considera que la población para el 2050 excederá los 9 billones de habitantes conllevando la necesidad de incrementar en un 50% la producción de alimento (Godfray *et al.*, 2010), la acuicultura continental puede hacer un aporte importante para alcanzar este volumen de producción si tomamos en cuenta que en el año 2016 representó el 64.2% de la producción mundial de peces comestibles cultivados (FAO, 2018). Sin embargo, la mayoría de las granjas acuícolas continentales en regiones tropicales y subtropicales requieren de altos volúmenes de agua por kilo de pez producido (Sharma *et al.*, 2013; Goddard & Delghyi 2019).

Los sistemas de recirculación en acuicultura (RAS, por sus siglas en inglés), son reconocidos por mejorar el aprovechamiento del agua (Dekker, 2009; Kristensen *et al.*, 2009), y decrecer impactos

Recepción: 25 de junio de 2021**Aceptación:** 19 de agosto de 2021https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias

Volumen 4, N°1, pp. 72-88

Diciembre 2021 - Mayo 2022

Panamá

Periodicidad. Semestral

ambientales como la eutrofización (Roque d'Orbcastel *et al.*, 2009). Pero uno de los principales desafíos de los RAS es mantener la calidad del agua (Ingle de la Mora *et al.*, 2003), garantizando una apropiada eliminación de metabolitos que pueden ocasionar estrés en las especies de cultivo (Schreck & Tort, 2016; Alfonso *et al.*, 2020) con efectos perjudiciales sobre el rendimiento, la salud y el bienestar de los peces (Martins *et al.*, 2010). El objetivo de este trabajo fue evaluar el desempeño productivo y bienestar animal de juveniles de tilapia del Nilo en un sistema de recirculación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio

La investigación se realizó en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá, ubicada en el corregimiento de Chiriquí, Chiriquí, Panamá, localizada a los 8°23'15.12'' de latitud norte y 82°19'47.48'' de longitud oeste, con una elevación de 26 msnm.

Animales experimentales

Un total de 300 peces (*Oreochromis niloticus*) de ambos sexos, fueron alojados en una tina de 750 litros, durante el periodo de aclimatación de 21 días a las condiciones experimentales. Después del periodo de aclimatación se seleccionaron 165 peces con un peso inicial de 12.80 ± 0.25 g., fueron distribuidos al azar en tanques de 400 litros (350 litros de volumen útil) de acuerdo con los tratamientos. Se alimentaron dos veces al día a una tasa de 4% de su peso vivo empleando un alimento comercial con 25% de proteína cruda (Tilapia 25%, Grupo CALESA®). El fotoperiodo se mantuvo en 12 horas luz 12 horas oscuridad (0600 am-0600pm).

Recepción: 25 de junio de 2021

Aceptación: 19 de agosto de 2021

https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias

Tratamientos y diseño experimental

El experimento se dividió en dos partes realizadas de forma simultánea. La primera se realizó una comparación de un sistema de flujo continuo (sistema abierto) y un sistema de recirculación (sistema cerrado) a una densidad constante de 10 peces/tanque. En la segunda parte se realizó una comparación de diferentes densidades en un sistema de recirculación (10, 15 y 20 peces/tanque). El experimento tuvo una duración de 35 días y se empleó un diseño completamente al azar con tres replicas.

Sistemas

El sistema de flujo continuo consistió en un caudal de entrada y salida constantes. El caudal de entrada se estableció tomando en cuenta la biomasa al final del ensayo, una tasa de alimentación del 4 % y el consumo de oxígeno disuelto por unidad de masa de alimento de 250 g/Kg. El sistema de recirculación estaba equipado con un sedimentador, un filtro mecánico de grava y arena y un filtro biológico de tapaderas plásticas de diferentes diámetros. El sedimentador y los filtros fueron montados dentro de tanques plásticos de 20 litros. La tasa de flujo del sistema de recirculación se ajustó tomando en cuenta la previsión de la biomasa final de mayor densidad a los 35 días de experimento.

Tratamientos

La primera parte del experimento se compararon dos tratamientos denominados flujo continuo T0 y sistema de recirculación T1, ambos a densidades fijas de 10 peces/tanque. En la segunda parte del experimento se compararon tres densidades en un sistema de recirculación 15 peces/tanque T2 y 20 peces/tanque T3.

Recepción: 25 de junio de 2021

Aceptación: 19 de agosto de 2021

https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias

Variables fisicoquímicas del agua

Temperatura y oxígeno disuelto fueron evaluadas diariamente en un horario matutino (08:00-10:00 am) utilizando un equipo multiparamétrico portátil HQ40D (HACH®). Adicionalmente se determinó amoníaco, nitrito, nitrato y pH empleando Kit colorimétrico para agua (API®).

Desempeño

Finalizada la etapa experimental se evaluaron las siguientes variables de desempeño: peso final (PF), ganancia de peso (GP), tasa de crecimiento específico (TCE), biomasa final (BF).

$$GP(g) = PF(g) - PI(g)$$
$$TCE = 100 (\ln PF(g) - \ln PI(g)) / \text{tiempo de experimento días}$$
$$BF (g) = \Sigma \text{ de peso de los peces de cada tratamiento}$$

Bienestar animal

Al final del experimento se evaluó la tasa ventilatoria contando el tiempo necesario para 20 movimientos operculares o bucales sucesivos. La estimación se realizó de forma visual adaptando la metodología propuesta por Barreto & Volpato (2011). También se evaluó el grado de erosión de la aleta caudal. La erosión de las aletas se definió como un cambio en el área total de las aletas y se estimó mediante la comparación del perfil de las aletas con una aleta perfecta. Para evaluar el grado de erosión se empleó la escala adaptada de Person-Le Ruyet & Le Bayon (2009), en donde: nivel 0: aleta perfecta, con las extremidades intactas, nivel 1: sin cambios serios en el área total de la aleta (<10%), nivel 2: disminución moderada en el área total de la aleta (<20%), nivel 3: disminución marcada en el área total de la aleta (<50%) y nivel 4: aletas cortas y disfuncionales, pérdida marcada del área total de la aleta (> 50%).

Recepción: 25 de junio de 2021

Aceptación: 19 de agosto de 2021

https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias

Consumo de agua

Se evaluó el consumo de agua en metros cúbicos durante la duración el ensayo del sistema de flujo continuo (T0) y del sistema de recirculación (T1). El caudal de agua en el sistema de flujo continuo fue determinado para mantener una concentración de oxígeno disuelto a la salida de tres miligramos por litro (3mg/L). Se consideró un recambio de agua de 35 litros diarios en el sistema de recirculación.

Análisis estadístico

Todos los datos se ingresaron en una hoja de cálculo Microsoft Excel para su procesamiento y el análisis estadístico se realizó con R versión 4.0.2 (R Core Team, 2020). Las variables fueron evaluadas por los supuestos de normalidad utilizando la prueba de Shapiro-Wilk's y con la prueba de Levene's para analizar la homogeneidad de varianzas si se cumplían estos supuestos serán analizadas con la prueba de t de student o ANOVA según los grupos. Si los datos no cumplían con estos supuestos se procedió a realizar un análisis utilizando pruebas no paramétricas. Diferencias entre sistemas de flujo continuo y sistema de recirculación en variables fisicoquímicas del agua, de desempeño y bienestar animal fueron evaluadas empleando la prueba no paramétrica de Mann-Whitney. Diferencias entre densidades en el sistema de recirculación fueron evaluadas empleando la prueba no para métrica de Kruskal-Wallis y corregidas por la prueba de Dunn's. Se utilizó un alfa de 0.05.

RESULTADOS

Los resultados muestran que no existen diferencias significativas ($p > 0.05$), en los valores de amoníaco, nitrito, nitrato, pH, oxígeno disuelto y temperatura entre T0 y T1 (Tabla 1).

Recepción: 25 de junio de 2021

Aceptación: 19 de agosto de 2021

https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias**Tabla 1.** Media \pm EE de amoníaco, nitrito, nitrato, pH, oxígeno disuelto y temperatura en los tratamientos T0 y T1.

Variables	Tratamientos		p
	Flujo continuo	Sistema de Recirculación	
Amoníaco mg/L	0.10 \pm 0.02 ^a	0.11 \pm 0.03 ^a	>0.99
Nitrito mg/L	0.07 \pm 0.02 ^a	0.10 \pm 0.02 ^a	0.42
Nitrato mg/L	6.00 \pm 1.10 ^a	7.5 \pm 1.83 ^a	0.85
pH	6.92 \pm 0.01 ^a	6.95 \pm 0.01 ^a	0.30
Oxígeno disuelto mg/L	5.74 \pm 0.01 ^a	5.77 \pm 0.01 ^a	0.13
Temperatura °C	29.13 \pm 0.10 ^a	29.03 \pm 0.10 ^a	0.55

mg/L= miligramos/Litros; °C grados centígrados.

Los valores dentro de las filas con letras diferentes en superíndice son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Los tratamientos T0 y T1 no mostraron diferencias significativas en peso final, ganancia de peso, tasa de crecimiento específico ($p > 0.05$, Tabla 2). La biomasa final fue de 438 \pm 1.77 g para T1 y 437 \pm 2.12 g para T2.

Tabla 2. Media \pm EE de peso final, ganancia de peso, tasa de crecimiento específico en los tratamientos T0 y T1.

Variable	Tratamientos		P
	Flujo continuo	Sistema de recirculación	
Peso final g	43.83 \pm 0.29 ^a	43.77 \pm 0.32 ^a	0.88
Ganancia de peso g	30.90 \pm 0.29 ^a	31.01 \pm 0.32 ^a	0.79
Tasa de crecimiento específico % g/día	2.51 \pm 0.04 ^a	2.53 \pm 0.03 ^a	0.44

g= gramos; % g/día = porcentaje de gramos/días.

Los valores dentro de las filas con letras diferentes en superíndice son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Recepción: 25 de junio de 2021

Aceptación: 19 de agosto de 2021

https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias

Los valores de tasa ventilatoria y el nivel de daño de la aleta caudal fueron similares ($p > 0.05$) en los peces del tratamiento T0 y T1 (Tabla 3).

Tabla 3. Media \pm EE de tasa ventilatoria y nivel de daño de la aleta caudal en los tratamientos T0 y T1.

Variable	Tratamientos		P
	Flujo continuo	Sistema de recirculación	
Tasa ventilatoria mo/min	110.00 \pm 2.65 ^a	108.50 \pm 2.05 ^a	0.70
Nivel de daño de la aleta caudal	0.40 \pm 0.11 ^a	0.26 \pm 0.10 ^a	0.35

mo= movimientos operculares/minuto.

Los valores dentro de las filas con letras diferentes en superíndice son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

El T0 consumió 97.7 % más volumen de agua en comparación con T1 (53.3 Vs 2.21 m³ respectivamente), durante el desarrollo del experimento (Figura 1).

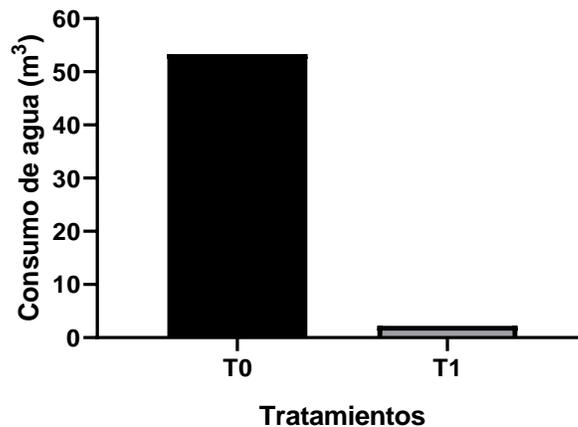


Figura 1. Consumo de agua en metros cúbicos (m³) en sistema de flujo continuo (T0) y sistema de recirculación (T1) durante 35 días de experimento.

Recepción: 25 de junio de 2021

Aceptación: 19 de agosto de 2021

https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias

Los tratamientos T1, T2 y T3 no mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$) en variables fisicoquímicas del agua como amoníaco, nitrito, nitrato, pH, oxígeno disuelto y temperatura (Tabla 4).

Tabla 4. Media \pm EE de amoníaco, nitrito, nitrato, pH, oxígeno disuelto y temperatura en los tratamientos T1, T2 y T3.

Variables	Tratamientos			P
	RAS 10 (T1)	RAS 15 (T2)	RAS 20 (T3)	
Amoníaco mg/L	0.11 \pm 0.02 ^a	0.13 \pm 0.02 ^a	0.12 \pm 0.01 ^a	0.91
Nitrito mg/L	0.10 \pm 0.02 ^a	0.12 \pm 0.02 ^a	0.17 \pm 0.01 ^a	0.07
Nitrato mg/L	7.50 \pm 1.83 ^a	12.89 \pm 1.78 ^a	10.83 \pm 1.54 ^a	0.07
pH	6.95 \pm 0.01 ^a	6.94 \pm 0.01 ^a	6.96 \pm 0.01 ^a	0.67
Oxígeno disuelto mg/L	5.77 \pm 0.01 ^a	5.76 \pm 0.01 ^a	5.75 \pm 0.01 ^a	0.40
Temperatura °C	29.03 \pm 0.10 ^a	28.96 \pm 0.08 ^a	29.05 \pm 0.07 ^a	0.67

mg/L= miligramos/Litros; °C grados centígrados.

Los valores dentro de las filas con letras diferentes en superíndice son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Los tratamientos a diferentes densidades no mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$) en peso final, ganancia de peso, tasa de crecimiento específico (Tabla 5). Se observó un incremento de 52 % en la biomasa final de T2 comparado con T1. La biomasa final en T3 fue 102 % mayor que T1 y 33 % mayor que T2 (Figura 2).

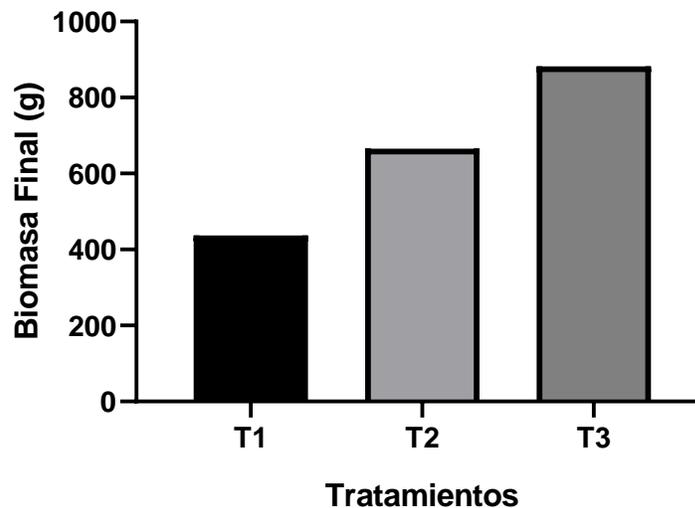
Recepción: 25 de junio de 2021

Aceptación: 19 de agosto de 2021

https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias**Tabla 5.** Media \pm EE de peso final, ganancia de peso, tasa de crecimiento específico en sistema de recirculación a diferentes densidades.

Variables	Tratamientos			p
	RAS 10 (T1)	RAS 15 (T2)	RAS 20 (T3)	
Peso final g	43.77 \pm 0.32 ^a	44.32 \pm 0.20 ^a	44.12 \pm 0.18 ^a	0.47
Ganancia de peso g	31.01 \pm 0.32 ^a	31.53 \pm 0.20 ^a	31.27 \pm 0.18 ^a	0.44
Tasa de crecimiento específico %g/día	2.53 \pm 0.03 ^a	2.57 \pm 0.02 ^a	2.54 \pm 0.01 ^a	0.45

g= gramos; %g/día = porcentaje de gramos/días.

Los valores dentro de las filas con letras diferentes en superíndice son significativamente diferentes ($p < 0.05$).**Figura 2.** Media \pm Error Estándar de la biomasa final en gramos de 10 peces/tanque (T1), 15 peces por tanque (T2) y 20 peces por tanque (T3) en un sistema de recirculación.La tasa ventilatoria y el nivel de daño de la aleta caudal no fue diferente ($p > 0.05$) en los tratamientos T1, T2 y T3 (Tabla 6).

Recepción: 25 de junio de 2021

Aceptación: 19 de agosto de 2021

https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias**Tabla 6.** Media \pm EE de tasa ventilatoria y nivel de daño de la aleta caudal en sistema de recirculación a diferentes densidades.

Variables	Tratamientos			P
	RAS 10 (T1)	RAS 15 (T2)	RAS 20 (T3)	
Tasa ventilatoria mo/min	108.50 \pm 2.05 ^a	109.00 \pm 1.60 ^a	107.10 \pm 1.44 ^a	0.57
Nivel de daño de la aleta caudal	0.26 \pm 0.10 ^a	0.20 \pm 0.07 ^a	0.20 \pm 0.606 ^a	0.82

mo= movimientos operculares/minuto.

Los valores dentro de las filas con letras diferentes en superíndice son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

DISCUSIÓN

Los valores observados de las variables fisicoquímicas en ambos sistemas están dentro de los rangos aceptables para esta especie (Benli & Köksal, 2005). Los sistemas de flujo continuo y recirculación mostraron valores similares de variables fisicoquímicas, este mismo fenómeno se observó cuando comparamos la calidad del agua en sistemas de recirculación a diferentes densidades posiblemente esta falta de diferencias entre los sistemas y entre densidades dentro del sistemas de recirculación puede atribuirse a la baja biomasa en cada uno de los tratamientos considerando que el tratamiento con mayor densidad al final del ensayo fue de 2.52 Kg/m³, comparado con sistemas de recirculación más tecnificado que alcanzan biomasa de 80 Kg/m³ (North *et al.*, 2006).

Los sistemas de flujo continuo y recirculación mostraron valores similares de desempeño zootécnico de peso final, ganancia de peso y tasa de crecimiento específico, estos resultados están en línea con un estudio realizado con trucha arcoíris en donde los autores no reportan diferencia

Recepción: 25 de junio de 2021

Aceptación: 19 de agosto de 2021

https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias

en crecimiento entre sistemas de flujo continuo y recirculación a densidades fijas hasta los 56 días (Roque d'Orbcastel *et al.*, 2009). El incremento de la densidad de siembra no afectó el desempeño zootécnico en los tratamientos de recirculación a diferentes densidades, pero sí hubo un incremento en la biomasa final superior al 20 y 100 % del tratamiento de mayor densidad comparado al intermedio y de menor densidad respectivamente, esto puede explicarse por una de las características principales de los sistemas de recirculación que es la capacidad de alojar mayores densidades de siembra sin comprometer parámetros productivos (Timmons & Ebeling, 2010).

El sistema de recirculación no afectó las variables de bienestar animal. La tasa ventilatoria fue similar entre sistema de flujo continuo y sistema de recirculación. Nosotros no observamos que mayores densidades incrementarían la respuesta de la tasa ventilatoria sugiriendo la ausencia de estrés atribuida al sistema de recirculación este es un dato interesante si consideramos que la tasa ventilatoria es una respuesta del sistema nervioso simpático que se incrementa rápidamente en respuesta a un estresor (Barreto & Volpato, 2011) y puede ser utilizado como un indicador predictivo de perturbación ambiental (Bell *et al.*, 2010). Resultados similares fueron reportados por Colson *et al.*, (2015) en un estudio con trucha arcoíris en donde los autores no encontraron diferencias en valores fisiológicos de estrés en sistemas de recirculación que pueden comprometer el bienestar de los peces. Los peces alojados en el sistema de recirculación no mostraron mayores niveles de daño de aleta caudal que en flujo continuo independiente de la densidad estos resultados son contrarios a los reportados por Roque d'Orbcastel *et al.*, (2009), quienes encontraron mayores niveles de daño en aleta caudal en sistema de recirculación que en flujo continuo esta discrepancia en los resultados puede estar explicada por las bajas densidades empleadas en nuestro estudio menores a 3 Kg/m³, mientras que en el estudio citado las densidades fueron superiores a los 60 Kg/m³.

Recepción: 25 de junio de 2021

Aceptación: 19 de agosto de 2021

https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias

El sistema de recirculación consumió aproximadamente menos de 5 % del volumen de agua requerido por el sistema de flujo continuo durante el periodo de estudio, esto está en línea con lo reportado en la literatura para este tipo de sistemas en donde se considera un volumen de consumo menor al 10 % de los sistemas de flujo continuo (Goddard & Delghyi, 2019). Por otra parte, Lekang (2007) indica que en los sistemas de recirculación se reduce el volumen de agua de reposición, haciendo posible la instalación de granjas de peces donde el agua es un factor limitante. Otro aspecto importante que debemos considerar con el empleo de los sistemas de recirculación es la reducción de la descarga de aguas residuales provenientes de sistemas acuícolas a través de los procesos biológicos dentro del sistema de recirculación que reducirán la cantidad de compuestos orgánicos que pueden eutrofizar los cuerpos de agua superficiales y subterráneas (Bregnballe, 2015).

CONCLUSIONES

- ✓ El sistema de recirculación no afectó el desempeño productivo ni el bienestar animal de los peces.
- ✓ El sistema de recirculación incrementó la biomasa final en la unidad de producción.
- ✓ El sistema de recirculación ahorró más de 95 % del volumen de agua requerido por el sistema de flujo continuo.

AGRADECIMIENTO

Esta investigación fue posible gracias al apoyo del Sistema Nacional de Investigación (SNI) de la SENACYT, Panamá. También queremos agradecer a la Facultad de Ciencias Agropecuarias sede Chiriquí, Universidad de Panamá por las facilidades brindadas.

Recepción: 25 de junio de 2021

Aceptación: 19 de agosto de 2021

https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Alfonso, S., Sadaoul, B., Cousin, X., & Bégout, M. L. (2020) Spatial distribution y activity patterns as welfare indicators in response to water quality changes in European sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Applied Animal Behaviour Science*, 226, 104974.
- Badiola, M., Basurko, O. C., Piedrahita, R., Hundley, P., & Mendiola, D. (2018). Energy use in Recirculating Aquaculture Systems (RAS): A review. *Aquacultural Engineering*, 81, 57-70.
- Barreto, R. E., & Volpato, G. L. (2011). Ventilation rates indicate stress-coping styles in Nile tilapia. *Journal of Bioscience*, 36, 851-855.
- Bell, A. M., Henderson, L., & Huntingford, F. A. (2010). Behavioral y respiratory responses to stressors in multiple populations of three-spined sticklebacks that differ in predation pressure. *Journal of Comparative Physiology B Biochemical, Systems, y Environmental Physiology*, 180, 211–220.
- Benli, A. Ç. K., & Köksal, G. (2005). The acute toxicity of ammonia on tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) larvae y fingerlings. *Turkish Journal of Veterinary y Animal Sciences*, 29, 339–344.
- Bregnballe, J. (2015). A Guide to Recirculation Aquaculture: An introduction to the new environmentally friendly y highly productive closed fish farming systems. Published by the Food y Agriculture Organization of the United Nations (FAO) y EUROFISH International Organisation 100 pp.
- Colson, V., Sadou, B., Vataire, C., Prunet, P., Gaumé, M., & Labbé, L. (2015). Welfare assessment of rainbow trout reared in a Recirculating Aquaculture System: Comparison with a Flow-Through System. *Aquaculture*, 436, 151-159.
- Dekker, W. (2009). Worldwide decline of eel resources necessitates immediate action Québec Declaration of Concern. *Fisheries*, 28(12), 28-30.
- FAO. (2018). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Roma. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. 250 pp.

Recepción: 25 de junio de 2021

Aceptación: 19 de agosto de 2021

https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias

Goddard, S., & Delghyi, M. (2019). Importance of the Conservation y Management of Freshwater to Aquaculture. *Encyclopedia of the World's Biomes* 35-44.

Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., & Toulmin, C. (2010). Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. *Science*, 327 (5967), 812–818.

Ingle de la Mora, G., Villarreal-Delgado, E., Arredondo-Figueroa, J., Ponce-Palafox, J., & Barriga-Sosa, I. (2003). Evaluación de algunos parámetros de calidad del agua en un sistema cerrado de recirculación, para acuicultura sometido a diversas cargas de biomasa de peces. *Hidrobiología*, 13(4), 247-253.

Kristensen, T., Atly, A., Rosten, T., Urke, H. A., & Rossely, B. O. (2009). Important influent-water quality parameters at freshwater production sites in two salmon producing countries. *Aquacultural Engineering*, 41(2), 53–59.

Lekang, O. I. (2007). *Aquaculture Engineering*. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK, 352 pp.

Martins, C. I., Eding, E. H., Verdegem, M. C. J., Heinsbroek, L. T. N., Schneider, O., Blancheton, J. P., Roque d'Orbcastel, E., & Verreth, J. A. J. (2010). New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering*, 43, 83–93.

Mente, E., Pierce, G., Santos, M. B., & Neofitou, C. (2006). Effect of feed y feeding in the culture of salmonids on the marine aquatic environment: a synthesis for European aquaculture. *Aquaculture International*, 14, 499–522.

North, B. P., Turnbull, J. F., Ellis, T., Porter, M. J., Migaud, H., Bron, J., & Bromage, N. R. (2006). The impact of stocking density on the welfare of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 255(1-4), 466–479.

Ono, E. A., & Kubitza, F. (2003). *Cultivo de peixes em tanques rede*. 3.ed. Jundiaí: E. Ono, 112pp.

Person-Le Ruyet, J., y Le Bayon, N. (2009). Effects of temperature, stocking density y farming conditions on fin damage in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquatic Living Resources*. 22, 349-362.

Revista Investigaciones Agropecuarias

Volumen 4, N°1, pp. 72-88
Diciembre 2021 - Mayo 2022

Panamá

Periodicidad. Semestral

Recepción: 25 de junio de 2021

Aceptación: 19 de agosto de 2021

https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias



R Core Team, (2021). R: A Language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Roque d'Orbcastel, E., Person-Le Ruyet, J., Le Bayon, N., & Blancheton, J. P. (2009). Comparative growth y welfare in rainbow trout reared in recirculating y flow through rearing systems. *Aquacultural Engineering*, 40, 79–86.

Schreck, C. B., & Tort, L. (2016). The Concept of Stress in Fish. *Biology of Stress in Fish. Fish Physiology*, 1–34.

Sharma, K. K., Mohapatra, B. C., Das, P. C., Sarkar, B., & Chy, S. (2013). Water budgets for freshwater aquaculture ponds with reference to effluent volume. *Agricultural Sciences*, 4, 353–359.

Timmons, M. B., & Ebeling, J. M. (2010). *Recirculating Aquaculture* (2nd edn). Editorial Cayuga Aqua Ventures, USA. 489 pp.